Applying the Clustering and UTADIS Models to form an Investment Portfolio

Mohammad Reza Mehregan
*Corresponding author, Prof. of Industrial Management, Faculty of Management, University of Tehran, Tehran, Iran. Email: mehregan@ut.ac.ir

Mohammad Reza Sadeghi Moghadam
Assistant Prof. of Industrial Management, Faculty of Management, University of Tehran, Tehran, Iran. Email: rezasadeghi@ut.ac.ir

Mir Seyed Mohammad Mohsen Emamat
Ph.D. Student of Industrial Management, Faculty of Management and Accounting, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran. Email: emamat@atu.ac.ir

Archive of SID

Abstract

Objective: The aim of this study is to propose a synthetic approach including Clustering and UTADIS models to form a profitable investment portfolio.

Methods: In this research, securities are clustered using K-means method and the ideal number of clusters is determined through certain validation indexes. The results obtained from the Clustering method were used as the input data for the UTADIS model and the securities were classified by UTADIS. After solving the primary model, in order to achieve better resulst, a post-optimality analysis was performed and the classification validity test and the classification error tests were carried out.

Results: After reviewing previous studies in this field and carrying out a survey of professionals from the financial industry, eight key attributes including capital return, beta coefficient, net profit margin, BV/MV, ROA, ROE, P/E and EPS were identified. The investment portfolio consists of Iran tele companies, Khark Petrochemical, Shazand Petrochemical, Fanavaran Petrochemical, Information services, Iran refract, Khouzestan steel, and Iran zinc mines.

Conclusion: The results of study showed that the proposed framework has created a profitable portfolio and capital return is the most important attribute in stock portfolio selection.

Keywords: Multi-attribute decision-making, UTADIS, Clustering, Stock portfolio, Investment.

Citation: Mehregan, M.R., Sadeghi Moghadam, M.R., & Emamat, M.S.M.M. (2018). Applying the Clustering and UTADIS Models to form an Investment Portfolio. *Financial Research Journal*, 20(1), 53-74. (*in Persian*)

Financial Research Journal, 2018, Vol. 20, No.1, pp. 53-74
DOI: 10.22059/jfr.2018.253452.1006622
Received: September 6, 2017; Accepted: January 15, 2018
© Faculty of Management, University of Tehran

www.SID.ir

به کارگیری رویکرد ترکیبی خوشه‌بندی و تجمیع مطلوبیت‌های تمایزگر در تشکیل سبد سرمایه‌گذاری

محمد رضا مهرگان
* نویسنده مسئول، استاد گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت، دانشگاه تهران، تهران، ایران. رایانامه: mehregan@ut.ac.ir

محمدرضا صادقی مقدم
استادیار گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت، دانشگاه تهران، تهران، ایران. رایانامه: rezasadeghi@ut.ac.ir

میر سید محمد محسن امامت
دانشجوی دکتری مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران. رایانامه: emamat@atu.ac.ir

چکیده

هدف: هدف از اجرای پژوهش حاضر، ارائه یک رویکرد ترکیبی شامل روش‌های خوشه‌بندی و تجمیع مطلوبیت‌های تمایزگر (UTADIS) در تشکیل سبد سرمایه‌گذاری است.

روش: در این پژوهش، ابتدا با استفاده از روش K-means، خوشه‌بندی انجام گرفت و با توجه به معیارهای تفکیک، بهترین تعداد خوشه‌ها تعیین شد. نتایجی که از خوشه‌بندی به‌دست آمد، برای اطلاعات ورودی روش UTADIS استفاده شد و طبقه‌بندی شرکت‌ها شکل گرفت. پس از حل مدل اولیه، به منظور بهبود نتایج، تحلیل پس‌بهینگی انجام شد، سپس آزمون‌های صحت طبقه‌بندی و خطای طبقه‌بندی به اجرا درآمد.

یافته‌ها: در این پژوهش با مرور پژوهش‌های پیشین و نظرسنجی از خبرگان، هشت شاخص بازده، بتا، حاشیه سود خالص، نسبت ارزش بازار به ارزش دفتری، ROA، ROE، P/E و EPS استفاده شد. سبد سرمایه‌گذاری، متشکل از شرکت‌های ارتباطات سیار، پتروشیمی خارک، پتروشیمی شازند، پتروشیمی فن‌آوران، خدمات انفورماتیک، فراورده‌های نسوز ایران، فولاد خوزستان و معادن روی ایران است.

نتیجه‌گیری: نتایج نشان داد، چارچوب ترکیبی استفاده شده نتایج مناسبی ارائه می‌کند و شاخص بازده، نقش شایان توجهی در سبد سرمایه‌گذاری داشته است.

کلیدواژه‌ها: تصمیم‌گیری چند شاخصه، تجمیع مطلوبیت‌های تمایزگر، خوشه‌بندی، سبد سهام، سرمایه‌گذاری.

استناد: مهرگان، محمدرضا؛ صادقی مقدم، محمدرضا؛ امامت، میرسید محمدمحسن (۱۳۹۷). به کارگیری رویکرد ترکیبی خوشه‌بندی و تجمیع مطلوبیت‌های تمایزگر در تشکیل سبد سرمایه‌گذاری. *تحقیقات مالی*، ۲۰ (۱)، ۵۳- ۷۴.

فصلنامه تحقیقات مالی، ۱۳۹۷، دوره ۲۰، شماره ۱، صص. ۵۳- ۷۴
DOI: 10.22059/jfr.2018.253452.1006622
دریافت: ۱۳۹۶/۰۶/۱۵، پذیرش: ۱۳۹۶/۱۰/۲۵
© دانشکده مدیریت دانشگاه تهران

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

اغلب روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه، تصمیم‌گیرنده را با ریسک خنثی در نظر می‌گیرند؛ حال آنکه در دنیای واقعی ریسک‌پذیری افراد متفاوت است و در نظر نگرفتن این موضوع می‌تواند به جواب‌هایی منجر شود که بر ترجیحات تصمیم‌گیرنده منطبق نیست. از جمله حوزه‌هایی که نقش ریسک‌پذیری افراد در آن برجسته است، حوزه سرمایه‌گذاری است. مرور پژوهش‌های پیشین در مبحث سرمایه‌گذاری، نشان می‌دهد اغلب پژوهشگران در انتخاب روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه، از نقش ریسک‌پذیری تصمیم‌گیرندگان غافل شده‌اند و به طور عمده از روش‌هایی استفاده کرده‌اند که با نوع مسئله سرمایه‌گذاری تطابق لازم را ندارد. به این منظور، در پژوهش حاضر برای فائق آمدن بر مسئله یاد شده، از یک رویکرد ترکیبی شامل روش خوشه‌بندی و روش تجمیع مطلوبیت‌های تمایزگر استفاده شده است که طی آن ریسک‌پذیری تصمیم‌گیرنده در نظر گرفته می‌شود. این پژوهش چارچوبی را ارائه می‌دهد که طی آن ارزیابی گزینه‌ها بر اساس یک قالب ترکیبی از رویکرد نظارت شده[1] و رویکرد نظارت نشده[2]، انجام می‌گیرد و طی فرایند یادگیرنده[3]، وزن‌دهی به شاخص‌ها و ارزیابی گزینه‌ها انجام می‌شود. از جمله مزایای به کارگیری این چارچوب، علاوه بر در نظر گرفتن ریسک‌پذیری افراد، آن است که نسبت به سایر روش‌ها به اطلاعات کمتری احتیاج دارد و وزن‌دهی به شاخص‌ها نیز بدون نیاز به روش دیگری، طی این فرایند انجام می‌گیرد.

در بخش بعدی، ابتدا به مرور ادبیات سرمایه‌گذاری و مفاهیم بنیادی حوزه مطلوبیت پرداخته شده، سپس پژوهش‌های پیشین مرتبط با این مطالعه بررسی شده است. در بخش روش‌شناسی تحقیق، چارچوب پژوهش و روش‌های به کار رفته در آن به بحث گذاشته می‌شود. بخش یافته‌های تحقیق، به مدل‌سازی و آزمون‌های اجرا شده اختصاص دارد و در بخش پایانی، نتیجه‌گیری پژوهش بیان خواهد شد.

پیشینه نظری پژوهش

مدیریت سرمایه‌گذاری

مبحث سرمایه‌گذاری[4] از جمله مهم‌ترین حوزه‌های تصمیم‌گیری مالی به شمار می‌رود؛ زیرا توسعه سرمایه‌گذاری موجب جذب سرمایه‌های ناکارا و هدایت آن به حوزه‌های مولد اقتصاد می‌شود (دهقان و امامت، ۱۳۹۴: ۱). سرمایه‌گذاری عبارت است از تبدیل وجوه مالی به یک یا چند نوع دارایی که برای مدتی در زمان آینده نگهداری خواهد شد (جونز، ۱۳۸۹: ۱۱). افراد سرمایه‌گذاری می‌کنند تا از پس‌اندازهای خود، بازدهی‌ای که نتیجه به تعویق انداختن مصرف است، به‌دست آورند (رایلی و براون، ۱۳۸۴: ۶). این سرمایه‌گذاری می‌تواند با خرید سهام شرکت‌ها در بورس اوراق بهادار انجام شود. سرمایه‌گذاری در مجموعه‌ای از اوراق بهادار، بسیار کارآمدتر از سرمایه‌گذاری در یک سهم است؛ چون با افزایش تعداد سهام در سبد سرمایه‌گذاری، ریسک مجموعه کاهش می‌یابد (ایزدی، ۱۳۸۳: ۳۹)، به همین دلیل به پژوهش در حوزه انتخاب سبد سهام توجه ویژه‌ای شده است. سرمایه‌گذاری‌ها همواره با ریسک همراه‌اند. برای از بین بردن تأثیر سوء افت

1. Supervised
2. Unsupervised
3. Learning
4. Investment

Archive of SID

www.SID.ir

ناگهانی قیمت سهام یک شرکت، سرمایه‌گذاران باهوش سهام را به شکل مجموعه نگهداری می‌کنند؛ یعنی سهام شرکت‌های مختلفی را می‌خرند. سرمایه‌گذار با تنوع بخشیدن[1] به سرمایه‌گذاری، خود را در برابر مشکلاتی که ممکن است گریبان‌گیر واحد سرمایه‌پذیر شود، حفظ می‌کند (هورن گرن، هاریسون و رابینسون، ۱۳۸۵: ۶۱۹). سبد سرمایه‌گذاری در تعریفی ساده به ترکیبی از دارایی‌ها گفته می‌شود که توسط یک سرمایه‌گذار برای سرمایه‌گذاری تشکیل می‌شود. این سرمایه‌گذار می‌تواند یک فرد یا یک مؤسسه باشد (جونز، ۱۳۸۲: ۲۲۵).

رویه تشکیل سبد سرمایه‌گذاری دربردارنده دو گام اساسی است: ۱. تعیین گزینه‌های سرمایه‌گذاری که بیشترین تطابق را با ترجیحات سرمایه‌گذاری دارند. در پژوهش‌های مختلف از روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه برای پاسخ‌گویی به این گام استفاده شده است؛ ۲. تعیین مقدار سرمایه‌ای که باید به هر یک از گزینه‌های تعیین شده در گام پیشین، تخصیص یابد. در پژوهش‌های مختلف از روش‌های تصمیم‌گیری چند هدفه و مدل‌های برنامه‌ریزی آرمانی در این گام استفاده شده است. از آنجا که در گام اول با مفهوم چند بعدی ارتباط داریم، الگوی تصمیم‌گیری چند شاخصه[2]، روش‌های مناسبی را به منظور ارزیابی سهام‌های موجود ارائه می‌کند (ژیدوناس، ماروتاس، کرینتاس، پساراس و زوپونیدیس، ۲۰۱۲: ۲۳). همچنین حجم زیاد سرمایه در بازارهای بین‌المللی سهام، بر ضرورت اجرای گام اول افزوده است (ژیدوناس، ماروتاس و پساراس، ۲۰۰۹: ۳۱۸۷). تمرکز پژوهش حاضر بر گام اول، یعنی انتخاب گزینه‌های سرمایه‌گذاری منطبق بر ترجیحات سرمایه‌گذار است که به این منظور از روش طبقه‌بندی چند شاخصه استفاده شده است.

پژوهشگران حوزه مالی در دهه‌های گذشته، مدل‌های زیادی برای انتخاب سبد سرمایه‌گذاری پیشنهاد کرده‌اند. مدل مارکویتز (۱۹۵۰) از جمله معروف‌ترین مدل‌های انتخاب سبد سرمایه‌گذاری است و عمده مدل‌های توسعه یافته بعد از آن، از این مدل بهره برده‌اند. مارکویتز با ارائه مدلی برای بهینه‌سازی سبد سهام، نشان داد با تشکیل سبدی از دارایی‌های مالی، می‌توان در سطح معینی از بازده، ریسک را کاهش داد (قدوسی، تهرانی و بشیری، ۱۳۹۴: ۱۴۲). با این حال مدل مارکویتز تنها بر مبنای دو شاخص بازده و ریسک شکل گرفته؛ حال آنکه تشکیل سبد سرمایه‌گذاری فرایند پیچیده‌ای است و این پیچیدگی به علت تأثیر شاخص‌های دیگر است (فلاح‌پور، صفری و عمرانی، ۱۳۹۳: ۱۰۳). نادیده گرفتن شاخص‌های مختلف در مدل مارکویتز، نقدهایی را به این مدل وارد کرد؛ چرا که در عمل، سرمایه‌گذاران برای تشکیل سبد سرمایه‌گذاری، شاخص‌های مختلفی را مد نظر قرار می‌دهند (اسلامی بیدگلی و سارنج، ۱۳۸۷: ۳). انتخاب و مدیریت سبد سرمایه‌گذاری، یکی از مهم‌ترین حوزه‌های تصمیم‌گیری مالی است (ژیدوناس و همکاران، ۲۰۰۹: ۳۱۸۷؛ وارما و کومار، ۲۰۱۲: ۳۶۴۹) و به منظور کارایی بیشتر در انتخاب پرتفولیو، ضروری است که عوامل مختلف تأثیرگذار بر بازارهای مالی را در نظر بگیریم، بنابراین مدیریت سبد سرمایه‌گذاری یک مسئله چند شاخصه است (فلوداس و پاردالوس، ۲۰۰۸: ۲۹۹).

تجمیع مطلوبیت‌های تمایزگر

واژه مطلوبیت، ابتدا در فلسفه به کار گرفته شد. بنتام این واژه را تحت عنوان میل به ایجاد نفع به کار برد. به بیانی، از

1. Diversification
2. Multi-attribute decision-making

Archive of SID

www.SID.ir

نظر وی اشیا میل به ایجاد نفع و لذت دارند که این خاصیت را مطلوبیت نامید. با انتشار کتاب جونز (۱۸۷۳)، نظریه بنتام به اقتصاد راه یافت. پس از جونز، اقتصاددانان مطلوبیت را به معنای فوایدی که از شیئی حاصل می‌شود، به کار بردند و این واژه دیگر در معنای میل اشیا به ایجاد نفع، به کار گرفته نشد. نیومن و مورگن اشترن مطلوبیت را همچون ابزاری برای سنجش ارزش نتیجه حاصل از تصمیم به کار بردند. آن‌ها معتقد بودند که ترجیحات افراد برای انتخاب‌های مختلف، با در نظر گرفتن شرایط ریسک و مخاطره‌پذیری آن‌ها، قابل اندازه‌گیری است. نیومن و مورگن اشترن فرض می‌کنند که هر تصمیم مستلزم میزان معینی ریسک است و تصمیم‌گیرنده از میان گزینه‌های مختلف تصمیم، گزینه‌ای را انتخاب می‌کند که مطلوبیت مورد انتظار خود را حداکثر کند (مهرگان، ۱۳۸۶: ۳۱-۳۲).

از جمله روش‌های MADM مبتنی بر مطلوبیت، روش تجمیع مطلوبیت‌های تمایزگر (UTADIS)[1] است. روش تجمیع مطلوبیت‌های تمایزگر، نخستین بار توسط دیواد و همکاران (۱۹۸۰) ارائه شد، با این حال برخی از جنبه‌های این روش را می‌توان در مطالعات ژاکوت و سیسکوس (۱۹۸۲) یافت. روش تجمیع مطلوبیت‌های تمایزگر از سال ۱۹۹۷ به طور گسترده به منظور طبقه‌بندی در مسائل تصمیم‌گیری مالی استفاده شد. همچنین این روش، نوعی از روش معروف UTA به حساب می‌آید (دامپوس و زوپونیدیس، ۲۰۰۲ الف: ۷۸). در روش یاد شده، یک تابع مطلوبیت جمع‌پذیر ایجاد می‌شود. این تابع مطلوبیت جمع‌پذیر با ارائه سازوکار ارزیابی گزینه‌ها بر اساس تمام شاخص‌ها، به تصمیم‌گیری درباره طبقه‌بندی گزینه‌ها مبادرت می‌ورزد (دامپوس و زوپونیدیس، ۲۰۰۲ ب: ۵۶۹). پژوهشگران تصمیم‌گیری چند معیاره تا اواسط دهه ۱۹۹۰ به این روش توجه زیادی نمی‌کردند. پس از سال ۱۹۹۷، این روش به منظور طبقه‌بندی در مسائل مالی به کار برده شد.

پیشینه تجربی

روش UTADIS در پژوهش‌های مختلفی (منشادی، مهرگان و صفری، ۲۰۱۵؛ دامپوس، زوپونیدیس و فراگیاداکیس، ۲۰۱۶؛ اسماعیلیان، شاهمرادی و والی، ۲۰۱۶؛ رویچنگ، رنگ رنگ و کینگ، ۲۰۱۶؛ لقرابلی، بنابو و برادو، ۲۰۱۶) استفاده شده است، اما تا امروز در زمینه انتخاب سبد سرمایه‌گذاری پژوهشگران معدودی به این روش روی آورده‌اند. امکان در نظر گرفتن ریسک‌پذیری سرمایه‌گذار و شاخص‌های چندگانه در مدل UTADIS، انطباق مثال‌زدنی این روش با نوع مسئله انتخاب سرمایه‌گذاری را نشان می‌دهد.

زوپونیدیس، دامپوس و زاناکیس (۱۹۹۹) با استفاده از روش UTADIS به ارزیابی ۹۸ سهام بورس آتن پرداختند. در این مطالعه که بر اساس داده‌های یک سال مالی و ۱۵شاخص انجام شده بود، در نهایت شرکت‌ها در سه گروه طبقه‌بندی شدند. دیمیتراس (۲۰۰۲) در پژوهشی به ارزیابی سهام شرکت‌های ساختمانی با استفاده از روش UTADIS در یونان پرداخت. در این مطالعه از ۱۱ شاخص و داده‌های دو سال مالی برای ارزیابی استفاده شده بود که در نهایت سهام ۲۴ شرکت در سه گروه طبقه‌بندی شد. پندارکی، زوپونیدیس و دامپوس (۲۰۰۵) در پژوهشی به ارزیابی صندوق‌های سرمایه‌گذاری با استفاده از روش UTADIS پرداختند. در این مطالعه که نویسندگان در پی بهینه‌سازی

1. Utilit´es Additives Discriminates

www.SID.ir

پرتفولیو بودند، پس از تعیین گزینه‌ها با استفاده از روش برنامه‌ریزی آرمانی، تخصیص سرمایه را انجام دادند. آن‌ها از یک دوره زمانی سه ساله و ۳۳ صندوق سرمایه‌گذاری استفاده کردند و برای ارزیابی ۱۷ شاخص را مد نظر قرار دادند. دیمیتراس و ساگکا (۲۰۱۲) در پژوهشی با استفاده از روش UTADIS به تشکیل سبد سرمایه‌گذاری در بورس آتن پرداختند. در این مطالعه که تنها شرکت‌های مالی و بانکی را دربرمی‌گرفت، ۱۵ شاخص مالی استفاده شده بود و به کمک داده‌های مالی شش سال، ارزیابی انجام گرفت.

برخی پژوهشگران نیز از روش‌های خوشه‌بندی برای تشکیل سبد سهام استفاده کرده‌اند. فرید و پورحمیدی (۱۳۹۱) در پژوهشی به بخش‌بندی سهام شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران پرداختند. در این پژوهش روش خوشه‌بندی فازی C-Means به‌کار گرفته شده است. برای ارزیابی ۳۳۸ شرکت، از نسبت‌های مالی استفاده شده و در نهایت سه خوشه با عنوان ارزشی، ترکیبی و رشدی شناسایی شد.

قاسمی و احمدی (۱۳۹۵) در پژوهشی با ترکیبی از روش خوشه‌بندی K-means، مدل مارتل و زاراس به انتخاب سبد سهام پرداختند. در این پژوهش ابتدا ۲۴ شرکت دارویی بر اساس ۲۴ شاخص خوشه‌بندی شدند، سپس شرکت‌های قرار گرفته در خوشه برتر، با استفاده از مدل مارتل و زاراس رتبه‌بندی گردیدند. سلطانی‌نژاد و دولو (۱۳۹۵) در پژوهشی با استفاده از روش‌های خوشه‌بندی، به بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری پرداختند. بدین منظور برای خوشه‌بندی ۸۰ شرکت بورس اوراق بهادار تهران، از روش‌های اتصال واحد و اتصال میانگین استفاده کردند. نتایج این مطالعه نشان داد، سبد سرمایه‌گذاری به دست آمده، ریسک کمتری را به سرمایه‌گذار تحمیل می‌کند. صادقی و فروغی دهنوی (۱۳۹۶) با استفاده از روش‌های خوشه‌بندی سلسله‌مراتبی به ارزیابی سهام در بورس اوراق بهادار تهران پرداختند. در این پژوهش، ارزیابی بر اساس قیمت سهام صورت گرفته و از ۳۰ شرکت و داده‌های یک سال مالی استفاده شده است.

روش‌شناسی پژوهش

هدف پژوهش حاضر، به کارگیری یک مدل ترکیبی متشکل از روش خوشه‌بندی k میانگین و روش UTADIS به منظور طبقه‌بندی شرکت‌های بورس است. این پژوهش از نظر هدف کاربردی و از نظر گردآوری اطلاعات توصیفی است و در آن از روش تحلیلی ـ ریاضی استفاده شده است. با توجه به شکل ۱ که چارچوب کلی این مطالعه را نشان می‌دهد، ابتدا شاخص‌های به کار رفته در پژوهش‌های پیشین (۶۳ مقاله و پایان‌نامه) مرتبط با مبحث انتخاب سبد سهام بررسی شدند و فراوانی شاخص‌ها به دست آمد که از میان آن‌ها، شاخص‌های با بیش از ۱۵ تکرار انتخاب شدند؛ سپس نتایج به دست آمده با استفاده از پرسش‌نامه‌ای به صورت حضوری در اختیار ۱۲ نفر از خبرگان حوزه مالی، از جمله مدیران سرمایه‌گذاری و پرتفوی و استادان گروه مالی قرار گرفت. در این مطالعه خبرگان با استفاده از روش نمونه‌گیری هدفمند (از نوع قضاوتی) تعیین شدند. در این جلسه که به طور میانگین ۳۰ دقیقه به طول انجامید، خبرگان علاوه بر تکمیل پرسش‌نامه، نظر خود را در ارتباط با شاخص‌ها مطرح کردند و از خبرگان درخواست شد چنانچه شاخص مهمی وجود دارد که در پرسش‌نامه آورده نشده، بیان کنند. نتایج به دست آمده در اختیار مدیر پرتفوی شرکت سرمایه‌گذاری ملی ایران به عنوان مورد مطالعه این پژوهش قرار گرفت و در نهایت هشت شاخص شامل بازده، بتا، حاشیه سود خالص، ROA،

Archive of SID

www.SID.ir

ROE، P/E، EPS و ارزش بازار به ارزش دفتری انتخاب شد. پس از غربال‌گری و شناسایی شاخص‌ها، با مبنا قرار دادن فهرست شرکت‌های فعالی که در هر فصل از طریق بورس اوراق بهادار تهران اعلام می‌شود، ۵۰ شرکتی که در مجموع طی ۱۲ فصل بهترین عملکرد را داشتند، تعیین شدند. در این پژوهش تعداد بهینه گروه‌ها با استفاده از معیار میانگین ضریب نیم‌رخ[1] و همچنین معیار دیویس ـ بولدین[2] تعیین شد و با استفاده از روش k میانگین خوشه‌بندی گزینه‌ها انجام گرفت. از آنجا که در حوزه سرمایه‌گذاری به طور عمده فرض می‌شود که افراد ریسک‌گریز هستند و با توجه به نظر سرمایه‌گذار این مطالعه (شرکت سرمایه‌گذاری ملی ایران)، از تابع مطلوبیت مقعر استفاده شده است.

شکل ۱. چارچوب کلی پژوهش

در این پژوهش، پس از حل مدل اولیه روش UTADIS، به منظور دستیابی به جواب‌های بهتر، تحلیل پس‌بهینگی انجام گرفت. پس از انجام تحلیل پس‌بهینگی وزن شاخص‌ها و مطلوبیت گزینه‌ها تعیین شد. در این مرحله به منظور اعتبارسنجی نتایج آزمون صحت، نتایج طبقه‌بندی و آزمون خطای طبقه‌بندی انجام شد. با توجه به نتایج، طبقه‌بندی به دست آمده دارای اعتبار بوده و قابل قبول است. در پایان با در نظر گرفتن گروه اول، سبد سرمایه‌گذاری تشکیل شد.

این پژوهش از نظر موضوعی در حوزه تحقیق در عملیات و مدیریت مالی قرار می‌گیرد. قلمرو مکانی آن سازمان بورس اوراق بهادار تهران است و از اطلاعات منتشر شده توسط سازمان بورس اوراق بهادار طی ۱۲ فصل استفاده شده

1. Mean silhouette coefficient
2. Davies–Bouldin

www.SID.ir

است. جامعه آماری نیز، کلیه شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران را دربرمی‌گیرد. نرم‌افزارهای بـه کـار رفته در این تحقیق عبارت‌اند از: نرم‌افزار ره‌آوردنوین برای گردآوری داده‌های مالی، نرم‌افزار MATLAB R2016a برای خوشه‌بندی به روش k میانگین و محاسبه معیارهای تفکیک ضریب نیم‌رخ و معیار دیویس ـ بولدین و نرم‌افـزار GAMS و Excel برای انجام محاسبات روش UTADIS.

روش‌های تجزیه و تحلیل داده‌ها

روش k میانگین

روش k میانگین که از جمله روش‌های خوشه‌بندی تفکیکی (مرکز گرا) است، نخستین بار توسط مک‌کوییـن[1] ارائه شد. در این روش‌ها تابع خطایی تعریف می‌شود که به دنبال حداقل کـردن آن هسـتیم. در ایـن روش فـرض بـر آن اسـت کـه خوشه‌ها محدب هستند و مرکز خوشه، نماینده خوبی برای آن خوشه است. تعداد خوشه‌ها نیز از پیش تعیین می‌شود. این روش برای خوشه‌بندی داده‌هایی طراحی شده که کمی هستند و خوشه دارای مرکزی به نام میـانگین اسـت. در روش k میانگین، ابتدا گزینه‌ها به صورت تصادفی به k خوشه دسته‌بندی می‌شوند. در گام بعد، فاصله هر یک از گزینه‌ها از مرکز خوشه خود محاسبه می‌شود. چنانچه فاصله گزینه مد نظر از میانگین خوشه خود زیاد و به خوشه دیگری نزدیک‌تر باشـد، این گزینه به خوشه‌ای که نزدیک‌تر است، اختصاص می‌یابد. این کار آن‌قدر تکرار می‌شود تا تابع خطـا حـداقل شـود یـا اعضای خوشه‌ها تغییر نکنند. اگر n گزینه داشته باشیم، در این صورت تابع خطا (EF) مجموع فواصل هر گزینه از مرکـز خوشه خودش تعریف می‌شود (مؤمنی، ۱۳۹۰: ۱۳۰) (رابطه ۱).

$$EF = \sum_{i=1}^{k} \sum_{x \in c_i} d(X, \mu(C_i)) \qquad \text{رابطه ۱)}$$

در این رابطه μ نشان‌دهنده مرکز (میانگین) خوشه و $d(X, \mu(C_i))$ فاصله هر گزینه از مرکز خود است. فاصله هر گزینه از خوشه خود می‌تواند بر پایه روش اقلیدسی محاسبه شود.

روش UTADIS

هدف روش UTADIS (دامپوس و زوپونیدیس، ۲۰۰۲ب) توسعه یک مدل تجمیعی، برای تعیین طبقه گزینه‌هاست. ایـن مدل، به صورت یک تابع مطلوبیت تجمیعی بیان می‌شود (رابطه ۲).

$$U(g) = \sum_{i=1}^{n} P_i u_i(g_i) \qquad \text{رابطه ۲)}$$

$g = (g_1, g_2, ..., g_n)$ بردار شاخص‌ها، P_i اهمیت شاخص g_i $(p_1 + p_2 + ... + p_n = 1)$ و $u_i(g_i)$ تابع مطلوبیت نهـایی شاخص g_i است. توابع مطلوبیت نهایی، توابع یکنواختی (خطی یا غیرخطی) هسـتند کـه بـر اسـاس شـاخص‌هـا تعریـف می‌شوند (رابطه ۳).

1. Macqueen

Archive of SID

www.SID.ir

$$\begin{cases} u_i(g_{i*}) = 0 \\ u_i(g_i^*) = 1 \end{cases}$$ رابطه ۳)

g_* و g^* به ترتیب معرف حداقل و حداکثر مقدار شاخص g_i است. این مقادیر با توجه به نوع شاخص از نظر درآمدی (رابطه ۴) و هزینه‌ای بودن (رابطه ۵) آن به‌دست می‌آید (A مجموعه گزینه‌هاست).

$$g_{i*} = \min_{\forall x_j \in A} \{g_{ji}\}, g_i^* = \max_{\forall x_j \in A} \{g_{ji}\}$$ رابطه ۴)

$$g_{i*} = \max_{\forall x_j \in A} \{g_{ji}\}, g_i^* = \min_{\forall x_j \in A} \{g_{ji}\}$$ رابطه ۵)

طبقه‌بندی بر اساس مقایسه مطلوبیت کلی هر گزینه با نقطه برش که با یک مقیاس مطلوبیت در فاصله ۰ تا ۱ تعریف شده است، انجام می‌شود. در حالت کلی وقتی تعداد q طبقه داریم، طبقه‌بندی گزینه‌ها طبق رابطه ۶ انجام می‌شود.

$$\begin{cases} U(x_j) \geq u_1 \Rightarrow X_j \in C_1 \\ u_2 \leq U(x_j) < u_1 \Rightarrow X_j \in C_2 \\ - - - - - - - - - - - - - - \\ U(x_j) < u_{q-1} \Rightarrow X_j \in C_q \end{cases}$$ رابطه ۶)

که $u_1, u_2 \ldots, u_{q-1}$ نشان‌دهنده نقاط برش (آستانه) مطلوبیت طبقات مختلف است و هر آستانه مطلوبیت u_k، دو طبقه متوالی C_k و C_{k+1} را تفکیک می‌کند. یکی از پارامترهای استفاده شده در مدل UTADIS، خطای طبقه‌بندی است. خطای σ_j^+ نشان می‌دهد که برای طبقه‌بندی درست گزینه (X_j)که به غلط طبقه‌بندی شده و در واقع به طبقه C_k تعلق دارد، مطلوبیت کل این گزینه باید به اندازه $u_k - U(g_i)$ افزایش یابد. همچنین خطای σ_j^- نشان می‌دهد که برای طبقه‌بندی درست گزینه (X_j)که به غلط طبقه‌بندی شده و در واقع به طبقه C_k تعلق دارد، مطلوبیت کل این گزینه باید به اندازه $U(g_i) - u_{k-1}$ کاهش یابد. با تعریف خطاهای نام برده، قواعد طبقه‌بندی به صورت محدودیت‌های زیر خواهند شد.

$$\begin{aligned} & U(g_j) + \sigma_j^+ \geq u_1 \quad , \forall X_j \in C_1 \\ & \left.\begin{aligned} U(g_j) + \sigma_j^+ \geq u_k \\ U(g_j) - \sigma_j^- < u_{k-1} \end{aligned}\right\} \quad , \forall X_j \in C_k (k = 2,3,\ldots,q-1) \\ & U(g_j) - \sigma_j^- < u_{q-1} \quad , \forall X_j \in C_{q-1} \end{aligned}$$ رابطه ۷)

این محدودیت‌ها مبنای فرمول‌بندی یک مسئله برنامه‌ریزی ریاضی را به منظور تخمین پارامترهای مدل طبقه‌بندی (آستانه‌های مطلوبیت، مطلوبیت‌های نهایی، وزن شاخص‌ها) تشکیل می‌دهند. البته به علت وجود پارامترهای مجهول، شامل وزن‌های هر یک از شاخص‌ها و توابع مطلوبیت نهایی یک مسئله برنامه‌ریزی غیرخطی خواهیم داشت که ممکن است حل این مدل غیرخطی سخت باشد. به منظور فائق آمدن بر این مسئله، تابع مطلوبیت تجمیعی (رابطه ۲) را به صورت رابطه ۸ ساده‌سازی می‌کنیم.

Archive of SID

www.SID.ir

رابطه ۸)
$$U'(g)=\sum_{i=1}^{n}u_i'(g_i)$$

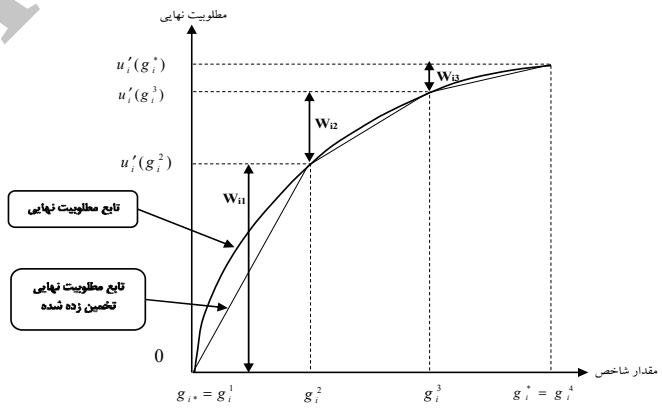
که:

رابطه ۹)
$$\begin{cases}\mathrm{u}_i'(g_i)=\mathrm{p}_i\mathrm{u}_i(g_i)\\ \mathrm{u}_i'(g_{i*})=0\\ \mathrm{u}_i'(g_i^*)=1\end{cases}$$

هر دو رابطه ۲ و ۸ بیان یکسانی از تابع مطلوبیت تجمیعی هستند، با این تفاوت که در رابطه دوم تنها به تعیین توابع مطلوبیت نهایی احتیاج است ($\mathrm{u}_i'(g_i)\in[0,p_i]$). این توابع می‌توانند به هر شکلی (مقعر، محدب و خطی) باشند و روش UTADIS برای این توابع، فرم از پیش تعیین شده‌ای را تعریف نمی‌کند و طی مدل‌سازی مطلوبیت‌های نهایی به عنوان توابع خطی شکسته[1] در فرایندی که در شکل ۲ نمایش داده شده است، تعیین می‌شود. دامنه $[\mathrm{g}_{i*},\mathrm{g}_i^*]$ مربوط به هر شاخص به تعداد a_i-1 دامنه فرعی $[\mathrm{g}_i^h,\mathrm{g}_i^{h+1}]$ که $h=1,2,...,a_i-1$ است، تقسیم شده است. g_i^h و g_i^{h+1} به ترتیب حدهای پایین و بالای مربوط به هر دامنه فرعی هستند. رویکرد معمول برای تعریف دامنه‌های فرعی این است که تعداد a_i-1 دامنه فرعی مساوی تعریف کنیم، به طوری که در هر دامنه فرعی حداقل یک گزینه قرار گیرد. با استفاده از رویکرد مدل‌سازی خطی شکسته، برای تخمین توابع مطلوبیت نهایی، مطلوبیت‌های نهایی در نقاط شکست ($g_i^2,...,g_i^{a_i}$) را تخمین می‌زنیم. طبق شکل ۲، این تخمین، تقریبی از توابع مطلوبیت نهایی است. البته باید توجه داشت که افزایش تعداد دامنه‌های فرعی تخمین ما را بهبود می‌دهد؛ اما مدل، نمونه‌محور می‌شود و در واقع، وابستگی مدل به نمونه را بیشتر می‌کند.

مطلوبیت‌های نهایی برای هر نقطه شکست تخمین زده می‌شود و برای سایر نقاط با استفاده از یک درون‌یابی خطی طبق رابطه ۱۰ به دست می‌آید که در این رابطه $g_{ji}\in[g_i^h,g_i^{h+1}]$ است.

رابطه ۱۰)
$$\mathrm{u}'(\mathrm{g}_{ji})=u_i'(g_i^h)+\frac{g_{ji}-g_i^h}{g_i^{h+1}-g_i^h}\left[u_i'(g_i^{h+1})-u_i'(g_i^h)\right]$$



شکل ۲. تابع مطلوبیت نهایی

1. Piece-wise linear function

Archive of SID

www.SID.ir

به منظور کاهش محاسبات می‌توان محدودیت‌های یکنواخت را به محدودیت‌های نامنفی تبدیل کرد. این تبدیل با استفاده از رویکردی که سیسکوس و یاناکوپولوس (۱۹۸۵) پیشنهاد داده‌اند، انجام شده است. متغیرهای جدید w_{ih} که نشان‌دهنده تفاوت میان مطلوبیت‌های نهایی دو نقطه شکست متوالی g_i^h و g_i^{h+1} هستند، طبق رابطه ۱۱ تعریف می‌شوند.

$$w_{ih} = u_i'(g_i^{h+1}) - u_i'(g_i^h) \quad \text{رابطه ۱۱)}$$

مطلوبیت‌های نهایی و مطلوبیت‌های کلی می‌توانند بر حسب متغیرهای w_{ih} به ترتیب طبق رابطه‌های ۱۲ و ۱۳ تعریف شوند.

$$\mathrm{u}_i'(g_{ji}) = \sum_{p=1}^{h-1} w_{ip} + \frac{g_{ji} - g_i^h}{g_i^{h+1} - g_i^h} w_{ih} \quad ,g_{ji} \in [g_i^h, g_i^{h+1}] \quad \text{رابطه ۱۲)}$$

$$U(g_j) = \sum_{i=1}^{n} \left[\sum_{p=1}^{r_{ji}-1} w_{ip} + \frac{g_{ji} - g_i^{r_{ji}}}{g_i^{r_{ji}+1} - g_i^{r_{ji}}} w_{ir_{ji}} \right] \quad \text{رابطه ۱۳)}$$

در رابطه ۱۳، r_{ji} $(1 \le r_{ji} \le a_i - 1)$ نشان‌دهنده دامنه فرعی $[g_i^{r_{ji}} - g_i^{r_{ji}+1}]$ است که عملکرد گزینه X_j با توجه به شاخص $g_{ji}(g_i)$ در این دامنه قرار دارد. با تعریف متغیر جدید w، مدل نهایی به شرح زیر خواهد بود.

$$Min \left\{ \sum_{k=1}^{q} \left[\frac{\sum_{\forall X_j \in C_k} \sigma_j^+ + \sigma_j^-}{m_k} \right] \right\} \quad \text{رابطه ۱۴)}$$

$st:$

$$\sum_{i=1}^{n} \left[\sum_{p=1}^{r_{ji}-1} w_{ip} + \frac{g_{ji} - g_i^{r_{ji}}}{g_i^{r_{ji}+1} - g_i^{r_{ji}}} w_{ir_{ji}} \right] - u_1 + \sigma_j^+ \ge \delta_1 \quad ,\forall X_j \in C_1 \quad \text{رابطه ۱۵)}$$

$$\left.\begin{array}{l} \sum_{i=1}^{n} \left[\sum_{p=1}^{r_{ji}-1} w_{ip} + \frac{g_{ji} - g_i^{r_{ji}}}{g_i^{r_{ji}+1} - g_i^{r_{ji}}} w_{ir_{ji}} \right] - u_k + \sigma_j^+ \ge \delta_1 \\ \sum_{i=1}^{n} \left[\sum_{p=1}^{r_{ji}-1} w_{ip} + \frac{g_{ji} - g_i^{r_{ji}}}{g_i^{r_{ji}+1} - g_i^{r_{ji}}} w_{ir_{ji}} \right] - u_{k-1} - \sigma_j^- \le -\delta_2 \end{array}\right\} \quad ,\forall X_j \in C_k (k = 2,3,...,q-1) \quad \text{رابطه ۱۶)}$$

$$\sum_{i=1}^{n} \left[\sum_{p=1}^{r_{ji}-1} w_{ip} + \frac{g_{ji} - g_i^{r_{ji}}}{g_i^{r_{ji}+1} - g_i^{r_{ji}}} w_{ir_{ji}} \right] - u_{q-1} - \sigma_j^- \le -\delta_2 \quad ,\forall X_j \in C_q \quad \text{رابطه ۱۷)}$$

$$\sum_{i=1}^{n} \sum_{p=1}^{a_i-1} w_{ip} = 1 \quad \text{رابطه ۱۸)}$$

$$u_k - u_{k+1} \ge s \quad ,\forall k = 1,2,...,q-2 \quad \text{رابطه ۱۹)}$$

$$\sigma_j^+ \ge 0 \quad , \quad \sigma_j^- \ge 0 \quad \forall j = 1,2,...,m \quad \text{رابطه ۲۰)}$$

$$w_{ip} \ge 0 \quad ,\forall i \ge 1,2,...,n \quad \forall p = 1,2,...,\mathrm{a}_i - 1 \quad \text{رابطه ۲۱)}$$

Archive of SID

www.SID.ir

در مدل بالا، δ_1 و δ_2 مقدار ثابت و مثبتی هستند که به منظور اجتناب از قرار گرفتن روی آستانه در حالتی که $u(g_j) = u_k$ است، در سمت راست محدودیت اضافه شده‌اند. u_k حد پایین طبقه C_k است. رابطه ۱۹ نیز تضمین می‌کند که u_k از u_{k+1} بزرگ‌تر است. در واقع این محدودیت ترتیب طبقات را از بهترین (C_1) به بدترین (C_q) تضمین می‌کند و در نهایت، گزینه‌های با مطلوبیت بیشتر به بهترین طبقات تخصیص می‌یابند. در این محدودیت s مقدار ثابتی است که طبق رابطه ۲۲ تعریف می‌شود.

$$s > \delta_1, \delta_2 \quad \text{رابطه ۲۲)}$$

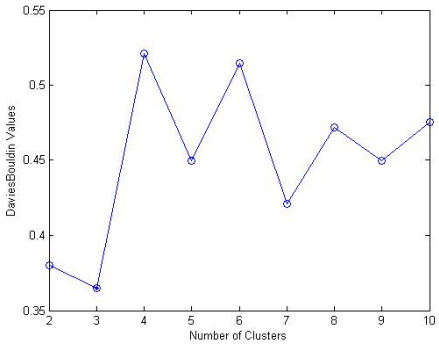
یافته‌های پژوهش

روش K-means

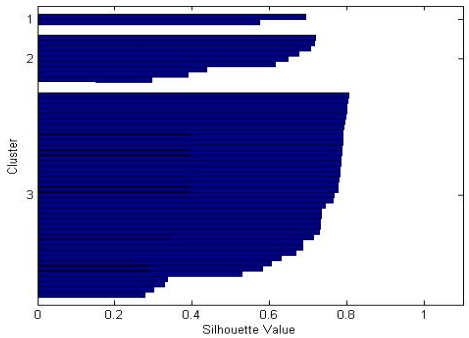
گام نخست در خوشه‌بندی به روش K-means، تعیین تعداد بهینه گروه‌هاست. برای این منظور می‌توان از معیارهایی نظیر میانگین ضریب نیم‌رخ و دیویس ـ بولدین استفاده کرد. در این بخش برای تعیین تعداد بهینه گروه‌ها، هر بار تعداد گروه‌ها را تغییر می‌دهیم و مقادیر به دست آمده از معیارها را با هم مقایسه می‌کنیم. معیار میانگین ضریب نیم‌رخ در حالت‌های مختلف در جدول ۱ مشاهده می‌شود. از آنجا که هر چه مقدار میانگین ضریب نیم‌رخ بیشتر باشد، بهتر است؛ تعداد بهینه گروه‌ها ۳ در نظر گرفته می‌شود. مقدار ۰/۶۷۵ برای میانگین ضریب نیم‌رخ، نشان‌دهنده ساختار نسبتاً قوی خوشه‌بندی است (مؤمنی، ۱۳۹۰: ۱۸۸). شکل ۳ نمودار نیم‌رخ و شکل ۴ نمودار دیویس ـ بولدین را نمایش می‌دهند. معیار دیویس ـ بولدین هر چه کمتر باشد، بهتر است. هر دو معیار، سه گروه را به عنوان حالت بهینه تعیین کرده‌اند.

جدول ۱. میانگین ضریب نیم‌رخ برای تعداد خوشه‌های مختلف

تعدا خوشه	میانگین ضریب نیم‌رخ	تعداد خوشه	میانگین ضریب نیم‌رخ
۲	۰/۶۶۷	۷	۰/۴۴۶
۳	۰/۶۷۵	۸	۰/۴۶۷
۴	۰/۵۲۰	۹	۰/۴۴۷
۵	۰/۵۱۷	۱۰	۰/۴۰۲
۶	۰/۵۲۹		



شکل ۳. نمودار نیم‌رخ در حالت سه خوشه



شکل٤. معیار دیویس ـ بولدین برای تعداد خوشه‌های مختلف

Archive of SID

www.SID.ir

مدل‌سازی UTADIS

نخستین گام در مدل‌سازی روش UTADIS، تعیین مجموعه مرجع است. بدین منظور، با توجه به ماتریس تصمیم این پژوهش که در بخش‌های پیش آورده شد و با استفاده از نتایج به‌دست آمده از روش تحلیل خوشه‌ای K میانگین، مجموعه مرجع مدل UTADIS مشخص شد. از آنجا که تعداد گزینه‌های گروه اول در روش K میانگین در حالت سه خوشه، تنها شامل دو گزینه بود، مدل‌سازی بر مبنای دو خوشه انجام گرفت تا امکان مدل‌سازی وجود داشته باشد. ضمن اینکه معیار ضریب نیم‌رخ و دیویس ـ بولدین (طبق جدول ۱ و شکل ۴)، مقادیر بسیار خوبی را برای تعداد دو گروه نشان دادند. برای مدل‌سازی، ابتدا ۴۰ شرکت به طور تصادفی انتخاب شدند و ۱۰ شرکت دیگر برای آزمون مدل مد نظر قرار گرفتند. به منظور محاسبه مطلوبیت‌های نهایی در هر شاخص، ابتدا بایستی حداکثر و حداقل مقدار هر شاخص تعیین شده و حداکثر و حداقل مطلوبیت متناظر با این مقادیر، محاسبه شوند. این مقادیر برای شاخص بازده، طبق روابط زیر است.

رابطه ۲۳)
$$g_{i*} = \min_{\forall x_j \in A}\{g_{ji}\} = -9.145 \ , \ g_i^* = \max_{\forall x_j \in A}\{g_{ji}\} = 263.3$$

رابطه ۲۴)
$$\begin{cases} u_i(g_{i*} = -9.145) = 0 \\ u_i(g_i^* = 263.3) = 1 \end{cases}$$

در این پژوهش برای دسته‌بندی دامنه‌های فرعی، از روش فواصل نامساوی (با تعداد گزینه‌های مساوی) استفاده شد؛ زیرا با استفاده از روش فواصل مساوی، تعداد شرکت‌ها در برخی از بازه‌های فرعی صفر می‌شد. همچنین ۱۰ دامنه فرعی تعریف شده است. به منظور ارائه تخمین خطی از تابع مطلوبیت ریسک‌گریز از درون‌یابی استفاده شده است. مدل این مسئله در زیر مشاهده می‌شود. توضیح آنکه با توجه به حجم زیاد مدل ریاضی، این مدل به طور خلاصه آورده شده است. برای حل این مدل از نرم‌افزار GAMS استفاده شد.

رابطه ۲۵)
$$\begin{aligned} Min\ Z = & (\sigma_1^- + \sigma_4^- + \sigma_5^- + \sigma_7^- + \sigma_9^- + \sigma_{12}^- + \sigma_{14}^- + \sigma_{15}^- + \sigma_{16}^- + \sigma_{17}^- + \sigma_{19}^- + \sigma_{21}^- + \sigma_{22}^- + \sigma_{23}^- + \sigma_{24}^- + \sigma_{25}^- + \sigma_{26}^- \\ & + \sigma_{27}^- + \sigma_{28}^- + \sigma_{30}^- + \sigma_{32}^- + \sigma_{34}^- + \sigma_{35}^- + \sigma_{37}^- + \sigma_{38}^- + \sigma_{39}^- + \sigma_{40}^- + \sigma_{42}^- + \sigma_{43}^- + \sigma_{44}^- + \sigma_{45}^- + \sigma_{47}^- + \sigma_{48}^- + \sigma_{49}^-)/34 \\ & + (\sigma_2^+ + \sigma_{13}^+ + \sigma_{18}^+ + \sigma_{31}^+ + \sigma_{33}^+ + \sigma_{46}^+)/6 \\ st: & \end{aligned}$$

رابطه ۲۶)
$$\begin{aligned} & w11+w12+w13+w14+w15+w16+w17+0.444*w18+w21+w22+w23+w24+0.242*w25 \\ & +w31+w32+0.054*w33+w41+w42+0.128*w43+w51+w52+w53+0.449*w54+w61+w62 \\ & +0.641*w63+w71+w72+w73+w74+w75+w76+0.987*w77+w81+w82+w83+w84+ \\ & 0.679*w85 - u - \sigma_1^- \le -0.001 \end{aligned}$$

. . .

رابطه ۲۷)
$$w11+w12+w13+w14+w15+ \ldots +w86+w87+w88+w89+w810 = 1$$

رابطه ۲۸)
$$\sigma_j^+ \ge 0 \quad , \quad \sigma_j^- \ge 0 \quad \forall j = 1,2,...,m$$

Archive of SID

www.SID.ir

$$w_{ip} \geq 0 \quad ,\forall i \geq 1,2,...,n \quad \forall p = 1,2,...,a_i - 1$$ رابطه ۲۹)

تحلیل پس بهینگی

از آنجا که پس از حل این مدل، تمام متغیرهای خطا مقدار صفر گرفتند، با حالت جواب بهینه چندگانه مواجه شدیم (دامپوس و زوپونیدیس، ۲۰۰۲a: ۹۷)، بنابراین با توجه به صفر شدن مقدار بهینه و همچنین صفر شدن وزن برخی شاخص‌ها، مراحل پس‌بهینگی را انجام می‌دهیم. هدف از تحلیل پس‌بهینگی، شناسایی جواب‌های نزدیک به بهینه است.

در تحلیل پس‌بهینگی حد آستانه مطلوبیت، در پی حداکثر کردن حد آستانه مطلوبیت با در نظر گرفتن محدودیت‌های قبلی و همراه با یک محدودیت جدید هستیم. در این تحلیل، تابع هدف مدل اصلی را تبدیل به محدودیتی می‌کنیم که کوچک‌تر مساوی مقدار بهینه‌اش به علاوه یک مقدار کوچک باشد (در اینجا مقدار ۰/۰۰۱ در نظر گرفته شده است). مدل تحلیل پس‌بهینگی برای حد آستانه مطلوبیت به صورت زیر است.

$$\text{Max } Z = U$$

s.t. رابطه ۳۰)

$$\sigma_1^- + \sigma_4^- + \sigma_5^- + \sigma_7^- + \sigma_9^- + \sigma_{12}^- + \sigma_{14}^- + \sigma_{15}^- + \sigma_{16}^- + \sigma_{17}^- + \sigma_{19}^- + \sigma_{21}^- + \sigma_{22}^- + \sigma_{23}^- + \sigma_{24}^- + \sigma_{25}^- + \sigma_{26}^- + \sigma_{27}^- + \sigma_{28}^- + \sigma_{30}^- + \sigma_{32}^- + \sigma_{34}^- + \sigma_{35}^- + \sigma_{37}^- + \sigma_{38}^- + \sigma_{39}^- + \sigma_{40}^- + \sigma_{42}^- + \sigma_{43}^- + \sigma_{44}^- + \sigma_{45}^- + \sigma_{47}^- + \sigma_{48}^- + \sigma_{49}^-) / 34 + (\sigma_2^+ + \sigma_{13}^+ + \sigma_{18}^+ + \sigma_{31}^+ + \sigma_{33}^+ + \sigma_{46}^+) / 6 \leq 0 + 0.001$$ رابطه ۳۱)

تمام محدودیت‌های مدلی اصلی+

در پس‌بهینگی وزن شاخص‌ها، برای هر شاخص، مدلی با تابع هدف حداکثرسازی وزن آن شاخص، خواهیم داشت. همچنین در این مدل محدودیت جدیدی که از تبدیل تابع هدف مدل اصلی به دست آمده، اضافه می‌شود. از آنجا که برای این پژوهش ۸ شاخص در نظر گرفتیم، در این گام، ۸ مدل با توابع هدف مختلف خواهیم داشت. شکل عمومی این مدل به صورت زیر است.

$$\text{Max } Z = W_{i1} + W_{i2} + W_{i3} + W_{i4} + W_{i5} + W_{i6} + W_{i7} + W_{i8} + W_{i9} + W_{i10}$$

s.t. رابطه ۳۲)

$$\sigma_1^- + \sigma_4^- + \sigma_5^- + \sigma_7^- + \sigma_9^- + \sigma_{12}^- + \sigma_{14}^- + \sigma_{15}^- + \sigma_{16}^- + \sigma_{17}^- + \sigma_{19}^- + \sigma_{21}^- + \sigma_{22}^- + \sigma_{23}^- + \sigma_{24}^- + \sigma_{25}^- + \sigma_{26}^- + \sigma_{27}^- + \sigma_{28}^- + \sigma_{30}^- + \sigma_{32}^- + \sigma_{34}^- + \sigma_{35}^- + \sigma_{37}^- + \sigma_{38}^- + \sigma_{39}^- + \sigma_{40}^- + \sigma_{42}^- + \sigma_{43}^- + \sigma_{44}^- + \sigma_{45}^- + \sigma_{47}^- + \sigma_{48}^- + \sigma_{49}^-) / 34 + (\sigma_2^+ + \sigma_{13}^+ + \sigma_{18}^+ + \sigma_{31}^+ + \sigma_{33}^+ + \sigma_{46}^+) / 6 \leq 0 + 0.001$$ رابطه ۳۳)

تمام محدودیت‌های مدل اصلی+

پس از حل این ۸ مدل و ۲ مدل قبلی، میانگین مقادیر به دست آمده، ملاک عمل قرار خواهد گرفت. جدول ۲ مقادیر توابع بهینه و مقادیر حد آستانه مطلوبیت در این ۱۰ مدل را نشان می‌دهد.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۲. مقادیر z و آستانه مطلوبیت در مدل اصلی و مدل‌های پس بهینگی

مدل‌ها	Z	u
مدل اصلی	۰	۰/۰۹۴
تحلیل پس‌بهینگی w_{1t}	۰/۹۹۵	۰/۹۹۶
تحلیل پس‌بهینگی w_{2t}	۰/۶۳۳	۰/۶۷
تحلیل پس‌بهینگی w_{3t}	۰/۹۹۵	۰/۹۹۴
تحلیل پس‌بهینگی w_{4t}	۰/۹۹۴	۰/۹۹۷
تحلیل پس‌بهینگی w_{5t}	۰/۹۹۴	۰/۹۹۷
تحلیل پس‌بهینگی w_{6t}	۰/۹۹۶	۰/۰۰۲
تحلیل پس‌بهینگی w_{7t}	۰/۹۹۵	۰/۹۹۶
تحلیل پس‌بهینگی w_{8t}	۰/۴۸۷	۰/۵۱۳
تحلیل پس‌بهینگی u	۰/۹۹۷	۰/۹۹۷
میانگین		۰/۷۲۵۶

با توجه به این جدول از این به بعد مقدار ۰/۷۲۵۶ به عنوان حد آستانه مطلوبیت در نظر گرفته می‌شود. برای نمونه، نتایج حل مدل اصلی و مدل‌های ساخته شده در گام پس بهینگی برای شاخص بازده در جدول ۳ آورده شده است. با محاسبه میانگین نتایج به‌دست آمده و جمع نتایج هر ستون، وزن نهایی شاخص در سطر آخر جدول نمایش داده شده است.

جدول ۳. مقادیر w_{1t} برای شاخص بازده در در مدل اصلی و مدل‌های پس بهینگی

	w۱۱	w۱۲	w۱۳	w۱٤	w۱٥	w۱٦	w۱۷	w۱۸	w۱۹	w۱۱۰
مدل اصلی	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۴۰۳
پس‌بهینگی شاخص ۱	۰/۹۹۳	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۲
پس‌بهینگی شاخص ۲	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۲۶۸
پس‌بهینگی شاخص ۳	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
پس‌بهینگی شاخص ۴	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۱
پس‌بهینگی شاخص ۵	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۱
پس‌بهینگی شاخص ۶	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۲
پس‌بهینگی شاخص ۷	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۱
پس‌بهینگی شاخص۸	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
تحلیل پس‌بهینگی u	۰/۹۹۲	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
میانگین	۰/۱۹۹	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۶۸
وزن شاخص بازده	۰/۲۶۶									

Archive of SID

www.SID.ir

یکی از نتایجی که از حل این مدل‌ها در روش UTADIS به دست آمد، وزن شاخص‌ها بود که در جدول ۴ مشاهده می‌شود.

جدول ٤. وزن شاخص‌ها در روش UTADIS

شماره	شاخص	وزن	شماره	شاخص	وزن
۱	بازده سهام	۰/۲۶۶	۵	ROE	۰/۱۲۳
۲	ضریب بتا	۰/۰۷۴	۶	EPS	۰/۱۱۳
۳	حاشیه سود خالص	۰/۱۴۹	۷	P/E	۰/۱۱۵
۴	ROA	۰/۱۱۰	۸	ارزش بازار به ارزش دفتری	۰/۰۴۹

نتایج دیگری که از حل مدل‌های UTADIS به دست آمد، مقدار W_{it} ها بود. با استفاده از این مقادیر می‌توانیم مطلوبیت هر شرکت را محاسبه کنیم. به طور مثال، مطلوبیت شرکت اول به صورت زیر محاسبه می‌شود:

رابطه ۳۴)

$$U(A_1)=w11+w12+w13+w14+w15+w16+w17+0.444*w18+w21+w22+w23+w24 +0.242*w25+w31+w32+0.054*w33+w41+w42+0.128*w43+w51+w52+w53+ 0.449*w54+w61+w62+0.641*w63+w71+w72+w73+w74+w75+w76+0.987*w77 +w81+w82+w83+w84+0.679*w85=0.441767$$

صحت نتایج

برای بررسی درستی طبقه‌بندی انجام شده توسط مدل، ابتدا مطلوبیت هر شرکت محاسبه شد و مقدار آن با حد آستانه مطلوبیت مقایسه گردید.

جدول ۵. بررسی صحت طبقه‌بندی در روش UTADIS

شرکت	مطلوبیت کل	نتیجه طبقه‌بندی	شرکت	مطلوبیت کل	نتیجه طبقه‌بندی	شرکت	مطلوبیت کل	نتیجه طبقه‌بندی
A۱	۰/۴۴۱۷۶۷	صحیح	A۲۱	۰/۴۰۷۳۰۱	صحیح	A۳۷	۰/۵۳۹۴۹۳	صحیح
A۲	۰/۸۲۵۳۸۹	صحیح	A۲۲	۰/۲۱۵۷۰۷	صحیح	A۳۸	۰/۴۲۴۰۲	صحیح
A۴	۰/۳۶۶۸۸۹	صحیح	A۲۳	۰/۲۴۴۷۲	صحیح	A۳۹	۰/۵۱۵۱۹۸	صحیح
A۵	۰/۲۸۵۴۱۶	صحیح	A۲۴	۰/۳۰۲۷۹۶	صحیح	A۴۰	۰/۴۰۱۸۳۵	صحیح
A۷	۰/۷۱۳۲۲۲	صحیح	A۲۵	۰/۶۰۴۶۱۱	صحیح	A۴۲	۰/۷۲۴۲۷۴	صحیح
A۹	۰/۳۰۹۶۱۵	صحیح	A۲۶	۰/۵۵۱۰۱۲	صحیح	A۴۳	۰/۵۰۹۳۶۹	صحیح
A۱۲	۰/۶۱۱۹۱	صحیح	A۲۷	۰/۶۸۳۲۷۱	صحیح	A۴۴	۰/۳۰۳۴۳۸	صحیح
A۱۳	۰/۷۶۴۱۴۲	صحیح	A۲۸	۰/۷۱۴۳۷۵	صحیح	A۴۵	۰/۶۰۱۴۶۹	صحیح
A۱۴	۰/۴۵۵۲۲	صحیح	A۳۰	۰/۷۲۴۲۰۷	صحیح	A۴۶	۰/۷۲۹۹۵۱	صحیح
A۱۵	۰/۵۱۳۳۰۵	صحیح	A۳۱	۰/۷۵۷۵۸۶	صحیح	A۴۷	۰/۳۰۵۱۶۳	صحیح
A۱۶	۰/۷۲۳۳۷۸	صحیح	A۳۲	۰/۶۷۶۹۰۸	صحیح	A۴۸	۰/۷۱۶۸۰۲	صحیح
A۱۷	۰/۵۵۴۱۶۴	صحیح	A۳۳	۰/۷۴۴۴۴۳	صحیح	A۴۹	۰/۳۰۲۷۹۶	صحیح
A۱۸	۰/۷۵۹۲۳۳	صحیح	A۳۴	۰/۶۳۶۲۵۵	صحیح			
A۱۹	۰/۶۸۴۷۹۶	صحیح	A۳۵	۰/۵۸۶۰۵۷	صحیح			

Archive of SID

www.SID.ir

چنانچه مطلوبیت کل شرکت از مقدار حد آستانه (۰/۷۲۵۶) بیشتر شود، آن شرکت در طبقه اول (پرتفولیو) قرار می‌گیرد و اگر مطلوبیت کل شرکت از حد آستانه مطلوبیت کمتر باشد، در طبقه دوم واقع می‌شود. در جدول ۵ مقایسه مطلوبیت هر شرکت با حد آستانه مطلوبیت و نتیجه طبقه‌بندی انجام شده توسط روش UTADIS نشان داده شده است. این بررسی گویای دقت ۱۰۰ درصد مدل‌سازی انجام شده است. به منظور آزمون دوم مدل، از ۱۰ شرکت دیگر که پیش‌تر به صورت تصادفی انتخاب شدند، استفاده کردیم. بدین منظور با در نظر گرفتن نتایج حل مدل قبلی، این‌بار مطلوبیت این ۱۰ شرکت را محاسبه می‌کنیم. نتایج آزمون مدل طبق جدول ۶ است.

جدول ٦. نتایج آزمون خطای مدل UTADIS

شرکت	مطلوبیت کل	طبقه‌بندی اصلی	طبقه‌بندی مدل
A۳	۰/۲۴۷۳۹۵	۲	۲
A۶	۰/۶۰۴۵۲۲	۱	۲
A۸	۰/۲۶۱۹۱۳	۲	۲
A۱۰	۰/۸۸۹۰۵۲	۱	۱
A۱۱	۰/۷۶۹۴۳۱	۱	۱
A۲۰	۰/۶۵۸۸۲۱	۱	۲
A۲۹	۰/۱۸۰۸۹۸	۲	۲
A۳۶	۰/۶۹۰۲۶۵	۲	۲
A۴۱	۰/۶۹۰۵۵۴	۲	۲
A۵۰	۰/۵۰۵۴۴۴	۱	۲

جدول ۷. نتایج طبقه‌بندی به روش UTADIS

شرکت	مطلوبیت کل	طبقه	شرکت	مطلوبیت کل	طبقه	شرکت	مطلوبیت کل	طبقه
A۱	۰/۴۷۳۵۶۱	۲	A۱۸	۰/۷۵۶۶۲۱	۱	A۳۵	۰/۵۹۰۰۳۹	۲
A۲	۰/۸۲۶۵۷۶	۱	A۱۹	۰/۶۴۴۶۴۸	۲	A۳۶	۰/۷۰۷۴۷۴	۲
A۳	۰/۳۰۵۳۹۴	۲	A۲۰	۰/۷۱۷۷۳۵	۲	A۳۷	۰/۴۹۷۸۳۵	۲
A۴	۰/۴۴۳۷۱۶	۲	A۲۱	۰/۳۹۳۶۸۳	۲	A۳۸	۰/۴۲۴۲۷۳	۲
A۵	۰/۲۷۱۲۹۶	۲	A۲۲	۰/۲۰۰۴۰۵	۲	A۳۹	۰/۵۱۴۹۷۴	۲
A۶	۰/۵۸۳۹۳۷	۲	A۲۳	۰/۲۲۲۵۷۸	۲	A۴۰	۰/۴۰۱۸۲۸	۲
A۷	۰/۶۹۷۰۸۳	۲	A۲۴	۰/۲۹۹۹۰۶	۲	A۴۱	۰/۷۰۹۹۹۸	۲
A۸	۰/۳۹۱۵	۲	A۲۵	۰/۶۰۷۱۷۶	۲	A۴۲	۰/۷۱۹۸۸۵	۲
A۹	۰/۳۰۹۵۶۲	۲	A۲۶	۰/۵۵۵۰۳۸	۲	A۴۳	۰/۵۱۴۵۱	۲
A۱۰	۰/۸۱۰۱۰۶	۱	A۲۷	۰/۶۴۷۸۸۲	۲	A۴۴	۰/۳۰۲۹۸۲	۲
A۱۱	۰/۷۵۵۰۹۶	۱	A۲۸	۰/۷۱۵۹۸۶	۲	A۴۵	۰/۵۹۳۷۸۹	۲
A۱۲	۰/۵۹۴۷۸۴	۲	A۲۹	۰/۳۹۱۶۷۹	۲	A۴۶	۰/۷۳۴۲۵۸	۱
A۱۳	۰/۷۵۰۰۸۱	۱	A۳۰	۰/۷۲۳۴۴۲	۲	A۴۷	۰/۳۳۷۲۲۲	۲
A۱۴	۰/۴۸۴۲۴۱	۲	A۳۱	۰/۷۴۸۹۴۹	۱	A۴۸	۰/۷۱۵۷۰۴	۲
A۱۵	۰/۵۲۵۱۵۷	۲	A۳۲	۰/۶۴۷۲۹۲	۲	A۴۹	۰/۳۰۲۷۹۵	۲
A۱۶	۰/۷۱۵۴۳۲	۲	A۳۳	۰/۷۳۷۵۹۹	۱	A۵۰	۰/۶۰۳۱۳۴	۲
A۱۷	۰/۶۳۶۵۴۸	۲	A۳۴	۰/۶۲۴۸۳۶	۲			

Archive of SID

www.SID.ir

همان طور که در جدول ۶ مشاهده می‌شود، هیچ گزینه‌ای از طبقه دوم به اشتباه در طبقه اول قرار نگرفته است و به بیان دیگر، خطای نوع دوم صفر است. خطای مدل، تنها برای زمانی است که گزینه، متعلق به طبقه اول باشد و به اشتباه در طبقه دوم قرار گیرد (خطای نوع اول). نکته حائز اهمیت آن است که معمولاً برای سرمایه‌گذار، خطا نداشتن مدل در حالت اول مهم‌تر است. در واقع، برای سرمایه‌گذار این موضوع که گزینه‌ای به اشتباه از طبقه دوم در طبقه اول (پرتفولیو) قرار نگیرد، مهم‌تر است؛ زیرا اگر شرکتی که متعلق به طبقه دوم است در طبقه اول قرار گیرد، هزینه بیشتری به سرمایه‌گذار وارد می‌کند تا هزینه فرصت از دست رفته برای شرکتی که به طبقه اول تعلق دارد و در طبقه دوم قرار گرفته است. بنابراین با ملاک قرار دادن مدل‌سازی انجام شده، کل گزینه‌ها را طبقه‌بندی می‌کنیم (جدول ۷).

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

هدف این پژوهش ارائه چارچوبی ترکیبی متشکل از رویکرد خوشه‌بندی و تجمیع مطلوبیت‌های تمایزگر در تشکیل سبد سرمایه‌گذاری است. نتیجه به کارگیری این رویکرد ترکیبی به عنوان چارچوب یادگیرنده، حصول وزن شاخص‌ها، مطلوبیت گزینه‌ها و در نهایت طبقه‌بندی آن‌هاست. از جمله مزیت‌های استفاده از این چارچوب، آن است که وزن شاخص‌ها به طور مستقیم و در یک فرایند یادگیرنده در روش غیرادغامی UTADIS به دست می‌آید و همچون سایر روش‌های MADM به محاسبه وزن شاخص‌ها با استفاده از روش دیگر نیازی نیست. به بیان دیگر، محاسبه وزن شاخص‌ها و طبقه‌بندی گزینه‌ها به طور هم‌زمان انجام می‌گیرد.

در این پژوهش وزن‌های به دست آمده به ترتیب عبارت بودند از بازده (۰/۲۶۶)، حاشیه سود خالص (۰/۱۴۹)، ROE (۰/۱۲۳)، P/E (۰/۱۱۵)، EPS (۰/۱۱۳)، ROA (۰/۱۱۰)، ضریب بتا (۰/۰۷۴) و ارزش بازار به ارزش دفتری (۰/۰۴۹). همچنین سبد سرمایه‌گذاری طبق جدول ۸ تشکیل شد. نتایج این تحقیق حاکی از وزن شایان توجه شاخص بازده است. نتایج به دست آمده در این پژوهش با مطالعه ژیدوناس (۲۰۱۰) مشابهت دارد، به طوری که در مطالعه وی نیز شاخص بازده، بیشترین وزن را داشت.

جدول ۸. سبد سرمایه‌گذاری تشکیل شده

نام شرکت	کد	نام شرکت	کد
ارتباطات سیار	A۲	خدمات انفورماتیک	A۱۸
پتروشیمی خارک	A۱۰	فراورده‌های نسوز ایران	A۳۱
پتروشیمی شازند	A۱۱	فولاد خوزستان	A۳۳
پتروشیمی فن آوران	A۱۳	معادن روی ایران	A۴۶

در پژوهش حاضر، شاخص ارزش بازار به ارزش دفتری با وزن ۰/۰۴۹، کمترین اهمیت را میان شاخص‌ها داشت. در پژوهش فلاح‌پور، صفری و عمرانی (۱۳۹۳) نیز وزن شاخص ارزش بازار به ارزش دفتری مقدار ۰/۰۲۵۳، در پژوهش شهبازی آلنجاق (۲۰۱۳) مقدار ۰/۰۱، در پژوهش سپیانی، زنجیرانی و شکارچی‌زاده (۲۰۱۳) مقدار ۰/۰۲۴ و در پژوهش

Archive of SID

www.SID.ir

ابزری، سامتی و دلبری (۱۳۸۱) مقدار ۰/۰۲۴ گزارش شده که حاکی از اهمیت ناچیز این شاخص در پژوهش‌های مختلف است.

از محدودیت‌های پژوهش می‌توان به نوسان‌های بازار سرمایه اشاره کرد، به طوری که در برخی سال‌ها به علت افزایش قیمت ارز، شاهد رشد شایان توجه در بازدهی شرکت‌ها بودیم، یا در برخی سال‌ها بازدهی اغلب شرکت‌ها نامناسب بوده است. در این موقعیت، استفاده از شاخص‌های کیفی‌ای که بتوانند برخی جنبه‌های رفتاری بازار را بسنجد راهکار مناسبی است. همچنین در این پژوهش، نگارندگان ابتدا تلاش کردند با استنتاج مجموعه مرجع از بازده سال مالی جدید مدل‌سازی را انجام دهند. از آنجا که نتایج غیر قابل قبولی به دست آمد و خطای طبقه‌بندی در آزمون مدل زیاد بود، می‌توان نتیجه گرفت در نظر گرفتن این رویه برای تعیین داده‌های آموزش، جواب مناسبی نخواهد داشت، بنابراین بهتر است از این رویه برای تعیین داده‌های آموزش اجتناب شود. در روش UTADIS، برای خطاهای طبقه‌بندی اهمیت یکسانی در نظر گرفته می‌شود، اما در دنیای واقعی خطاهای نوع اول و نوع دوم وزن یکسانی ندارند.

پژوهشگران در مطالعات آتی می‌توانند ضرایب خطای مختلفی را برای مدل UTADIS در نظر بگیرند. در این حالت مدل نتیجه دقیق‌تر و واقعی‌تری را ارائه می‌دهد. همچنین با توجه به نتایج این پژوهش که نشان از اهمیت شاخص بازده داشت، پیشنهاد می‌شود در انتخاب سبد سهام، این شاخص در نظر گرفته شود.

منابع

ابزری، مهدی؛ سامتی، مرتضی؛ دلبری، مهدی (۱۳۸۱). کاربرد مدل فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) در تعیین معیارهای مؤثر بر انتخاب سهام در بورس اوراق بهادار تهران. *مجله برنامه و بودجه*، ۷(۵)، ۳-۲۷.

اسلامی بیدگلی، غلامرضا؛ سارنج، علیرضا (۱۳۸۷). انتخاب پرتفوی با استفاده از سه معیار میانگین بازدهی، انحراف معیار بازدهی و نقدشوندگی در بورس اوراق بهادار تهران. *بررسی‌های حسابداری و حسابرسی*، ۱۵(۵۳)، ۳-۱۶.

ایزدی، حسن (۱۳۸۳). *اصول و فنون تشکیل سبد سهام* (چاپ اول). نشر مرکز آموزش و تحقیقات صنعتی ایران.

جونز، چارلز پی؛ (۱۳۸۲). *مدیریت سرمایه‌گذاری* (چاپ اول). (رضا تهرانی و عسگر نوربخش، مترجمان)، تهران: نشر نگاه دانش.

جونز، چارلز پی (۱۳۸۹). *مدیریت سرمایه‌گذاری*. (رضا تهرانی، مترجم)، تهران: نشر نگاه دانش.

دهقان، علیرضا؛ امامت، میرسید محمدمحسن (۱۳۹۴). استفاده از روش برنامه‌ریزی آرمانی چند انتخابی در انتخاب پرتفولیوی سهام. *همایش سراسری مباحث کلیدی در علوم مدیریت و حسابداری*.

رایلی، فرانک کی؛ براون، کیت سی. (۱۳۸۴). تجزیه و تحلیل سرمایه‌گذاری و مدیریت سبد اوراق بهادار(چاپ اول). (غلامرضا اسلامی بیدگلی، فرشاد هیبتی و فریدون رهنمای رودپشتی، مترجمان). نشر پژوهشکده امور اقتصادی.

سلطانی‌نژاد، محمد؛ دولو، مریم (۱۳۹۵). بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری با استفاده از روش‌های خوشه‌بندی. *فصلنامه مدیریت دارایی و تأمین مالی*، ۴(۴)، ۱-۱۶.

صادقی، حجت‌اله؛ فروغی دهنوی، شریفه (۱۳۹۶). تدوین دندوگرام‌های سبد سهام بر اساس معیار فاصله اقلیدسی (مقایسه‌ای بین روش‌های گوناگون خوشه‌بندی سلسله‌مراتبی). *فصلنامه دانش مالی تحلیل اوراق بهادار*، ۱۰(۳۴)، ۸۹-۱۰۷.

Archive of SID

www.SID.ir

فرید، داریوش؛ پورحمیدی، مسعود (۱۳۹۱). بخش‌بندی سهام شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از تحلیل خوشه‌ای فازی. *مجله پژوهش‌های حسابداری مالی*، ۴(۳)، ۱۰۵-۱۲۸.

فلاح‌پور، سعید؛ صفری، حسین؛ عمرانی، نادر (۱۳۹۳). انتخاب پرتفوی با استفاده از ترکیب روش برنامه‌ریزی ترجیحات فازی و لگاریتمی و پرومته. *راهبرد مدیریت مالی*، ۵، ۱۲۰-۱۰۳.

قاسمی، احمدرضا؛ احمدی، سید حسین (۱۳۹۵). انتخاب سبد سهام با کمک مدل مارتل و زاراس و رویکرد تلفیقی تصمیم‌گیری چند شاخصه و خوشه‌بندی: مورد بررسی صنعت دارو. *مجله مدیریت تولید و عملیات*، ۲(۱۳)، ۱۷۳-۱۹۸.

قدوسی، سعید؛ تهرانی، رضا و بشیری، مهدی (۱۳۹۴)، بهینه‌سازی سبد سهام با استفاده از روش تبرید شبیه‌سازی شده، *فصلنامه تحقیقات مالی*، ۱۷(۱)، ۱۴۱-۱۵۸.

مهرگان، محمدرضا (۱۳۸۶)، تصمیم‌گیری با چندین هدف (چاپ اول). تهران: انتشارات دانشگاه تهران.

مؤمنی، منصور (۱۳۹۰). خوشه‌بندی داده‌ها (تحلیل خوشه‌ای). (چاپ اول). تهران: نشر مؤلف.

هورن گرن، چارلز؛ هاریسون، والتر؛ رابینسون، مایکل (۱۳۸۵). اصول حسابداری (۲) (چاپ یازدهم). (ایرج، نوروش و غلامرضا کرمی، مترجمان). تهران: نشر کتاب نو.

References

Abzari, M., Sameti, M., & Delbari, M. (2003). Applying "Analysis of Hierarchical Process" Model (AHP) in Considering Appropriate Criteria for Selecting Stocks in Tehran Stock Exchange. *The Journal of Planning and Budgeting*, *7*(5), 3-27. (*in Persian*)

Dehghan, A., Emamat, M.S. M. M. (2015). Stock portfolio selection using multi-choice goal programming*, National congress of the key issues in management and accounting.* (*in Persian*)

Dimitras, A. (2002). Evaluation of Greek Construction Companies' Securities Using UTADIS Method. *European Research Studies*, 5(1-2), 95-107.

Dimitras, A. I., & Sagka, I. V. (2012). Forming a portfolio using multi-criteria method UTADIS. *ΤμήμαΔ ημόσιαςΔ ιοίκησης*, (1), 116-132.

Doumpos, M., & Zopounidis, C. (2002a). *Multicriteria decision aid classification methods* (Vol. 73). Springer Science & Business Media.

Doumpos, M., & Zopounidis, C. (2002b). Multi–Criteria Classification Methods in Financial and Banking Decisions. *International Transactions in Operational Research*, *9*(5), 567-581.

Doumpos, M., Zopounidis, C., & Fragiadakis, P. (2016). Assessing the financial performance of European banks under stress testing scenarios: a multicriteria approach. *Operational Research*, *16*(2), 197-209.

Eslami, B. G. R., & Saranj, A. (2008). Portfolio Selection Using Return Mean, Return Standard Deviation and Liquidity in Tehran Stock Exchange, *Journal of the Accounting and Auditing Review*, 15(53), 3-16. (*in Persian*)

Archive of SID

www.SID.ir

Esmaelian, M., Shahmoradi, H., & Vali, M. (2016). A novel classification method: A hybrid approach based on extension of the UTADIS with polynomial and PSO-GA algorithm. *Applied Soft Computing*, *49*, 56-70.

Fallahpour, S., Safari, H. & Omrani, N. (2014). Portfolio selection using fuzzy logarithmic preference programming and PROMETHEE, *Journal of Financial Management Strategy*, 2(2), 103-120. (*in Persian*)

Farid, D. & Pourhamidi, M. (2012). Classifying Stocks of Listed Companies on Tehran Stock Exchange Using Fuzzy Cluster Analysis. *Financial Accounting Researches*, 4(3), 105-128. (*in Persian*)

Floudas, C. A., & Pardalos, P. M. (Eds.). (2008). *Encyclopedia of optimization* (Vol. 1). Springer Science & Business Media.

Ghasemi, A. R. & Ahmadi, S. H. (2016). Stock Portfolio Selection through a Hybrid Approach of Martel & Zaras, MADM and Clustering Methods: The Case of Pharmaceutical Industries, *Production and Operations Management*, 2(13), 173-198. (*in Persian*)

Horngren, C. T., Harrison, W. T. & Rabinson, M. (2006). *Accounting* (I. Noravesh, & G. R. Karami, Trans.), Ketabe no, Tehran. (*in Persian*)

Izadi, H. (2004). *Modern Portfolio Theory* (1ed). Industrial research and training center of Iran. (*in Persian*)

Jones, C. P. (2003). *Investments*: *Analysis and management* (R. Tehrani, & A. Noorbakhsh, Trans.). Negah Danesh, Tehran. (*in Persian*)

Jones, C. P. (2010). *Investments*: *Analysis and management* (R. Tehrani, Trans.), Negah Danesh, Tehran. (*in Persian*)

Laghrabli, S., Benabbou, L., & Berrado, A. (2016, October). Strategic decision processes classification framework using UTADIS. In *Intelligent Systems: Theories and Applications (SITA), 2016 11th International Conference on* (pp. 1-6). IEEE.

Manshadi, E. D., Mehregan, M. R., & Safari, H. (2015). Supplier Classification Using UTADIS Method Based on Performance Criteria. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, *5*(2), 31-45.

Markowitz, H. (1952). Portfolio selection. *The journal of finance*, *7*(1), 77-91.

Mehregan, M. R. (2006). *Multi-objective decision-making*, Faculty of Management, University of Tehran, Iran. (*in Persian*)

Momeni, M. (2011). *Cluster Analysis*. Moallef publication, Tehran. (*in Persian*)

Pendaraki, K., Zopounidis, C., & Doumpos, M. (2005). On the construction of mutual fund portfolios: A multicriteria methodology and an application to the Greek market of equity mutual funds. *European Journal of Operational Research*, *163*(2), 462-481.

Qodsi, S., Tehrani, R. & Bashiri, R. (2015), Portfolio optimization with simulated annealing algorithm, *Journal of financial research*, 17(1), 141-158. (*in Persian*)

Reilly, F. K., & Brown, K. C. (2003). *Investment analysis and portfolio management* (B.G. Eslami, G. Heibati, & F. Roodposhti, Trans.). Institute of Economic Affairs, Tehran. (*in Persian*)

Archive of SID

www.SID.ir

Ruicheng, Y., Rongrong, G., & Qing, S. (2016, July). Detecting Fraudulent Financial Data Using Multicriteria Decision Aid Method. In *Information Science and Control Engineering (ICISCE), 2016 3rd International Conference on* (pp. 321-324). IEEE.

Sadeghi, H., & Forooghi Dehnavi, Sh. (2017), Codification of Dendrograms Portfolio Based on Euclidean Distance Measure (A Comparison between Different Methods of Hierarchical Clustering), *Financial Knowledge of Securities Analysis*, 10(34), 89-107. (*in Persian*)

Sepyani, A., Zanjirani, D. M., & Shekarchizadeh, A. (2013). A Mixed Method based on MADM and Genetic Algorithm for Selecting Optimum Portfolio of Stocks. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, *3*(11), 453.

Shahbazi Alenjagh, R. (2013). Performance evaluation and ranking of insurance companies in Tehran Stock Exchange by financial ratios using ANP and PROMETHEE. *European Online Journal of Natural and Social Sciences: Proceedings*, *2*(3 s), 3478-3486.

Soltani-Nejad, M., & Davallou, M. (2016), Portfolio Optimization with Clustering Methods, *Asset Management & Financing*, 4(4), 1-16. (*in Persian*)

Varma, K., & Kumar, K. S. (2012). Criteria Analysis Aiding Portfolio Selection Using Dematel. *Procedia Engineering*, *38*, 3649-3661.

Xidonas, P., Mavrotas, G., & Psarras, J. (2009b). A multicriteria methodology for equity selection using financial analysis. *Computers & Operations Research*, *36*(12), 3187-3203.

Xidonas, P., Mavrotas, G., & Psarras, J. (2010). A multiple criteria decision-making approach for the selection of stocks. *Journal of the Operational Research Society*, *61*(8), 1273-1287.

Xidonas, P., Mavrotas, G., Krintas, T., Psarras, J., & Zopounidis, C. (2012). *Multicriteria portfolio management* .Springer New York.

Zopounidis, C., Doumpos, M., & Zanakis, S. (1999). Stock evaluation using a preference disaggregation methodology. *Decision Sciences*, *30*(2), 313-336.

Archive of SID

www.SID.ir