

Comparative Study of Gray and Random Relationship Analysis Methods to Optimize Stock Investment Portfolio In Tehran Stock Market

Reza Adak¹, Mehdi Meshki Miavaghi², Mohamad Hassan Gholizadeh³

Received: 18/01/2024

Accepted: 11/02/2025

Extended Abstract

Introduction

Most investment decisions are based on more than one criterion and are often inconsistent. It comes from a lot of different and contradictory data obtained from the stock markets which originally indicated the existence of a complex system. Gray systems theory (GST) was developed in the 1980s; But there are many models developing today. Hence, there are some models which have been developed within the grey systems method that can be useful in the management of portfolios. Gray relation analysis (GRA) is a part of grey systems theory developed to rank alternatives based on their characteristics. This method is nonparametric and it is relatively simple compared with other sophisticated methods of modelling and alternative rating. It is also less subjective than some optimisation techniques. This study seeks to find the best method for optimal portfolio selection using novel meta-modern methods in financial issues and compare them with classic methods and finally increase precision and decrease time in order to make optimum portfolio. Therefore, the main goal of this research is to investigate the performance of the gray relationship analysis method using eleven strategies to optimize the stock investment portfolio and compare it with random methods of the first and second type. From the aspect of innovation, this research seeks to introduce the gray relationship analysis method as a new tool for the dynamic optimization of the stock investment portfolio.

1. Department of Financial Engineering, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht, Iran.

2. Department of Accounting and Finance, Payame Noor University, Tehran, Iran. (Corresponding Author).
M.meshki@pnu.ac.ir.

3. Department of Business Management, Gilan University, Gilan, Iran.

How to cite this paper: Adak, R., Meshki Miavaghi, M., & Gholizadeh, M. H. (2025). Comparative study of gray and random relationship analysis methods to optimize stock investment portfolio in Tehran stock market. *Advances in Finance and Investment*, 6(3), 201-226. [In Persian]

 <https://doi.org/10.71729/afi.2025.1088627>

Literature Review

Selection of proper investment portfolio is one of the important issues that must be considered by the investors in the capital markets. In this regard, the investor must pay attention to the existing stock market risk and return. In the world around us, we have a variety of systems that we face every day and we have to make decisions about them. Making the right decisions requires adequate information to present; In practice, few systems can be found that are well-known by all its information. Because the information that is always obtained from the systems in question is always incomplete; Therefore uncertainty as an integral part of these systems is constantly manifested. This in turn presents a greater difficulty in facing and making decisions about these systems. The main feature of a gray system is that information about that system is not complete; Therefore, this is the main point to start studying these systems and the main goal is to explore the real characteristics of these systems in the context of information scarcity. Gray relational analysis is a key element of grey system theory. The main idea of grey relational analysis as a quantitative analysis is based on the importance of the relationship between two different factors in a growing dynamical process. The higher the similarity, the higher the degree of the relation between the series and vice versa. We use Data Envelopment Analysis (DEA) method for comparing the grey and random relational analysis methods. Data Envelopment Analysis technique is a nonparametric method which measures the relative efficiency of a decision-making unit (DMU) using the relative efficiency of a given set of inputs and outputs and also classifies the considered units as efficient and ineffective groups. The general stages for performing data envelopment analysis in this manner are first determined the input and output and determine the evaluation indicators, then separating the outputs and statements, and then, by showing the values of the characteristics for each goal, analysis and interpretation of the results are done. In this research, simultaneous reducing of input and output increases is important for us. Hence, we use the collective model. The hypothesis that this research seeks to investigate is as follows: between the stock portfolio created using gray relationship analysis strategies in the studied industries (investment, chemicals, banks, oil and iron and steel products) and the stock portfolio created There is a significant difference with the random approach. Some similar studies include [Huang and Yang, \(2004\)](#), in their research used the gray wave forecasting method to estimate China's trade volume. They showed that the use of gray models is more accurate in forecasting the US dollar exchange rate series compared to some conventional autoregressive moving average (ARMA) approaches. [Škrinjaric \(2020\)](#) in his research experimentally evaluated the possibilities of dynamic stock portfolio restructuring according to the results of stock rating using Gray relation analysis approach. He also used the data coverage analysis method to compare investment strategies based on financial theory. The results showed

that by focusing on some aspects of yield distribution compared to other methods, the gray system method is a useful tool to facilitate analysis; Therefore, strategies based on gray results can lead to better results compared to parametric analysis methods. [Ramezani and Mokhtab Rafiei, \(2022\)](#) in their research using gray relational analysis to choose a dynamic investment portfolio in Tehran Stock Exchange used gray relational analysis approach to choose a stock investment portfolio. Return, risk, skewness, and kurtosis were used at the same time as selection criteria in the construction of stock investment portfolio selection. In their research, 14 shares of different industries such as metals, banks, financial institutions, car manufacturers, transportation and oil were randomly selected from 30 large companies active in the Tehran Stock Exchange and all the moments mentioned above were calculated for each share. The stock investment portfolio was dynamically rebuilt every week based on the previous week's ranking. The result of the analysis showed that the selected method has a better performance compared to the benchmarks in terms of efficiency, standard deviation and Sharpe ratio. [Silva et al. \(2023\)](#) in their research a new model called CRITICGRA for evaluating investment options They offered in the Brazilian stock market. For this purpose, 190 companies were selected as investment options. To evaluate the performance, Jed's model was compared with Resik's model and Sharp's efficiency. The result of the investigation indicated the superiority of the new consolidated model over the Sharp model.

Research Methodology

This research is of scientific and practical type. In this paper, using hybrid approach of grey relation analysis and data envelopment analysis, the investment strategies based on financial theory have been compared. In this study, library study was used to collect theoretical and thematic literature related to the literature and theoretical foundations of the research. This study population includes all the companies listed in Tehran Stock Exchange during the period of research implementation. The sample of this research includes the top five industries in the Tehran Stock Exchange, where the following considerations are assumed: these five industries have the highest marketing value at the beginning of the research (selected industries remain unchanged in the following years, but the portfolio The choice between these five industries is different). The research period is five years (2019-2024) and the investigated companies in five industries must be members of the Tehran Stock Exchange during the study period and its shares must be traded. In order to achieve better reliability and validity, five selected industries have at least 10 participants in the study period. In this study, the Eviews software was used to perform the necessary analysis and the Jarec Barra test was used to make sure the raw data was normal. Gray relational analysis and grading was conducted by a programme designed by the consultant team in EXCEL spreadsheet format. The data envelopment analysis method by Data Envelopment Analysis software was used online. Finally, in order to test the hypothesis using

the data coverage analysis method, DEA software (online from the SoftGaster site) has been used. In summary, the stages of research performance are:

- Collecting raw data with the considerations related to the research sample.
- Descriptive data analysis.
- Organise data to log in to analysis software.
- Performing Gray Relationship Analysis test for the time range.
- random methods calculation.
- Comparison of the strategy based on gray relational analysis with random approach using data envelopment analysis and evaluating the results using software.
- Performing tests for the research hypothesis.

Results

The results show that the grey relationship analysis strategies have a better performance than the stochastic approaches. The research hypotheses were investigated using Mann–Whitney U test. To perform the test, the SPSS software was used around 95% confidence level of evidence supporting the claim. In other words, the study hypothesis, claiming that there is a significant difference in the use of grey relational analysis strategies and stochastic method in optimum portfolio formation, is confirmed.

Discussion and Conclusion

The results of the research show that there is a significant difference between the stock investment portfolio created using gray relationship analysis strategies and the random approach. Strategies related to gray relation analysis have higher efficiency than strategies related to random approach. In the strategies related to the analysis of the gray relationship, the goal is to invest in the best sector (according to the allocation of the percentage of investment weight to the first to fourth moments), while in random strategies, investments are made proportionally in all sectors. Among the strategies of the analysis of the gray relationship, there are also strategies 7, 9, 10 and 11. have the highest efficiency (Table 4). In general, the results of the research show that when the goal is to invest in the best sector, the gray relationship algorithm is a more efficient method than the random approach, and this result is similar to the results of the work done by Škrinjaric (2020). who came to the conclusion in his research that using the gray relationship analysis method has a better performance than the benchmark methods, and also Ramezani and Mokhtab Rafiei, (2022), who also reached the same result in their research, reached this conclusion. that the gray relationship analysis method has better performance compared to benchmarks in terms of efficiency, standard deviation and Sharpe ratio. And finally, with the result of Silva et al. (2023), who created a new model called CRITICGRA through the correlation method between the CRITIC criterion and gray relation analysis in their research to select the stock

investment portfolio and showed that the method CRITICGRA has a better performance than the Sharp model as a classic model.

Conflict of Interest

The authors of this article declared no conflict of interest regarding the authorship or publication of this article.

Keywords: Data Envelopment Analysis (DEA), Strategies of Gray Relationship Algorithm (GRA), Stochastic Approaches.

JEL Classification: G10, G11, G17.

پیشرفت‌های مالی و سرمایه‌گذاری

سال ششم، پاییز ۱۴۰۴ - شماره ۳

صفحات ۲۰۱-۲۲۶

نوع مقاله: پژوهشی

بررسی مقایسه‌ای روش‌های تحلیل رابطه خاکستری و تصادفی جهت بهینه‌سازی

سبد سرمایه‌گذاری سهام در بازار اوراق بهادار تهران

رضا آداک^۱، مهدی مشکی میاوقی^۲، محمدحسن قلیزاده^۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۰/۲۸

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۱/۲۳

چکیده

هدف: یکی از بخش‌های مهم فرآیند مدیریت سبد سرمایه‌گذاری سهام، مقایسه و رتبه‌بندی دارایی‌های مالی در هنگام تصمیم‌گیری درباره ساختار آن است. روش‌های کمی ابزاری مفید در این بخش هستند که نشان می‌دهند هدف عمده همه روش‌ها دستیابی به سبد سرمایه‌گذاری سهام بهینه بادقت بسیار و سهولت بیشتر است. این پژوهش دو هدف عمده را دنبال می‌کند اول رتبه‌بندی سبد سرمایه‌گذاری سهام بر پایه تحلیل رابطه خاکستری و دوم مقایسه این شیوه با روش‌های کلاسیک که در این پژوهش با عنوان رویکرد تصادفی نام‌گذاری شده است.

روش‌شناسی پژوهش: برای تحقق موضوع پژوهش، ۱۱ راهبرد وزنی و سرمایه‌گذاری برای روش تحلیل رابطه خاکستری و ۲ راهبرد برای رویکرد تصادفی تعریف شدند. جامعه پژوهش شامل شرکت‌های بورس اوراق بهادار بوده و نمونه پژوهش شامل پنج صنعت برتر در ابتدای دوره مطالعه است که شامل صنایع سرمایه‌گذاری‌ها، شیمیایی، آهن و فولاد، بانک و مؤسسات مالی و فرآورده‌های نفتی است. در این پنج صنعت با شرایطی که در پژوهش مدنظر قرار گرفته است، درنهایت ۱۶۰ شرکت برای بررسی انتخاب‌شده‌اند. از آزمون یومن ویتنی برای بررسی فرضیه‌ها و به‌منظور مقایسه نتایج روش تحلیل خاکستری با روش تصادفی از تحلیل پوششی داده‌ها استفاده شده است.

یافته‌ها: نتایج پژوهش با استفاده از تحلیل رابطه خاکستری نشان می‌دهد که راهبردهای ۷، ۹، ۱۰ و ۱۱ (وزن‌دهی ۱۰۰ درصدی به گشتاورهای سوم و چهارم) با داشتن ۱۸۶ هفته کارایی، رتبه بیشتری نسبت به دیگر راهبردهای تحلیل رابطه خاکستری هستند. نتایج حاصل از روش تحلیل پوششی (که روش تحلیل رابطه خاکستری را با روش تصادفی نوع یک و دو مقایسه می‌کند) نیز نشان داد که روش تحلیل رابطه خاکستری کارایی بیشتری نسبت به روش تصادفی دارد و این فرضیه توسط آزمون یومن ویتنی نیز تأیید شد.

اصالت / ارزش افزوده علمی: این پژوهش با استفاده از روش‌های فرامردن در موضوعات مالی (روش الگوریتم رابطه خاکستری) و مقایسه آن با روش‌های تصادفی، در جست‌وجوی افزایش دقت و کاهش زمان برای شناسایی سبد سرمایه‌گذاری سهام بهینه است.

کلیدواژه‌ها: تحلیل پوششی داده، راهبردهای الگوریتم رابطه خاکستری، رویکردهای تصادفی.

طبقه‌بندی موضوعی: G10, G11, G17.

۱. گروه مهندسی مالی، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران.

۲. گروه حسابداری و مالی، واحد تهران، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران. (نویسنده مسئول). M.meshki@pnu.ac.ir

۳. گروه مدیریت بازرگانی، دانشگاه گیلان، گیلان، ایران.

۱- مقدمه

در کشورهای توسعه یافته اکثر سرمایه‌گذاری‌ها از طریق بازارهای مالی انجام می‌پذیرد. مشارکت فعال افراد جامعه در بورس متضمن حیات بازار سرمایه و توسعه پایدار کشور است. عمده‌ترین مسئله که سرمایه‌گذاران در این بازارها با آن مواجه هستند، تصمیم‌گیری جهت انتخاب اوراق بهادار مناسب برای سرمایه‌گذاری و تشکیل سبد بهینه سهام است (Taghizadeh et al., 2022). در امور مالی، سبد سرمایه‌گذاری مجموعه‌ای از اوراق بهادار است که سرمایه‌گذار آن را برای به حداکثر رساندن ثروت نهایی ایجاد کرده است (Ramezani and Mokhatab Rafiei, 2022). انتخاب سبد سهام نشان می‌دهد که چگونه یک سرمایه‌گذار نقدینگی خود را باتوجه به اهداف کارایی، بازده و ریسک دارایی‌های مختلف برای دستیابی به یک سبد رضایت بخش دارایی‌ها تخصیص می‌دهد. ترکیب یک سبد سرمایه‌گذاری می‌تواند نتیجه تصمیم‌های تصادفی و سرمایه‌گذاری غیر مرتبط یا نتیجه یک برنامه ریزی هدفمند باشد (Adinehvand et al., 2024).

مسئله بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری سهام یک موضوع پیچیده دنیای واقعی است. همچنین این مسئله، موضوعی کاربردی عملی است. در بهینه‌سازی سرمایه را به مجموعه‌ای از دارایی‌ها، باهدف حداکثر کردن سود و کم نمودن احتمال زیان، اختصاص می‌دهیم. این باعث می‌شود که بهینه‌سازی سبد سهام مسئله، چند هدف باشد (Jalalian and Tsang, 2018). برای دستیابی به چنین اهدافی، روش‌ها متنوعی به کار گرفته شده است که یکی از آن روش‌ها استفاده از نظام‌های خبره می‌باشد. نظام‌های خبره امروزه کل فرآیند تصمیم‌گیری را در انتخاب سبد سهام تسهیل می‌کنند. این به دلیل طراحی نظام‌های خبره است که حل مشکلات پیچیده را به وسیله رویکرد قوانین برنامه‌نویسی و اغلب به روشی متفاوت با روش‌های معمول در حل مشکلات، ممکن می‌سازد (Benders and Manders, 1993). یکی از مهم‌ترین دلایل استفاده از نظام‌های خبره به‌ویژه برای مدیران مالی، بهبود پایگاه دانش شرکت یا صندوق‌های سرمایه‌گذاری است (Bauer Jr and Griffiths, 1988). اغلب تصمیم‌ها در سرمایه‌گذاری بر پایه بیش از یک معیار هستند و اغلب متناقض هستند. این امر ناشی از داده‌های متفاوت و متناقض بسیاری است که از بازارهای سهام به دست آمده است که در اصل نشان‌دهنده وجود یک نظام پیچیده است (Lincy and John, 2016). سرمایه‌گذاران همیشه با این سؤالات در سبد سرمایه‌گذاری سروکار دارند:

- چه معیارهایی باید مدنظر قرار گیرند؟
- چه محدودیت‌هایی باید لحاظ شود؟

- بهترین روش حل چیست؟
- چگونه عملکرد نتایج را ارزیابی کنیم؟

در پاسخ به سؤال اول باید گفت که در مدل‌های کلاسیک از میانگین و واریانس به‌عنوان معیارهای تصمیم‌گیری استفاده می‌کردند؛ ولی باتوجه‌به نرمال نبودن بازده، علاوه بر واریانس، از چولگی و کشیدگی نیز برای ارزیابی میزان ریسک استفاده می‌شود. در پاسخ به پرسش دوم، باید به این نکته اشاره شود که بودجه در دسترس، حجم معاملات و آستانه سرمایه‌گذاری، شناخته‌شده‌ترین محدودیت‌ها هستند. در پاسخ به سؤال سوم باید بر این نکته تأکید کرد که در مسائل سرمایه‌گذاری عدم قطعیت وجود دارد و به همین دلیل اغلب از روش‌هایی مانند آمار، احتمال، ریاضیات فازی و نظریه سیستم‌های خاکستری استفاده می‌کنند.

نظریه نظام‌های خاکستری^۱ بخشی از نظام‌های خبره محسوب می‌شود که در فرآیند تصمیم‌گیری استفاده می‌گردند. این نظریه در دهه ۱۹۸۰ توسعه یافت؛ اما امروزه مدل‌های زیادی در حال توسعه است. این به دلیل افزایش نیازهای بسیاری از سرمایه‌گذاران به نظریه نظام‌های خاکستری است که برای رویدادهای نامشخص و فرآیندهای تصمیم‌گیری طراحی شده است که ابهامات بسیاری در آن وجود دارد. از این روی است که مدل‌هایی درون روش نظام‌های خاکستری به وجود آمده است که می‌تواند در مدیریت سبد سرمایه‌گذاری سهام مفید باشد.

تحلیل رابطه خاکستری^۲ بخشی از نظریه نظام‌های خاکستری است که برای رتبه‌بندی گزینه‌ها بر پایه ویژگی‌های آن‌ها توسعه یافته است. این روش، غیرپارامتریک بوده و در مقایسه با دیگر روش‌های پیچیده مدل‌سازی و رتبه‌بندی گزینه‌ها نسبتاً ساده‌تر است و از ذهنیت کمتری نیز در مقایسه با برخی روش‌های بهینه‌سازی برخوردار است. در پاسخ به پرسش چهارم می‌توان گفت استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها^۳ روشی برای مقایسه و ارزیابی عملکرد نتایج حاصل از روش تحلیل رابطه خاکستری و تصادفی است.

مقایسه روش‌های کمی و یافتن بهترین روش، برای انتخاب سبد سرمایه‌گذاری سهام بهینه؛ استفاده از روش‌های نوین فرا مدرن در موضوعات مالی و مقایسه آن‌ها با روش‌های کلاسیک و در نهایت افزایش دقت و کاهش زمان به‌منظور بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری سهام از جمله مواردی است که در بیان ضرورت و اهمیت پژوهش می‌توان بیان داشت. از جنبه نوآوری این پژوهش به دنبال آن است تا

1. Gray Systems Theory (GST)
 2. Gray Relation Analysis (GRA)
 3. Data Envelopment Analysis (DEA)

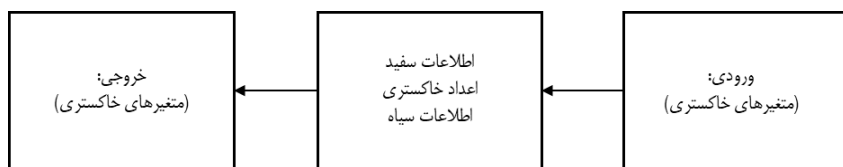
روش تحلیل رابطه خاکستری را به عنوان ابزار جدید برای بهینه‌سازی پویای سبد سرمایه‌گذاری سهام معرفی نماید. در این مطالعه، با بررسی کاربرد تحلیل رابطه خاکستری، تلاش برای ارائه پاسخی مناسب به این پرسش که آیا تحلیل رابطه خاکستری ابزاری مفید برای بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری سهام در بازار اوراق بهادار تهران است یا خیر. سهم ما ارائه مطالعه تجربی است که بازده، ریسک، چولگی و کشیدگی را به طور هم‌زمان در ساخت سبد سرمایه‌گذاری بهینه در بازار اوراق بهادار تهران در نظر می‌گیرد. براین اساس هدف اصلی پژوهش حاضر، بررسی عملکرد روش تحلیل رابطه خاکستری با استفاده از راهبردهای یازده‌تایی جهت بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری سهام و مقایسه آن با روش‌های تصادفی نوع اول و دوم است.

۲- مبانی نظری و پیشینه پژوهش

نظریه نظام خاکستری به این صورت می‌باشد:

بیشتر نظام‌ها از جمله نظام‌های اجتماعی، اقتصادی، کشاورزی، صنعتی و زیست‌محیطی بر پایه زمینه و دامنه موضوع مورد مطالعه آن‌ها نام‌گذاری شده‌اند. اما نام نظام‌های خاکستری بر پایه رنگ موضوع مورد مطالعه انتخاب شده است. یکی از اصطلاح‌های بسیار معروف در این زمینه عبارت جعبه سیاه است که درباره موضوعی به کار می‌رود که روابط و ساختار داخلی آن برای بررسی‌کننده کاملاً ناشناخته است. در این نظریه، واژه سیاه بیان‌گر اطلاعات ناشناخته، واژه سفید بیان‌گر اطلاعات کاملاً شناخته شده و اصطلاح خاکستری، همان گونه که اغلب در ادبیات اشاره شده است، به داده‌های خاکستری اشاره دارد. داده‌های مبهم که اغلب اطلاعات واقعی کمی در مورد آن‌ها داریم، یا محدوده کامل در دسترس نیست (Škrinjaric and Šego, 2018).

شکل (۱) مفهوم یک سامانه خاکستری را به نمایش می‌گذارد:



شکل (۱) نمایش مفهومی یک سیستم خاکستری

Figure (1) Conceptual representation of a gray system

از آنجا که اصلی‌ترین مشخصه یک سامانه خاکستری، کامل نبودن اطلاعات مربوط به آن نظام است؛ لذا این موضوع نقطه اساسی برای آغاز بررسی این گونه نظام‌هاست و هدف اصلی، کشف خصوصیات واقعی این نظام‌ها در وضعیت کمبود اطلاعات است. هدف نظریه نظام‌های خاکستری ایجاد

پلی بین علوم اجتماعی و علوم طبیعی است که در آن، خاکستری به مفهوم فقر اطلاعات، نقص اطلاعات و عدم اطمینان است (Lu and Lin, 2008).

تحلیل خاکستری^۱ و تحلیل رابطه خاکستری^۲ به این صورت می‌باشد:

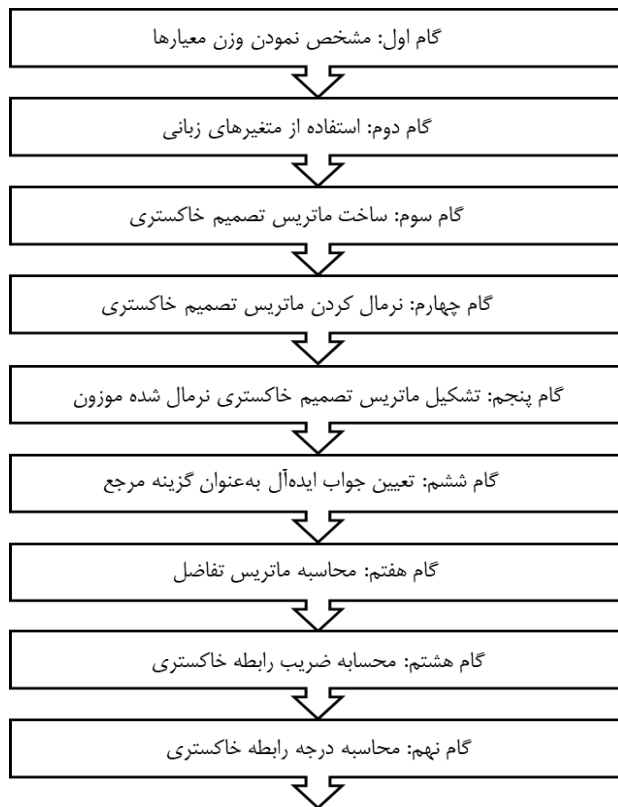
تحلیل خاکستری روشی کمی است که برخلاف روش‌های سنتی ارسطویی به جای اعداد قطعی، از داده‌های فاصله‌ای استفاده می‌کند. نظریه خاکستری دنگ (Deng, 1982) که مطرح شد، یکی از مفاهیم ریاضی است که کاربرد گسترده‌ای در تصمیم‌گیری چندمعیاره یافته است.

این نظریه روشی بسیار موثر در مواجهه با مشکلات عدم اطمینان همراه با اطلاعات ناشناخته و ناکامل است. عموماً، اطلاعات مربوط به ترجیحات تصمیم‌گیرندگان در مورد معیارها و به دلایل مختلف بر پایه قضاوت کیفی آن‌ها بیان می‌شود و همچنین در عمل نیز قضاوت تصمیم‌گیرندگان اغلب نامطمئن بوده و به وسیله مقادیر عددی دقیق قابل بیان نیستند. نظریه خاکستری یکی از روش‌هایی است که برای مطالعه عدم اطمینان و ناکامل بودن اطلاعات به کار می‌رود و استفاده از آن در تحلیل ریاضی نظام‌های با اطلاعات ناقص، روند روبه رشد را دارد. اجزا اصلی تحلیل خاکستری عبارت‌اند از پیش‌بینی خاکستری، تحلیل رابطه خاکستری، تصمیم خاکستری، برنامه‌ریزی خاکستری و کنترل خاکستری. تحلیل رابطه خاکستری یک روش تصمیم‌گیری چند شاخصه است که برای اولویت‌بندی گزینه‌ها بر پایه معیارهای متضاد و متعارض استفاده می‌شود. تحلیل رابطه خاکستری پیش‌بینی کارایی نسبی بین ۰ و ۱ را اندازه‌گیری می‌کند که در آن، یک نشان‌دهنده یک عملیات کارآمد در مقایسه با دیگران در نمونه است و صفر و یک واحد تصمیم‌گیری با نمره‌ای کمتر از ۱ به عنوان ناکارآمد تعریف می‌شود (Nurcan and Deniz Köksal, 2021).

رویه تحلیل خاکستری در شکل (۲) نشان داده شده است.

1. Gary System (GA)

2. Gary Related System (GRA)



شکل (۲) رویه تحلیل خاکستری
Figure (2) Gray analysis procedure

گام اول: مشخص نمودن وزن معیارها. با فرض اینکه تعداد تصمیم‌گیرندگان K نفر است، وزن معیارها را می‌توان با استفاده از رابطه (۱) برآورد کرد:

$$W_1 = \frac{1}{k} [W_i^1 + W_i^2 + \dots + W_i^k]. \quad \text{رابطه (۱)}$$

گام دوم: استفاده از متغیرهای زبانی برای مشخص کردن وضعیت هریک از تأمین‌کنندگان در هرکدام از معیارها. پس از ارزیابی می‌توان ارزش هرکدام از تأمین‌کنندگان را در هر یک از معیارها باتوجه به رابطه (۲) برآورد کرد.

$$G_{ij} = \frac{1}{k} [G_{ij}^1 + G_{ij}^2 + \dots + G_{ij}^k] \quad \text{رابطه (۲)}$$

$$G_{ij}^k = (i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n) \quad \text{رابطه (۳)}$$

عبارت است از ارزش معیار z برای تأمین‌کننده i که تصمیم‌گیرنده K ام مشخص شده است که می‌تواند به وسیله اعداد خاکستری به صورت رابطه (۴) تعریف شود:

$$G_{ij}^k = [G_{ij}^k, \overline{G_{ij}^k}] \quad \text{رابطه (۴)}$$

گام سوم؛ ساخت ماتریس تصمیم خاکستری D به صورت رابطه (۵):

$$D = \begin{bmatrix} G_{11} & G_{12} & G_{1n} \\ G_{21} & G_{22} & G_{2n} \\ G_{m1} & G_{m2} & G_{mn} \end{bmatrix} \quad \text{رابطه (۵)}$$

گام چهارم؛ نرمال کردن ماتریس تصمیم خاکستری به صورت رابطه (۶) به منظور تغییر معیارهای گوناگون مسئله به واحدهای قابل اندازه‌گیری مشترک برای مقایسه معیارها.

$$D = \begin{bmatrix} G_{11}^k & G_{12}^k & G_{1n}^k \\ G_{21}^k & G_{22}^k & G_{2n}^k \\ G_{m1}^k & G_{m2}^k & G_{mn}^k \end{bmatrix} \quad \text{رابطه (۶)}$$

گام پنجم؛ تشکیل ماتریس تصمیم خاکستری نرمال شده موزون. در این گام، باید ماتریس نرمال‌شده مرحله قبل را به شکل رابطه (۷) به ماتریس نرمال‌شده موزون تبدیل کرد.

$$D = \begin{bmatrix} V_{11} & V_{12} & V_{1n} \\ V_{21} & V_{22} & V_{2n} \\ V_{m1} & V_{m2} & V_{mn} \end{bmatrix} \quad \text{Where } V_{ij} = G_{ij}^k \times W_i \quad \text{رابطه (۷)}$$

گام ششم؛ تعیین پاسخ ایده‌آل به عنوان گزینه مرجع. برای m گزینه موردبررسی، جواب ایده‌آل می‌تواند به صورت رابطه (۸) محاسبه شود:

$$S^{\max} = \left\{ \begin{bmatrix} \max_{1 \leq i \leq m} \underline{v_{i1}}, \max_{1 \leq i \leq m} \overline{v_{i1}} \\ \max_{1 \leq i \leq m} \underline{v_{i2}}, \max_{1 \leq i \leq m} \overline{v_{i2}} \\ \vdots \\ \max_{1 \leq i \leq m} \underline{v_{in}}, \max_{1 \leq i \leq m} \overline{v_{in}} \end{bmatrix} \right\} \quad \text{رابطه (۸)}$$

گام هفتم؛ محاسبه ماتریس تفاضل. در این مرحله باید فاصله هر گزینه را از پاسخ ایده‌آل به دست آورد. برای به دست آوردن ماتریس تفاضل می‌توان از رابطه (۹) استفاده کرد:

$$\overline{\Delta_{ij}} = \left\{ \left[\max_{1 \leq i \leq m} \underline{v_{ij}} - v_{ji} \right], \left[\max_{1 \leq i \leq m} \overline{v_{ij}} - \overline{v_{ji}} \right] \right\} \quad \text{رابطه (۹)}$$

گام هشتم؛ محاسبه ضریب رابطه خاکستری. برای محاسبه ضریب رابطه خاکستری می‌توان از رابطه (۱۰) استفاده کرد.

$$\gamma_{ij} = \gamma(x_0^{(n)}, x_i^{(n)}) = \frac{i^{min} j^{min} \Delta_{ij} + (\varepsilon \times i^{max} j^{max} \Delta_{ij})}{\Delta_{ij} + (\varepsilon \times i^{max} j^{max} \Delta_{ij})} \quad \text{رابطه (۱۰)}$$

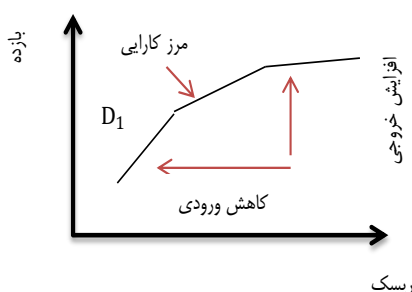
گام نهم: محاسبه درجه رابطه خاکستری. در این مرحله با استفاده از رابطه (۱۱)، درجه رابطه خاکستری هریک از گزینه‌ها را به دست می‌آوریم.

$$\gamma_{ij} = \gamma(x_0, x_i) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \gamma_{ij} \quad i = 1, 2, 3, \dots, m \quad \text{رابطه (۱۱)}$$

تحلیل پوششی داده‌ها^۱ به این صورت می‌باشد:

در پاسخ به پرسش چهارم می‌توان بیان کرد که استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها روشی جهت مقایسه و ارزیابی عملکرد نتایج حاصل از روش تحلیل رابطه خاکستری و روش‌های بنچمارک (کلاسیک) است. روش تحلیل پوششی داده‌ها، روشی ناپارامتریک است که کارایی نسبی مجموعه واحدهای تصمیم‌گیرنده^۲ را با استفاده از ورودی‌ها و خروجی‌های مربوط به آن‌ها محاسبه می‌کند و واحدهای موردبررسی را در گروهی کارا و ناکارا طبقه‌بندی می‌کند (Edirisinghe and Zhang, 2008).

شکل (۳) مفهوم بنیادین تحلیل پوششی داده‌ها و چگونگی تشکیل مرز کارایی (مرز بهترین عملکرد^۳) را توسط روش مذکور نشان می‌دهد. محور عمودی نشان‌دهنده بازده سهام است که به‌عنوان متغیر خروجی در نظر گرفته شده است و محور افقی ریسک مربوط به سهام واحدهای تصمیم‌گیرنده را به‌عنوان متغیر ورودی روش تحلیل پوششی داده‌ها نشان می‌دهد.



شکل (۳) تشکیل مرز کارا توسط روش تحلیل پوششی داده‌ها

Figure (3) Formation of efficient frontier by data envelopment analysis method

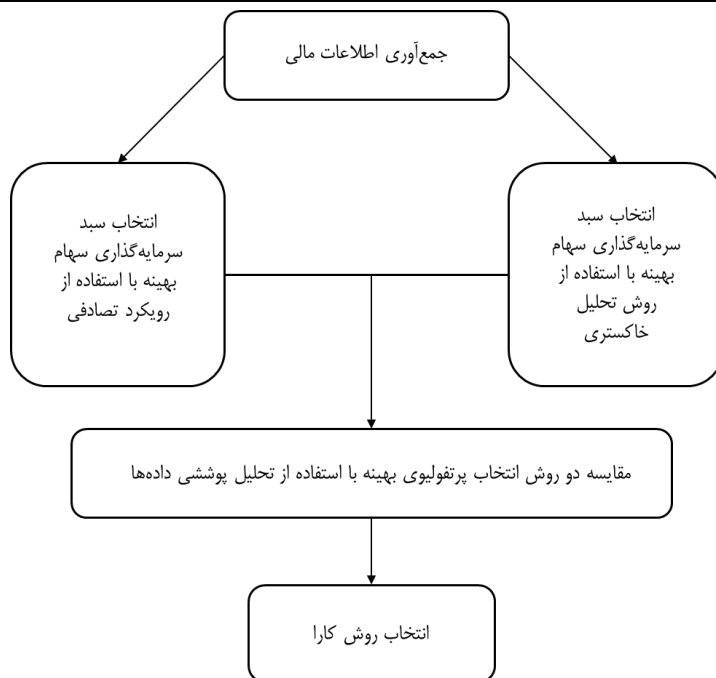
شکل (۳) نشان می‌دهد که روش تحلیل پوششی داده‌ها می‌تواند با استفاده از دو رویکرد به مرکز کارایی راهنمایی نماید. در رویکرد اول که خروجی محور نامیده می‌شود، خروجی‌ها ثابت نگه‌داشتن می‌شوند و برای رسیدن به مرز کارا، ورودی‌ها کاهش می‌یابد. رویکرد بعدی رویکرد ورودی محور است که در آن برای رسیدن به مرز کارا، ورودی ثابت نگه‌داشته و خروجی‌ها افزایش داده می‌شود (Khajavi and Ghayuri Moqaddam, 2013).

به روش ریاضی تحلیل پوششی داده با استفاده از رابطه (۱۲) قابل‌ارائه است:

$$RE_{DMU_0} = \frac{\sum_{r=1}^s U_r y_{ro}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{io}} \quad \text{رابطه (۱۲)}$$

U و V به ترتیب نشان‌دهنده خروجی‌ها و ورودی‌ها زیدوند ورودی‌ها، r زیدوند خروجی‌ها، O واحد تحت بررسی، s تعداد خروجی‌ها و m تعداد ورودی‌هاست (Moradi, 2012). مراحل کلی برای انجام تحلیل پوششی داده به‌این‌ترتیب است که ابتدا ورودی و خروجی را مشخص می‌کنیم و شاخص‌های ارزیابی را تعیین می‌نماییم، سپس اقدام به تفکیک ستانده‌ها و نهاده‌ها نموده و در ادامه، با نشان‌دادن مقادیر مشخصه‌ها برای هریک از اهداف، تحلیل و تفسیر نتایج انجام می‌شود.

در پژوهش حاضر، هم‌زمانی کاهش ورودی و افزایش خروجی برای ما دارای اهمیت دارد؛ از این‌رو از مدل جمعی استفاده می‌نماییم. مدل جمعی، مدلی است که هم‌زمان کاهش ورودی‌ها و افزایش خروجی‌ها را مدنظر قرار می‌دهد. مدل مفهومی پژوهش به شرح **شکل (۴)** می‌باشد:



شکل (۴) الگوریتم مدل پژوهش
Figure (4) Algorithm of research model

باتوجه به مدل مفهومی فوق فرضیه‌ای که این پژوهش به دنبال بررسی آن است، به این شرح می‌باشد:

در صنایع مورد بررسی (سرمایه‌گذاری‌ها، مواد شیمیایی، بانک‌ها، فرآورده‌های نفتی و آهن و فولاد) بین سبد سهام ایجادشده با استفاده از راهبردهای تحلیل رابطه خاکستری و سبد سهام ایجادشده توسط رویکرد تصادفی تفاوت معنی‌دار وجود دارد.

در این بخش به چند نمونه از پژوهش‌های انجام‌شده در این زمینه اشاره می‌شود: هاگ و یانگ (Huang and Yang, 2004)، در پژوهش خود از روش پیش‌بینی موج خاکستری برای برآورد حجم کسب‌وکار چین استفاده کردند. آن‌ها نشان دادند که استفاده از مدل‌های خاکستری در مقایسه با برخی رویکردهای معمولی میانگین متحرک اتورگرسیون^۱ در پیش‌بینی سری نرخ ارز دلار آمریکا دقیق‌تر است.

اشکرینجاریچ (Škrinjaric, 2020)، در پژوهش خود به ارزیابی تجربی احتمالات ساختار مجدد سبد سهام پویا باتوجه به نتایج حاصل از رتبه‌بندی سهام با استفاده از رویکرد تحلیل رابطه خاکستری

پرداخت. همچنین از روش تحلیل پوششی داده‌ها، جهت مقایسه راهبردهای سرمایه‌گذاری بر پایه نظریه مالی استفاده نمود. نتایج نشان داد که با تمرکز بر برخی جنبه‌های توزیع بازده در مقایسه با دیگر روش‌ها، روش تحلیل خاکستری ابزاری مفید برای تسهیل تحلیل است؛ بنابراین راهبردهای مبتنی بر نتایج خاکستری می‌توانند به نتایج بهتر در مقایسه با روش‌های تحلیل پارامتریک منجر شوند.

رضانی و مخاطب رفیعی (Ramezani and Mokhtab Rafiei, 2022)، در پژوهش خود از رویکرد تحلیل رابطه‌ای خاکستری برای انتخاب سبد سرمایه‌گذاری سهام استفاده نمودند. بازده، ریسک، چولگی و کشیدگی در همان زمان به‌عنوان معیارهای انتخاب در ساخت انتخاب سبد سرمایه‌گذاری سهام استفاده شد. آنها در پژوهش خود، ۱۴ سهام صنایع مختلف مانند فلزات، بانک‌ها، مؤسسات مالی، سازندگان خودرو، حمل‌ونقل و نفت از سی شرکت بزرگ فعال در بورس اوراق بهادار تهران به طور تصادفی انتخاب و تمامی لحظات ذکرشده در بالا برای هر سهم محاسبه نمودند. سپس سبد سرمایه‌گذاری سهام به‌صورت پویا هر هفته بر اساس رتبه‌بندی هفته قبل بازسازی گردید. نتیجه حاصل از تحلیل نشان داد که روش انتخاب‌شده در مقایسه با بنچمارک‌ها از نظر بازده، انحراف معیار و نسبت شارپ عملکرد بهتری دارد.

سیلوا و همکاران (Silva et al., 2023)، در پژوهش خود از طریق روش هم‌بستگی میان معیاری CRITIC و تحلیل رابطه خاکستری، مدل جدیدی با عنوان CRITICGRA برای ارزیابی گزینه‌های سرمایه‌گذاری در بازار بورس اوراق بهادار برزیل پیشنهاد دادند. برای این کار ۱۹۰ شرکت به‌عنوان گزینه‌های سرمایه‌گذاری انتخاب شدند. برای ارزیابی عملکرد، مدل جدید با مدل ریسک و بازده شارپ مقایسه قرار گرفت. نتیجه بررسی حاکی از برتری مدل جدید تلفیقی نسبت به مدل شارپ بود.

۳- روش‌شناسی پژوهش

این پژوهش از نوع علمی و کاربردی است. در این پژوهش با استفاده از روش ترکیبی تحلیل رابطه خاکستری و تحلیل پوششی داده‌ها، به مقایسه راهبردهای سرمایه‌گذاری بر پایه نظریه مالی پرداخت شده است. این مقایسه‌ها می‌تواند به سرمایه‌گذاران کمک کند تا با توجه به اولویت‌های سرمایه‌گذاری خود، اهداف سرمایه‌گذاری خود را به طور مؤثرتر، در زمان سریع‌تر و با در نظر گرفتن هزینه‌های معامله کمتر به سرانجام برسانند.

در این پژوهش، برای جمع‌آوری مبانی نظری موضوعی مرتبط با پژوهش، از روش مطالعه کتابخانه استفاده شده است. داده‌های موردنیاز برای تحلیل داده‌ها نیز از طریق سایت‌های مالی از جمله سایت بورس اوراق بهادار تهران، بورس ویو و نرم‌افزارهای مالی از جمله ره‌آورد نوین استخراج گردید. به‌منظور

گردآوری اطلاعات، با مراجعه به کتب و مقالات و پایان‌نامه‌ها اطلاعات لازم برای این بخش جمع‌آوری شد. همچنین برای گردآوری داده‌های موردنیاز از روش اسنادکاوی استفاده شد.

جامعه پژوهش شامل کلیه شرکت‌های حاضر در بورس اوراق بهادار تهران در فاصله زمانی اجرای پژوهش است. نمونه پژوهش شامل شرکت‌های حاضر در پنج صنعت برتر در بورس اوراق بهادار است که با در نظر گرفتن این ملاحظات انتخاب شده است:

این پنج صنعت در سال شروع پژوهش، بیشترین ارزش بازاری را دارند (صنایع انتخابی در سال‌های بعد بدون تغییر باقی می‌مانند و سبد سرمایه‌گذاری سهام انتخابی در میان این پنج صنعت متغیر می‌شود). دوره پژوهش پنج‌ساله در نظر گرفته شده است (سال‌های ۱۳۹۸ تا ۱۴۰۲) و شرکت‌های بررسی‌شده در صنایع پنج‌گانه باید ضرورتاً در دوره مورد مطالعه، عضو بورس اوراق بهادار تهران باشند و سهام آن معامله قرار گیرد. برای رسیدن به پایایی و روایی بهتر، پنج صنعت انتخابی حداقل ده شرکت در دوره مطالعه باشند. با در نظر گرفتن موارد ذکر شده، **جدول (۱)** برای مطالعه انتخاب شده است.

جدول (۱) نمونه مورد بررسی پژوهش

Table (1) Research sample

ردیف	عنوان صنعت	تعداد شرکت‌های مورد مطالعه	تعداد کل شرکت‌ها در دوره مورد بررسی
۱	سرمایه‌گذاری‌ها	۸۱	۱۰۱
۲	مواد شیمیایی	۳۳	۴۲
۳	بانک‌ها	۱۷	۲۱
۴	فرآورده‌های نفتی	۱۰	۱۲
۵	آهن و فولاد	۱۹	۲۴
	جمع کل	۱۶۰	۲۰۰

در این پژوهش برای انجام تحلیل‌های مرتبط با توصیف آماری و تست نرمال بودن از نرم‌افزار ایویوز استفاده شده است. جهت انجام تحلیل رابطه خاکستری و رتبه‌بندی سبدهای سرمایه‌گذاری سهام از برنامه طراحی‌شده توسط تیم مشاوره^۱ که در قالب صفحه گسترده اکسل^۲ است، بهره گرفته شده است. در نهایت به منظور آزمون فرضیه با استفاده از روش تحلیل پوششی داده، از نرم‌افزار (به صورت برخط از سایت سافت گستر^۳) استفاده شده است.

هدف اصلی پژوهش مقایسه عملکرد سبد سرمایه‌گذاری سهام بر پایه الگوریتم رابطه خاکستری بر پایه راهبردهای ۱۱ گانه با رویکرد تصادفی شامل تصادفی نوع ۱ و تصادفی نوع ۲ است. مدلی که در پژوهش حاضر برای رتبه‌بندی سهام برای انتخاب سبد سرمایه‌گذاری سهام بهینه با استفاده از تحلیل رابطه خاکستری استفاده می‌شود به شرح [رابطه \(۱۳\)](#) می‌باشد:

$$GRDm, t = \sum_{k=1}^k W_k G m(K)t \quad \forall m, \sum_{k=1}^k W_k G = 1 \quad \text{رابطه (۱۳)}$$

که در آن (K) داده‌های توالی رفتاری روی جایگزین (m) در زمان (t) است. ارزش بیشتر در [رابطه \(۱۳\)](#) برای یک سهم نسبت به سهم دیگر رتبه بهتری می‌دهد.

برای انتخاب سبد سرمایه‌گذاری سهام بهینه با استفاده از رویکردهای تصادفی، از [رابطه \(۱۴\)](#) استفاده شده است:

$$R = (P_1 \times W_1) + (P_2 \times W_2) + \dots + (P_n \times W_n), W_1 + \dots + W_n = 1 \quad \text{رابطه (۱۴)}$$

رویکرد تصادفی ۱ به این شرح می‌باشد:

رابطه محاسباتی مشابه [رابطه \(۱۴\)](#) با این تفاوت که هر هفته وزن‌ها به صورت تصادفی تغییر می‌یابند.

رویکرد تصادفی ۲ به این شرح می‌باشد:

رابطه محاسباتی مشابه [رابطه \(۱۴\)](#) با این تفاوت که در هفته اول وزن‌ها به صورت تصادفی تعیین می‌شوند و پس از آن، وزن ثابت می‌ماند.

همچنین راهبردهای مرتبط با تحلیل رابطه خاکستری و رویکرد تصادفی به این صورت می‌باشد: در راهبرد ۱، وزن‌های برابر در [رابطه \(۱۳\)](#) به هر چهار گشتاور (بازده متوسط، انحراف معیار، چولگی و کشیدگی) در هفته داده می‌شود و در بهترین بخش سرمایه‌گذاری انجام می‌شود. در راهبرد ۲، وزن برابر در [رابطه \(۱۳\)](#) به سه گشتاور (بازده متوسط، انحراف معیار و چولگی) اول هر هفته داده می‌شود و در بهترین بخش سرمایه‌گذاری انجام می‌شود.

در راهبرد ۳، وزن برابر در [رابطه \(۱۳\)](#) به دو گشتاور (بازده متوسط و انحراف معیار) هر هفته داده می‌شود و در بهترین بخش سرمایه‌گذاری انجام می‌شود.

در راهبرد ۴، بیشترین وزن (معادل ۵۰ درصد) در [رابطه \(۱۳\)](#) به گشتاور اول (بازده متوسط) داده می‌شود، درحالی که ۵۰ درصد دیگر به طور برابر در سه گشتاور دیگر توزیع می‌شود و در بهترین بخش سرمایه‌گذاری انجام می‌شود.

در راهبرد ۵، وزن بیشتر در [رابطه \(۱۳\)](#) به گشتاور دوم (انحراف معیار) به میزان ۵۰ درصد داده می‌شود، درحالی که ۵۰ درصد دیگر به طور برابر در سه گشتاور دیگر توزیع می‌شود و در بهترین بخش سرمایه‌گذاری انجام می‌شود.

در راهبرد ۶، وزن بیشتر در [رابطه \(۱۳\)](#) به گشتاور سوم (ضریب چولگی) به مقدار ۵۰ درصد داده می‌شود، درحالی که ۵۰ درصد دیگر به طور برابر در سه گشتاور دیگر توزیع شده و در بهترین بخش سرمایه‌گذاری انجام می‌شود.

در راهبرد ۷، وزن بیشتر در [رابطه \(۱۳\)](#) به گشتاور چهارم (ضریب کشیدگی) به مقدار ۵۰ درصد داده می‌شود، درحالی که ۵۰ درصد دیگر به طور برابر در سه گشتاور دیگر توزیع شده و در بهترین بخش سرمایه‌گذاری انجام می‌شود.

در راهبرد ۸، ۱۰۰ درصد وزنی در [رابطه \(۱۳\)](#) تنها به گشتاور اول داده می‌شود و در بهترین بخش سرمایه‌گذاری انجام می‌شود.

در راهبرد ۹، وزن ۱۰۰ درصد در [رابطه \(۱۳\)](#) تنها به گشتاور دوم داده می‌شود و در بهترین بخش سرمایه‌گذاری انجام می‌شود.

در راهبرد ۱۰، وزن ۱۰۰ درصد در [رابطه \(۱۳\)](#) تنها به گشتاور سوم داده می‌شود و در بهترین بخش سرمایه‌گذاری انجام می‌شود.

در راهبرد ۱۱، وزن ۱۰۰ درصد در [رابطه \(۱۳\)](#) تنها به گشتاور چهارم داده می‌شود و در بهترین بخش سرمایه‌گذاری انجام می‌شود.

مراحل اجرای پژوهش به این صورت می‌باشد:

- جمع‌آوری داده‌های خام با در نظر گرفتن ملاحظات مربوط به نمونه پژوهش.
- تجزیه و تحلیل توصیفی داده‌ها.
- سازمان‌دهی داده‌ها جهت ورود به نرم‌افزارهای تحلیل گر.
- انجام آزمون تحلیل رابطه خاکستری برای بازه زمانی.

روش تجزیه و تحلیل رابطه خاکستری برای انتخاب سبد سرمایه‌گذاری سهام بهینه به این صورت است که در مرحله اول داده‌های محاسبه شده از پیش (حداقل و حداکثر هر صنعت در هفته اول) برای گشتاورهای پژوهش در نرم‌افزار وارد می‌شود. در مرحله دوم، وزن‌بندی گشتاورها مطابق با راهبرد ۱۱ گانه برای هفته اول صورت می‌گیرد. سپس با استفاده از مراحل یک و دو رتبه‌بندی صنایع برای تشکیل سبد سرمایه‌گذاری سهام بهینه انجام خواهد شد. سپس، در ابتدای هفته بعد، سرمایه‌گذار سبد

سرمایه‌گذاری سهام خود را بر پایه رتبه‌بندی‌های هفته گذشته بازسازی می‌کند؛ بنابراین کل روند سرمایه‌گذاری پویا است و رتبه‌بندی‌ها هر هفته برای رتبه هفته بعدی ارزیابی می‌شوند. نکته اینکه، هر راهبرد با در نظر گرفتن هزینه‌های معامله شبیه‌سازی می‌شود. فرض بر این است که هزینه‌های معامله برابر ۱ درصد ارزش تراکنش است.

محاسبه روش‌های تصادفی به این صورت می‌باشد:

مقایسه راهبرد بر پایه تحلیل رابطه خاکستری با رویکرد تصادفی با استفاده از تحلیل پوششی داده و ارزیابی نتایج با استفاده از نرم‌افزار سافت گستر.

انجام آزمون برای فرضیه پژوهش به این صورت می‌باشد:

در نهایت با استفاده از نتایج حاصل از تحلیل پوششی داده، اقدام به بررسی فرضیه پژوهش می‌شود. برای این منظور از آزمون یو من ویتنی^۱ که از طریق نرم‌افزار اس پی اس^۲ قابل انجام است استفاده شد. این آزمون از گروه روش‌های ناپارامتریک است و برای تطبیق بین دو گروه مستقل استفاده می‌گردد. به کمک آزمون یو من ویتنی می‌توانیم جدایی یا وابستگی بین این دو گروه یا جامعه را بررسی کنیم.

۴- تجزیه و تحلیل داده‌ها

نتایج حاصل از تحلیل توصیفی و آزمون‌های نرمال بودن (جارک برا) داده‌های جمع‌آوری شده در پنج صنعت (با استفاده از نرم‌افزار ایویوز) در **جدول (۲)** ارائه شده است:

جدول (۲) آمار توصیفی پژوهش

Table (2) Descriptive research statistics

عنوان	نتایج بخش سرمایه‌گذاری‌ها	نتایج بخش شیمیایی	نتایج بخش بانک و مؤسسات مالی	نتایج بخش فراورده‌های نفتی	نتایج بخش آهن و فولاد
میانگین	۱۴/۷۱۰۲۴	۱۴/۹۸۷۹۱	۴/۹۲۴۳۳۲	۱۶/۴۰۹۹۲	۱۶/۵۵۱۱۳
میانه	۵/۵۰۲۰۱۸	۷/۰۱۳۳۷۱	۳/۷۳۶۹۴۱	۴/۰۱۶۷۳۴	۸/۹۸۸۲۱
بیشترین	۱۵۹/۶۸۱۲	۱۷۳/۱۴۸۵	۱۶/۰۹۵۰۲	۱۴۷/۵۲۰۵	۷۵/۷۹۹۴۷
کمترین	-۰/۵۱۴۴۹۸	۰/۲۲۳۷۷۶	۰/۰۷۵۹۳۱	۰/۸۰۰۶۱۷	۰/۶۷۶۰۵۱
انحراف معیار	۲۶/۹۳۶۴۷	۳۱/۱۹۵۵۴	۴/۵۰۹۴۸۹	۴۱/۴۲۹۱۷	۱۹/۲۶۸۴۷
چولگی	۳/۲۵۲۸۴۷	۴/۵۵۵۷۱۲	۰/۷۵۱۹۰۰	۲/۹۷۹۳۲۷	۲/۰۱۱۵۱۰
کشیدگی	۱۴/۴۷۶۵۶	۲۳/۵۹۵۵۸	۷۵۸۷۶۹/۲	۹/۹۵۸۱۱۴	۶/۳۰۲۶۶۸
جارک - برا	۵۸۰/۱۱۸۱	۶۳۳/۹۹۵۱	۱/۹۳۳۰۰۴	۴۱/۹۶۰۴۶	۲۰/۱۹۲۴

1. Mann-Whitney U

2. SPSS

احتمالات	۰/۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰	۰/۳۸۰۴۱۱	۰/۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۳۹
مشاهدات	۸۱	۳۳	۱۷	۱۰	۱۹

همان‌طور که در جدول (۲) مشاهده می‌شود، در دوره مورد مطالعه، بخش آهن و فولاد بیشترین بازده را داشته و بخش‌های فراورده‌های نفتی مواد شیمیایی و سرمایه‌گذاری در مرحله بعدی قرار دارند. بخش بانک‌ها و مؤسسات مالی با اختلاف در رتبه آخر قرار گرفته است. حداکثر بازده مربوط به صنایع شیمیایی و حداقل آن مربوط به بانک‌ها و مؤسسات است. بالاترین ریسک نیز مربوط به بخش شیمیایی است و پایین‌ترین آن مربوط به بخش بانک‌ها و مؤسسات است. همچنین نتایج حاصل از آزمون نرمال بودن نمونه آماری بیان‌گر غیر نرمال بودن داده‌هاست؛ بنابراین برای اینکه نتایج دارای پایایی و روایی مناسب باشند، لازم است اقدام به نرمال‌سازی داده‌ها نمود که این کار در فرآیند تحلیل رابطه خاکستری انجام خواهد شد.

در جدول (۳) نتایج حاصل از تحلیل خاکستری و رویکردهای تصادفی ارائه شده است:

جدول (۳) نتایج حاصل از تحلیل رابطه خاکستری

Table (3) Results from gray relation analysis

راهبرد	بهترین صنعت طی دوره	تعداد هفته برتر جهت سرمایه‌گذاری
راهبرد ۱	سرمایه‌گذاری	۱۰۳
راهبرد ۲		
راهبرد ۳		
راهبرد ۴		
راهبرد ۵		
راهبرد ۶		
راهبرد ۷		
راهبرد ۹		
راهبرد ۸		۲۵۴
راهبرد ۱۰	بانک و مؤسسات مالی	۶۳
راهبرد ۱۱		۶۳
تصادفی نوع ۱	همه	۲۵۸
تصادفی نوع ۲		

نتایج جدول (۳) نشان می‌دهد صنایع برتر در روش‌های تحلیل رابطه خاکستری و رویکردهای تصادفی متفاوت است. به‌گونه‌ای که مطابق راهبردهای ۱ تا ۷ و ۹، بهترین صنعت برای تشکیل سبد سرمایه‌گذاری بهینه سهام بخش سرمایه‌گذاری‌هاست و مطابق راهبردهای ۸، ۱۰ و ۱۱، بهترین صنعت برای تشکیل سبد سرمایه‌گذاری بهینه سهام، بخش بانک‌ها و مؤسسات مالی است. همچنین روش‌های تصادفی سرمایه‌گذاری در همه صنایع را با توجه به اوزان تعریف‌شده مناسب می‌دانند. برای اینکه مشخص شود کدام‌یک از روش‌ها، از کارایی بیشتری برخوردار است، از روش تحلیل پوششی داده استفاده شد. در جدول (۴) نتایج حاصل از تحلیل پوششی داده‌ها برای ۱۴ گزینه ارائه شده است:

جدول (۴) نتایج حاصل از تحلیل پوششی داده‌ها

Table (4) Results from data envelopment analysis

رتبه	گزینه	تعداد هفته‌های کارا	تعداد هفته‌های ناکارا	تعداد کل هفته‌ها
۱	استراتژی ۷	۲۳۵	۲۳	۲۵۸
۲	استراتژی ۹			
۳	استراتژی ۱۰			
۴	استراتژی ۱۱			
۵	استراتژی ۱	۲۳۴	۲۴	
۶	استراتژی ۲			
۷	استراتژی ۳			
۸	استراتژی ۴			
۹	استراتژی ۵			
۱۰	استراتژی ۶			
۱۲	استراتژی ۸	۱۶۳	۹۵	
۱۱	تصادفی نوع ۲	۷۴	۱۸۴	
۱۳	تصادفی نوع ۱	۳۶	۲۲۲	

نتایج جدول (۴) نشان می‌دهد که راهبردهای تحلیل رابطه خاکستری کارایی بیشتری در مقایسه با روش‌های تصادفی دارند. جهت بررسی صحت نتایج و همچنین فرضیه پژوهش از آزمون یو من ویتی به استفاده شد. جهت اجرای این آزمون از نرم‌افزار اس پی اس اس استفاده شد. آزمون فرضیه پژوهش به این صورت می‌باشد:

H_0 : بین کارایی سبد سرمایه‌گذاری سهامی ایجادشده با استفاده از راهبردهای تحلیل رابطه خاکستری و روش‌های تصادفی تفاوت معنادار وجود ندارد.

H_1 : بین کارایی سبد سرمایه‌گذاری سهامی ایجادشده با استفاده از راهبردهای تحلیل رابطه خاکستری و روش‌های تصادفی تفاوت معنادار وجود دارد.

جدول (۵) آماره‌های توصیفی فرضیه

Table (5) Descriptive statistics of the hypothesis

متغیر	تعداد	میانگین	انحراف معیار	کمترین	بیشترین
کارایی	۱۳	۲۰۱/۳۸	۶۸/۳۲۶	۳۶	۲۳۵
راهبرد	۱۳	۱/۱۵	۰/۳۷۶	۱/۰۰	۲

جدول (۶) رتبه‌بندی راهبردها

Table (6) Ranking strategies

متغیر (BENCH یا GRA)	تعداد	میانگین رتبه	جمع رتبه
حادثه	۲	۱/۵۰	۳/۰۰
روش تحلیل رابطه خاکستری	۱۱	۸/۰۰	۸۸/۰۰
جمع	۱۳	-	-

جدول (۷) آزمون فرضیه

Table (7) Hypothesis testing

آزمون	پرتفوی
Mann-Whitney U	۰/۰۰
Wilcoxon W	۳/۰۰
Z	-۲/۳۰۱
Asymp. Sig. (2-tailed)	۰/۰۲۱

نتایج جدول (۷) نشان می‌دهد که سطح معناداری برابر ۰/۰۲۱ است؛ بنابراین در سطح اطمینان ۹۵ درصد می‌توان نتیجه گرفت؛ شواهد مبنی بر پذیرش ادعا وجود دارد. به عبارت دیگر فرضیه پژوهش که ادعا می‌کرد تفاوت معناداری در استفاده از راهبردهای تحلیل رابطه خاکستری و روش تصادفی در تشکیل سبد سرمایه‌گذاری سهام بهینه وجود دارد، تأیید می‌شود. این تحلیل با نتایج ارائه‌شده در جدول (۴) نیز مطابقت دارد. به این ترتیب راهبردهای تحلیل رابطه خاکستری در رتبه‌های بالاتر از راهبردهای تصادفی قرار دارند.

۵- بحث و نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از پژوهش نشان می‌دهد بین سبد سرمایه‌گذاری سهامی ایجادشده با استفاده از راهبردهای تحلیل رابطه خاکستری و رویکرد تصادفی تفاوت معناداری وجود دارد. راهبردهای مربوط به تحلیل رابطه خاکستری کارایی بیشتری نسبت به راهبردهای مربوط به رویکرد تصادفی دارند. در راهبردهای مرتبط با تحلیل رابطه خاکستری هدف، سرمایه‌گذاری در بهترین بخش (باتوجه به تخصیص درصد وزن سرمایه‌گذاری به گشتاورهای اول تا چهارم) است؛ درحالی که در راهبردهای تصادفی به طور متناسب، سرمایه‌گذاری در همه بخش‌ها صورت می‌گیرد. در میان راهبردها، تحلیل رابطه خاکستری نیز راهبردهای ۷، ۹، ۱۰ و ۱۱ بیشترین کارایی را دارند (جدول ۴). به‌طور کلی نتایج حاصل از پژوهش نشان می‌دهد زمانی که هدف، سرمایه‌گذاری در بهترین بخش است، الگوریتم رابطه خاکستری روشی کارآمدتر از رویکرد تصادفی است. نتیجه پژوهش مشابه نتایج حاصل از کار انجام‌شده توسط اشکرینجاریچ (Škrinjaric, 2020) می‌باشد. او در پژوهش خود به این نتیجه رسید که استفاده از روش تحلیل رابطه خاکستری عملکرد بهتری نسبت به روش‌های بنچمارک دارد. همچنین نتیجه پژوهش با نتیجه پژوهش رضانی و مخاطب رفیعی (Ramezani and Mokhtab Rafiei, 2022) مطابقت دارد. آنها در پژوهش خود به این نتیجه رسیدند که روش تحلیل رابطه خاکستری در مقایسه با بنچمارک‌ها از نظر بازده، انحراف معیار و نسبت شارپ عملکرد بهتری دارد. و درنهایت نتیجه پژوهش با نتیجه کار سیلوا و همکاران (Silva et al., 2023) نیز مشابه است. سیلوا و همکاران در پژوهش خود برای انتخاب سبد سرمایه‌گذاری سهام، از طریق روش هم‌بستگی میان معیاری (CRITIC) و تحلیل رابطه خاکستری، مدل جدیدی با عنوان (CRITICGRA) ایجاد کردند و نشان دادند که روش تلفیقی عملکرد بهتری از مدل شارپ به‌عنوان مدل کلاسیک دارد.

از منظر پیشنهاد برای پژوهش‌های آتی، از آنجا که پنج بخش‌برتر برای سرمایه‌گذاری در این پژوهش بعد از سال اول تغییر پیدا نکرده است؛ لذا پژوهش‌گران می‌توانند هر سال پنج بخش‌برتر را تغییر دهند. همچنین می‌توانند وزن‌های اختصاص یافته به راهبردها را در هر دوره بازبینی کنند و این بازبینی می‌تواند بر پایه اولویت‌های سرمایه‌گذار در دوره جدید باشد و در پایان، پژوهش‌گران می‌توانند به‌جای گشتاورهای بازده، از سایر مفروض‌های مرتبط با نظریه مالی بهره جست.

برخی محدودیت‌های پژوهش حاضر به این صورت می‌باشد:

در این پژوهش تنها راهبردهای ساده تعریف و به کار گرفته شدند. به این معنی که به‌منظور دستیابی به نتایج اولیه، ساده‌سازی در اولویت‌ها و اهداف سرمایه‌گذار صورت گرفت. وزن‌هایی که به راهبردهای تحلیل رابطه خاکستری داده شد، در طول ۲۵۸ هفته ثابت بودند. در این پژوهش فقط به

گشتاورهای توزیع بازده توجه شد. پنج صنعتی که در این پژوهش بررسی شدند، صنایعی بودند که در ابتدای دوره مورد مطالعه بیشترین ارزش را داشتند. این پنج صنعت تا پایان دوره بدون تغییر باقی ماندند.

۶- تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان بیان نشده است.

۷- منابع

- Adinehvand, D., Razini Rahmani, E.A., Khoddam, M., Ohadi, F., & Hashemizadeh, E. S. (2024). Examining the efficiency of optimization models of multi objective genetic algorithm and particle swarm algorithm under the risk criteria of conditional value at risk and mean smai variance in determining the optimal stock portfolio. *Advances in Finance and Investment*, 4(4), 65-92. [In Persian]
- Bauer Jr, R. J., & Griffiths, M. D. (1988). Evaluating expert system investment: An introduction to the economics of knowledge. *Journal of Business Research*, 17(2), 223-233.
- Benders, J., & Manders, F. (1993). Expert systems and organizational decision-making. *Information & management*, 25(4), 207-213.
- Deng, J. L. (1982). Control problems of grey systems. *Systems & control letters*, 1(5), 288-294.
- 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.
- Huang, Y. P., & Yang, H. P. (2004). Using hybrid grey model to achieve revenue assurance of telecommunication companies. *Journal of grey system*, 7(1), 38-49.
- Jalalian, H., & Tsang, E. (2018). An Investigation into the Noisy Portfolio Optimization Problem abstract. *Second National Management Conference and Fuzzy Systems*.
- Khajavi, S., & Ghayuri Moqaddam, A. (2013). 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]
- Lincy, R. M. G., & John, J. C. (2016). A multiple fuzzy inference systems framework for daily stock trading with application to NASDAQ stock exchange. *Expert Systems with Applications*, 44, 13-21.
- Lu, I. J., Lin, S. J., & Lewis, C. (2008). Grey relation analysis of motor vehicular energy consumption in Taiwan. *Energy Policy*, 36(7), 2556-2561.

- Moradi, L. (2012). *Investigating road traffic accidents in Fars province using gray system theory* (Master Thesis, Shiraz University). [In Persian]
- Nurcan, E., & Deniz Köksal, C. (2021). Determination of financial failure indicators by gray relational analysis and application of data envelopment analysis and logistic regression analysis in BIST 100 Index. *Interdisciplinary Journal of Management Studies*, 14(1), 163-187.
- Ramezani, N., & Mokhtab Rafiei, F. (2022). Using grey relational analysis for dynamic portfolio selection in Tehran Stock Exchange. *Journal of Industrial and Systems Engineering*, 14(18), 31-39.
- Silva, N. F., dos Santos, M., Gomes, C. F. S., & de Andrade, L. P. (2023). An integrated CRITIC and Grey Relational Analysis approach for investment portfolio selection. *Decision analytics journal*, 8, 100285.
- Škrinjarić, T., & Šego, B. (2018). Using grey incidence analysis approach in portfolio selection. *International Journal of Financial Studies*, 7(1).
- Škrinjarić, T. (2020). Dynamic portfolio optimization based on grey relational analysis approach. *Expert systems with applications*, 147, 113207.
- Taghizadeh, K., Mullah Alizadeh Zavardehi, S., Salehi, A. K., & Mahmoudi Rad, A. (2022). Evaluation of the optimal portfolio portfolio using market criteria using multi-criteria decision criteria under conditions of uncertainty in the Iranian capital market. *Advances in Finance and Investment*, 3(6), 101-128. [In Persian]

COPYRIGHTS

© 2025 by the authors. Published by Islamic Azad University, Esfarayen Branch. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

