

Paper Type: Original Article

The Application of Data Envelopment Analysis in Determining Efficient Companies in the Stock Exchange

Morteza Joshghanizadeh^{1,*} , Maleeha Sabzevari¹

¹ Department of Industrial Engineering, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran; Joshghanizadeh@yahoo.com.

Citation:



Joshghanizadeh, M, & Sabzevari, M. (2023). The application of data envelopment analysis in determining efficient companies in the stock exchange. *Financial and banking strategic studies*, 1(3), 195-206.

Received: 01/07/2023

Reviewed: 12/09/2023

Revised: 24/10/2023

Accepted: 22/11/2023

Abstract

In this article, the most efficient companies admitted to the Tehran Stock Exchange are determined by using the data coverage analysis method. This method is examined for companies in three industries: banking, petrochemical, and pharmaceutical, so that the efficient companies in each industry are recognized. Efficient and ineffective companies are identified and ineffective companies are ranked and used to select the optimal stock portfolio among efficient companies. Next, using the ideal planning method, the investment percentage of each company's share in the stock portfolio is calculated. In this method, once only the yield and risk of the share are considered as variables of the model, and another liquidity variable is added to them so that the effect of this variable is also investigated. Finally, the models were evaluated with real data extracted from the financial statements of the relevant companies and the database of the Tehran Stock Exchange, and the results of the research were analyzed.

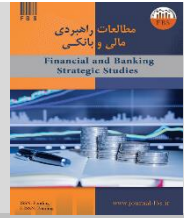
Keywords: Portfolio, Ideal planning, Data envelopment analysis, Return and share risk .



Corresponding Author: Joshghanizadeh@yahoo.com



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



کاربرد تحلیل پوششی داده‌ها در تعیین شرکت‌های کارا در بورس اوراق بهادار

مرتضی جوشغانی زاده^۱، ملیحه سبزواری^۱^۱گروه مهندسی صنایع، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

چکیده

در این مقاله، ابتدا با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها، کاراترین شرکت‌های پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران تعیین می‌گردد. این روش در مورد شرکت‌های حاضر در سه صنعت بانکداری، پتروشیمی و دارویی بررسی می‌گردد تا شرکت‌های کارا در هر صنعت شناخته شوند. شرکت‌های کارا و ناکارا را مشخص، شرکت‌های ناکارا را رتبه‌بندی و برای انتخاب سبد سهام بهینه از بین شرکت‌های کارا استفاده می‌شود. در ادامه با استفاده از روش برنامه‌ریزی آرمانی درصد سرمایه‌گذاری سهم هر شرکت در سبد سهام محاسبه می‌گردد. در این روش یک‌بار تنها بازده و ریسک سهم به‌عنوان متغیرهای مدل در نظر گرفته می‌شوند و بار دیگر متغیر نقدشوندگی به آن‌ها اضافه می‌شود تا تاثیر این متغیر نیز بررسی گردد. در نهایت، مدل‌ها با داده‌های واقعی استخراج‌شده از صورت‌های مالی شرکت‌های مربوطه و بانک اطلاعاتی بورس اوراق بهادار تهران مورد ارزیابی قرار گرفته و نتایج پژوهش حاصل مورد تحلیل قرار گرفت.

کلیدواژه‌ها: پورتفولیو، برنامه‌ریزی آرمانی، تحلیل پوششی داده‌ها، ریسک بازده و سهم.

۱- مقدمه

توسعه سرمایه‌گذاری از یک‌سو، موجب جذب سرمایه‌های ناکارا و هدایت آن‌ها به بخش‌های مولد اقتصادی شده و از سوی دیگر، با توجه به جهت‌گیری سرمایه‌گذاران مبتنی بر ریسک‌پذیری و بازده، سرمایه‌گذاری‌ها در صنایعی هدایت خواهد شد که از سود بیش‌تر یا ریسک کم‌تری برخوردار است. این امر در نهایت، سبب تخصیص بهینه منابع خواهد شد. هدف اصلی در مدیریت پرتفوی، کمک به سرمایه‌گذار در انتخاب پرتفوی بهینه می‌باشد. در این راستا، تجزیه و تحلیل وضعیت حال و گذشته شرکت‌ها و شناسایی کاراترین شرکت‌ها با توجه به برخی از معیارها، کمک بسیار زیادی به سرمایه‌گذاران می‌کند. انتخاب پرتفوی بهینه، یکی از مسایل مهم در گذشته و حال بوده و با پژوهش‌هایی که در این زمینه صورت گرفته، الگوهایی برای تعیین پرتفوی ارایه شده که به‌مرور زمان ایرادهای هرکدام مشخص و الگویی دیگر، جایگزین آن گردیده است. یکی از مشکلات اساسی الگوهای ارایه شده، نادیده گرفتن شاخص‌ها و ابعاد چندگانه برای ارزیابی نهایی پرتفوی سهام می‌باشد که این کاستی، اعتبار نتایج ارزیابی را زیر سوال می‌برد. کاستی دیگری که به این الگوها وارد است، عدم شناسایی دلایل رد یا پذیرفته شدن یک شرکت در پرتفوی بهینه می‌باشد. در تحقیقاتی که تاکنون در زمینه شناسایی عوامل و شاخص‌های موثر بر تعیین پرتفوی بهینه صورت گرفته است، شاخص‌های زیادی هم‌چون نرخ برگشت سرمایه، سود هر سهم، نسبت قیمت به سود هر سهم و ریسک‌پذیری، شناسایی الگوهای مختلف برای ارزیابی پرتفوی سهام به کار گرفته شده‌اند. در این مقاله، ابتدا با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها، کاراترین شرکت‌های پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران تعیین می‌گردد. این روش در مورد شرکت‌های حاضر در سه صنعت بانکداری، پتروشیمی و دارویی بررسی می‌گردد تا شرکت‌های کارا در هر صنعت شناخته شوند. شرکت‌های کارا و ناکارا را مشخص، شرکت‌های ناکارا را رتبه‌بندی و برای انتخاب سبد سهام بهینه از بین شرکت‌های کارا استفاده می‌نماییم. در ادامه با استفاده از روش برنامه‌ریزی آرمانی درصد سرمایه‌گذاری سهم هر شرکت در سبد سهام محاسبه می‌گردد. در این روش یک‌بار تنها بازده و ریسک سهم به‌عنوان متغیرهای



مدل در نظر گرفته می‌شوند و با دیگر متغیر نقدشوندگی به آن‌ها اضافه می‌شود تا تاثیر این متغیر نیز بررسی گردد. در نهایت، مدل‌ها با داده‌های واقعی استخراج شده از صورت‌های مالی شرکت‌های مربوطه و بانک اطلاعاتی بورس اوراق بهادار تهران حل و نتایج حاصله مورد تحلیل قرار گرفت [1].

سرمایه‌گذاری نقش تعیین‌کننده‌ای در رشد اقتصادی دارد. یکی از اهداف اساسی کشورها، دستیابی به رشد اقتصادی و توسعه‌ی پایدار می‌باشد. امروزه حجم قابل‌توجهی از کار مدیران سرمایه‌گذاری و هم‌چنین به‌طور عموم برای سرمایه‌گذاران، ساختن پورتفوی کارآمدی از دارایی‌هاست که اهداف تقاضا را برآورده سازد. مدیران پورتفوی، پول زیادی را برای سهام مختلف در بازار جهانی سرمایه‌گذاری می‌کنند، اما یافتن ترکیبی از سهام با بالاترین بازده، یک چالش قطعی پیش‌روی این مدیران است. یکی از استراتژی‌های سرمایه‌گذاری، ردیابی شاخص است که متشکل از سبد سهامی است که حرکت شاخص را شبیه‌سازی می‌کند؛ چرا که داده‌های تاریخی و تجربه ثابت کرده است که بازار همواره بازده مثبتی در بلندمدت دارد. ردیابی شاخص به‌عنوان یک استراتژی محبوب، به دلیل بازده مثبت و ریسک کم‌تر به‌طور گسترده‌ای توسط مدیران پورتفوی در سال‌های اخیر به کار گرفته می‌شود. برای یافتن این سبد سهام بهینه، دو رویکرد قابل بررسی است: ۱- یافتن دارایی‌هایی که جستجو در فضایی گسسته می‌باشد و ۲- وزن نسبت داده‌شده به دارایی‌های این سبد است که جستجو در فضایی پیوسته می‌باشد [2]. این نوع از مسایل به‌عنوان مسایل حل‌نشده در زمان چندجمله‌ای (*NP-Hard*) شناخته می‌شوند یعنی هیچ الگوریتم قطعی شناخته‌شده‌ای که یک راه‌حل دقیق را در زمان چندجمله‌ای بیابد وجود ندارد. به‌منظور نشان دادن پیچیدگی مساله بهینه‌سازی پورتفوی، شرایطی را که در ادامه مطرح می‌شود، مورد بررسی قرار می‌گیرد. اگر هدف پیدا کردن پورتفوی بهینه است که متشکل از ۱۰ دارایی از میان ۱۰۰ دارایی باشد پس تمام ترکیبات ممکن $10^{13} \times 1.73 = \binom{100}{10}$ خواهد شد که برای هر یک از این ترکیبات، وزن‌های بهینه در فضای حل پیوسته نیز باید پیدا شود. همان‌طور که مشاهده می‌شود این ترکیب‌ها در فضای حل پیوسته به بی‌نهایت میل خواهند کرد. در نتیجه الگوریتم‌های جستجوی کامل یا دیگر روش‌های سنتی در تحقیق در عملیات، برای یافتن راه‌حل بهینه، ناکارآمد می‌باشند یا در بهترین حالت در بهینه محلی گیر خواهند کرد. پژوهش حاضر با هدف ایجاد ترکیبی بهینه از دارایی‌های ردیابی‌کننده شاخص، به‌منظور کاهش ریسک و بازده مثبت انجام شده است. بدین منظور الگوریتم فرا ابتکاری ترکیبی کرم شب‌تاب و ژنتیک برای یافتن این پورتفوی مورد استفاده قرار گرفته است. از این‌رو مطالعه حاضر می‌تواند دانش بومی را در خصوص کارایی بازار سرمایه ایران در صنایع بانکداری، دارویی و ... افزایش دهد تا سرمایه‌گذاران بالقوه و بالفعل بتوانند سبد بهینه مناسبی را تهیه کنند.

۲- تحلیل پوششی داده‌ها

تحلیل پوششی داده‌ها، یک روش برنامه‌ریزی ریاضی برای ارزیابی کارایی واحدهای تصمیم‌گیرنده‌ای است که چندین ورودی و چندین خروجی دارند. اندازه‌گیری کارایی به دلیل اهمیت آن در ارزیابی عملکرد یک شرکت یا سازمان همواره مورد توجه محققین قرار داشته است. فارل [3] با استفاده از روشی همانند اندازه‌گیری کارایی در مباحث مهندسی به اندازه‌گیری کارایی برای واحد تولیدی اقدام کرد. موردی که فارل برای اندازه‌گیری کارایی مدنظر قرار داد، شامل یک ورودی و یک خروجی بود. چارنز و همکاران [4] دیدگاه فارل را توسعه دادند و الگویی را ارایه کردند که توانایی اندازه‌گیری کارایی با چندین ورودی و خروجی را داشت. این الگو، تحت عنوان تحلیل پوششی داده‌ها نام گرفت و اولین بار در رساله دکترای ادوارد رودز و به راهنمایی کوپر تحت عنوان ارزیابی پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان مدارس ملی آمریکا در سال ۱۹۷۶ در دانشگاه کارنگی مورد استفاده قرار گرفت. از آنجاکه این الگو توسط چارنز، کوپر و رودز [4] ارایه گردید، به الگویی که از حروف اول نام سه فرد یاد شده تشکیل شده است، به *CCR* معروف گردید. استفاده از الگوی تحلیل پوششی داده‌ها، برای ارزیابی نسبی واحدها، نیازمند تعیین دو مشخصه اساسی یعنی ماهیت الگو و بازده به مقیاس الگو می‌باشد که در ادامه به تشریح هر یک پرداخته خواهد شد.

ماهیت الگوی مورد استفاده به شرح زیر می‌باشد:

۱. ماهیت ورودی: در صورتی که در فرآیند ارزیابی، با ثابت نگه‌داشتن سطح خروجی‌ها، سعی در حداقل سازی ورودی‌ها داشته باشیم، ماهیت الگوی مورد استفاده ورودی است.
۲. ماهیت خروجی: در صورتی که در فرآیند ارزیابی، با ثابت نگه‌داشتن سطح ورودی‌ها، سعی در افزایش سطح خروجی داشته باشیم، ماهیت الگو مورد استفاده خروجی است.

در دیدگاه ورودی، به دنبال به دست آوردن ناکارایی فنی به‌عنوان نسبتی می‌باشیم که بایستی در ورودی‌ها کاهش داده شود تا خروجی، بدون تغییر بماند و واحد در مرز کارایی قرار گیرد. در حالی که در دیدگاه خروجی، به دنبال نسبتی هستیم که باید خروجی‌ها افزایش یابند، بدون آن که تغییر در ورودی‌ها به وجود آید تا واحد موردنظر به مرز کارایی برسد. در الگوی *CCR*، مقادیر به‌دست‌آمده برای کارایی در دو دیدگاه مساوی هستند ولی در الگوی *BCC*، این مقادیر متفاوت هستند. علت انتخاب دیدگاه برای الگو در ارزیابی نسبی عملکرد واحدها این است که در بعضی موارد، مدیریت واحد هیچ کنترلی بر میزان خروجی ندارد و مقدار آن از قبل مشخص و ثابت است [5]. به عنوان مثال در نیروگاه برق میزان ورودی‌ها، به‌عنوان متغیر تصمیم می‌باشد؛ بنابراین، دیدگاه ورودی مورد استفاده قرار می‌گیرد و برعکس در بعضی از موارد میزان ورودی ثابت و مشخص است و میزان تولید (خروجی) متغیر تصمیم است. در چنین شرایطی، دیدگاه خروجی مناسب می‌باشد. در نهایت انتخاب ماهیت (دیدگاه) ورودی و خروجی، بر اساس میزان کنترل مدیر بر هر یک از ورودی‌ها و خروجی‌ها تعیین می‌گردد.

بازده به مقیاس الگوی مورد استفاده: بازده به مقیاس بیانگر پیوند بین تغییرات ورودی‌ها و خروجی‌های یک سیستم می‌باشد. یکی از توانایی‌های روش تحلیل پوششی داده‌ها، کاربرد الگوهای مختلف متناظر با بازده به مقیاس‌های متفاوت و هم‌چنین اندازه‌گیری بازده به مقیاس واحدها است [6]. بازده به مقیاس الگوی مورد استفاده به شرح زیر است:

۱. بازده به مقیاس ثابت یعنی هر مضربی از ورودی‌ها همان مضرب از خروجی‌ها را تولید می‌کند.
۲. بازده به مقیاس متغیر یعنی هر مضربی از ورودی‌ها، می‌تواند همان مضرب از خروجی‌ها یا کم‌تر از آن و یا بیش‌تر از آن را در خروجی‌ها تولید کند. الگوی *BCC*، بازده به مقیاس را متغیر فرض می‌کند.

در این روش کارایی واحدهای تصمیم‌گیری با استفاده از مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی محاسبه می‌شود. بدین ترتیب که برای مجموعه واحدهای تصمیم‌گیری موجود، چند ورودی و چند خروجی تعریف شده و مقادیر آن‌ها برای هر واحد تصمیم‌گیری محاسبه می‌شود. سپس مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها با ایجاد یک فضای مقایسه‌ای بین واحدهای تصمیم‌گیری مرز کارا را تشکیل می‌دهند. هر واحد تصمیم‌گیری که روی مرز قرار داشته باشد، به‌عنوان واحد تصمیم‌گیری کارا شناخته شده و هرکدام که زیر مرز قرار داشته باشد واحد ناکارا است. میزان ناکارایی آن‌ها بر اساس فاصله تا مرز محاسبه می‌شود. تاکنون مدل‌های مختلفی در زمینه تحلیل پوششی داده‌ها ارائه شده است. تجزیه و تحلیل تحلیل پوششی داده‌ها می‌تواند به‌صورت ورودی‌محور یا خروجی‌محور باشد [7]، [8]. در این مقاله جهت ارزیابی واحدهای تصمیم‌گیری از مدل *BCC* اصلاح شده ورودی‌محور استفاده می‌کنیم. این مدل به‌صورت رابطه (۱) می‌باشد.

$$\begin{aligned}
 & \text{Min } \theta - \varepsilon \left(\sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+ \right), \\
 & \text{st.} \\
 & \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} + s_i^- = \theta x_{i0}, \quad i = 1, 2, \dots, m, \\
 & \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} - s_r^+ = \theta y_{r0}, \quad r = 1, 2, \dots, s, \\
 & \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1, \\
 & \lambda_j \geq 1, \quad j = 1, 2, \dots, n.
 \end{aligned} \tag{1}$$

پارامترهای استفاده شده در رابطه بالا عبارتند از:

θ : کارایی واحد موردبررسی.

s_i^- و s_r^+ : متغیرهای کمبود و مازاد.

x_{ij} : مقدار ورودی i th از واحد j th.

y_{ij} : مقدار خروجی i th از واحد j th.

لازم به ذکر است که در رابطه بالا اگر $\theta^* = 1$ باشد؛ واحد موردبررسی کارا می‌باشد و اگر $\theta^* < 1$ باشد واحد موردبررسی ناکاراست. هم‌چنین ε یک مقدار بسیار کوچک می‌باشد.

۳- برنامه‌ریزی آرمانی

برنامه‌ریزی آرمانی یکی از مهم‌ترین مدل‌های برنامه‌ریزی چند هدفه است و از جمله مدل‌های اساسی است که تصمیم‌گیرنده هم‌زمان درصد دستیابی به آرمان‌هایی برای چندین هدف می‌باشد. مسایل برنامه‌ریزی آرمانی مانند سایر مسایل می‌توانند به صورت خطی، غیر خطی و یا اعداد صحیح فرموله شده، انواع مختلفی را از خانواده مدل‌های برنامه‌ریزی آرمانی ارائه نمایند [9]. فرم کلی مدل برنامه‌ریزی آرمانی به صورت زیر است:

$$\begin{aligned} \text{Min } z &= \sum_{k=1}^q \sum_{i=1}^m p_k (d_i^- + d_i^+), \\ \text{st. } & \\ & \sum_{j=1}^n c_{ij} x_j + d_i^- - d_i^+ = b_i, \quad i = 1, 2, \dots, m, \quad (2) \\ & \sum_{j=1}^n a_{rj} x_j \leq b_r, \quad r = 0, 1, 2, \dots, s, \\ & x_j, d_i^+, d_i^- \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, m, \quad j = 1, 2, \dots, n. \end{aligned}$$

که در این مدل

x_j : بیانگر متغیرهای تصمیم مدل بوده که می‌تواند هر عدد حقیقی غیر منفی را اختیار کند.

d_i^- و d_i^+ : متغیرهای انحراف مثبت و منفی از آرمان i th را نشان می‌دهد.

b_i : عدد سمت راست یا سطح تمایل آرمان i th را بیان می‌دارد.

P_k : اولویت k th ($k = 1, 2, \dots, q$) آرمان را مشخص می‌کند.

a_{ij} : ضرایب فنی مدل را ارائه می‌کند.

C_{ij} : ضرایب متغیرهای تصمیم j ام در آرمان i را نشان می‌دهد.

b_r : اعداد سمت راست محدودیت‌های کارکردی.

این مدل دارای n متغیر تصمیم، m آرمان، k اولویت و s محدودیت کارکردی می‌باشد. روابط ریاضی موجود در مدل خطی و از درجه یک است [8].

۴- محاسبه داده‌ها

در این پژوهش متغیرهای تحلیل پوششی داده‌ها و متغیرهای برنامه‌ریزی آرمانی عبارتند از:

۱. متغیرهای ورودی: میزان دارایی، میزان سرمایه.

۲. متغیرهای خروجی: حاشیه سود خالص، میزان بازده دارایی، میزان بازده حقوق صاحبان سهام.

۳. بازده سهام، ریسک سهام و میزان نقد شوندگی سهام.

آرمان‌ها در این پژوهش، بیشینه کردن دو متغیر بازده و نقد شوندگی و کمینه کردن متغیر ریسک می‌باشد.

بنابراین با توجه به متغیرهای تحقیق تعریف عملیاتی زیر را در نظر می‌گیریم:

۱. دارایی: میزان دارایی هر شرکت از سمت راست ترازنامه سال مالی منتهی به ۱۴۰۱/۱۲/۲۹ استخراج می‌شود. طبق معادله حسابداری دارایی برابر است با مجموع حقوق صاحبان سهام و بدهی.
 ۲. سرمایه: سرمایه هر شرکت از سمت راست ترازنامه سال مالی منتهی به ۱۴۰۱/۱۲/۲۹ در بخش حقوق صاحبان سهام قسمت سرمایه ثبت شده، استخراج می‌گردد.
 ۳. کل درآمدها / سود خالص = حاشیه سود.
 ۴. میزان بازده دارایی: این متغیر توسط فرمول "مجموع دارایی‌ها / سود خالص = نسبت بازده دارایی" محاسبه می‌گردد.
 ۵. میزان بازده حقوق صاحبان سهام: این متغیر از فرمول "حقوق صاحبان سهام / سود خالص = بازده حقوق صاحبان" قابل محاسبه می‌باشد.
- متغیر وابسته در این تحقیق نیز، عملکرد و کارایی شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران در صنایع منتخب می‌باشد.

۱-۴- بازده یک مجموعه سرمایه‌گذاری

بازده یک مجموعه سرمایه‌گذاری، میانگین موزون بازده سهام مختلف است و از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$R_p = X_a R_a + X_b R_b + \dots$$

در این رابطه، R_p بازده مجموعه، X_a و X_b درصد سرمایه‌گذاری در سهام a و b و R_a و R_b بازده سهام a و b می‌باشند.

بازده مورد انتظار هر پرتفلیو، از طریق میانگین وزنی بازده مورد انتظار هر یک از اوراق بهادار به‌آسانی قابل محاسبه است. وزن‌هایی که برای میانگین مورد استفاده قرار می‌گیرد، نسبت‌هایی از وجوه قابل سرمایه‌گذاری است که در هر یک از اوراق بهادار سرمایه‌گذاری شده‌اند. وزن‌های ترکیب شده عبارت است از مجموع ۱۰۰٪ کل وجوه قابل سرمایه‌گذاری. بازده مورد انتظار پرتفلیو به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$E(R_p) = \sum_{i=1}^n w_i E(R_i). \quad (3)$$

که در این معادله داریم

۱. $E(R_p)$ بازده مورد انتظار پرتفلیو.
۲. $E(R_i)$ بازده مورد انتظار اوراق بهادار i .
۳. w_i وزن پرتفلیو برای i امین اوراق بهادار.

۲-۴- ریسک یک مجموعه سرمایه‌گذاری

ریسک پرتفلیو تابعی است از ریسک هر یک از اوراق بهادار و کواریانس میان بازده هر یک از اوراق بهادار. این مفهوم به‌صورت زیر نشان داده شده است:

$$E\delta_p^2 = \sum_{i=1}^n w_i^2 \delta_i^2 + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_i w_j \delta_{ij},$$

$$\delta_p^2 = \sum_{i=1}^n w_i^2 \delta_i^2 + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_i w_j \rho_{ij} \delta_i \delta_j, \quad (4)$$

$$\rho_{ij} = \frac{\delta_{ij}}{\delta_i \delta_j}.$$

که در این رابطه

δ_p^2 : واریانس بازده پرتفوی.

δ_i^2 : واریانس بازده اوراق بهادار i .



δ_{ij} : کواریانس میان بازده‌های اوراق بهادار i و j .

ρ_{ij} : ضریب همبستگی میان بازده‌های اوراق بهادار i و j .

w_j و w_i : درصد وجوه سرمایه‌گذاری در اوراق بهادار i و j .

برای اندازه‌گیری ریسک هر اوراق بهاداری، از واریانس بازده‌های مورد انتظار استفاده شده است. برای محاسبه واریانس یا انحراف معیار مورد انتظار یک اوراق بهادار از معادله‌های زیر می‌توان استفاده نمود:

$$VAR(R) = \delta^2 = \sum_{i=1}^n (R_i - E(R))^2 Pr_i, \quad (5)$$

$$SD(R) = \delta = \left[\sum_{i=1}^m (R_i - E(R))^2 Pr_i \right]^{1/2},$$

که در این معادله

$E(R)$: بازده مورد انتظار اوراق بهادار.

R_i : i th بازده ممکن.

Pr_i : احتمال i th بازده ممکن.

m : تعداد بازده‌های ممکن.

w_i : وزن پرتفلیو برای i th اوراق بهادار.

۳-۴- مدل تحلیل پوششی داده‌ها

تابع هدف مدل تحلیل پوششی داده‌ها را بر مبنای متغیر که بیانگر کارایی هر واحد می‌باشد بیان می‌شود. در صورتی که این متغیر یک باشد واحد کارا و در غیر این صورت واحد ناکارا می‌باشد. پس از تعریف تابع هدف مساله محدودیت‌های ورودی مربوط به میزان دارایی و سرمایه را به صورت زیر تعریف می‌کنیم [10]-[12]:

۱. محدودیت دارایی:

$$A_1 \lambda_1 + \dots + A_n \lambda_n - A_j \theta \leq 0$$

که در آن λ_i ، i th واحد تصمیم‌گیری، A_i ، $i = 1, \dots, n$ میزان دارایی هر واحد به میلیارد ریال و A_j میزان دارایی j th واحد تصمیم‌گیری می‌باشند. با توجه به این که مدل تحلیل پوششی داده‌ها برای هر صنعت به تفکیک به کار رفته است، قسمت اول مدل برای سه صنعت بانکداری، پتروشیمی و دارویی به ترتیب با ارقام مربوطه برای اولین واحد تصمیم‌گیری در هر صنعت، به صورت زیر می‌باشد:

$$181\lambda_1 + 221\lambda_2 + 312\lambda_3 + 509\lambda_4 + 181\lambda_6 + 221\lambda_7 + 312\lambda_8 - 181\theta \leq 0 \quad \text{بانکداری}$$

$$1314227\lambda_1 + 2555502\lambda_2 + \dots + 5255194\lambda_{11} - 1314227\theta \leq 0 \quad \text{پتروشیمی}$$

$$1509\lambda_1 + 1667\lambda_2 + \dots + 356\lambda_{24} + 469\lambda_{24} - 1509\theta \leq 0 \quad \text{دارویی}$$

۲. محدودیت سرمایه:

$$B_1 \lambda_1 + \dots + B_n \lambda_n - B_j \theta \leq 0$$

که در آن B_i ، i th سرمایه تصمیم‌گیری، B_j میزان دارایی هر واحد به میلیارد ریال و B_j میزان سرمایه j th واحد تصمیم‌گیری می‌باشند.



$$8000\lambda_1 + 13200\lambda_2 + \dots + 20000\lambda_7 + 45000\lambda_8 - 8000\theta \leq 0.$$

بانکداری

$$160000\lambda_1 + 300000\lambda_2 + \dots + 950000\lambda_{11} - 160000\theta \leq 0.$$

پتروشیمی

$$378\lambda_1 + 150\lambda_2 + \dots + 35\lambda_{24} + 40\lambda_{24} - 378\theta \leq 0.$$

دارویی

محدودیت‌های خروجی نیز بدین شرح می‌باشد:

۱. محدودیت بازده حقوق صاحبان سهام:

$$C_1\lambda_1 + C_2\lambda_2 \dots + C_n\lambda_n - C_j \geq 0.$$

که در آن C_i بازده حقوق صاحبان سهام i th واحد تصمیم‌گیری و C_j بازده حقوق صاحبان سهام j th واحد کارایی می‌باشد. این محدودیت برای سه صنعت انتخابی به صورت زیر نوشته می‌شود:

$$1.92\lambda_1 + 1.82\lambda_2 + \dots + 0.68\lambda_7 + 4.46\lambda_8 \geq 1.92.$$

بانکداری

$$33.99\lambda_1 + 20.57\lambda_2 + \dots + 42.71\lambda_{11} \geq 33.99.$$

پتروشیمی

$$32.31\lambda_1 + 37.31\lambda_2 + \dots + 44.89\lambda_{23} + 20.07\lambda_{24} \geq 32.31.$$

دارویی

۲. محدودیت بازده دارایی‌ها:

$$D_1\lambda_1 + D_2\lambda_2 \dots + D_n\lambda_n \geq D_j.$$

که در آن D_i بازده دارایی‌های i th واحد تصمیم‌گیری و D_j بازده دارایی‌های j th واحد کارایی می‌باشد. این محدودیت برای سه صنعت انتخابی به صورت زیر نوشته می‌شود:

$$28.97\lambda_1 + 25.77\lambda_2 + \dots + 18.51\lambda_7 + 39.43\lambda_8 \geq 28.97.$$

بانکداری

$$11.04\lambda_1 + 6\lambda_2 + \dots + 21\lambda_{11} + 19.29\lambda_{11} \geq 33.99.$$

پتروشیمی

$$16\lambda_1 + 14.26\lambda_2 + \dots + 11.08\lambda_{23} + 3.05\lambda_{24} \geq 16.$$

دارویی

۳. محدودیت حاشیه سود خالص:

$$E_1\lambda_1 + E_2\lambda_2 \dots + E_n\lambda_n \geq E_j.$$

که در آن E_i حاشیه سود خالص i th واحد تصمیم‌گیری و E_j حاشیه سود خالص j th واحد کارایی می‌باشد. این محدودیت برای سه صنعت انتخابی به صورت زیر نوشته می‌شود:

$$41.74\lambda_1 + 11.05\lambda_2 + \dots + 8.53\lambda_7 + 30\lambda_8 \geq 411.74.$$

بانکداری

$$16.01\lambda_1 + 10.7\lambda_2 + \dots + 0.15\lambda_{10} + 32.48\lambda_{11} \geq 16.01.$$

پتروشیمی

$$21.66\lambda_1 + 23.27\lambda_2 + \dots + 11.61\lambda_{24} + 5.92\lambda_{25} \geq 21.66.$$

دارویی

۴-۴- مدل برنامه‌ریزی آرمانی

پس از شناسایی شرکت‌های کارا، شامل ۱۲ شرکت طبق شکل ۵ تا شکل ۸، به انتخاب سبد مناسب سهام از بین این شرکت‌ها می‌پردازیم. در رویکرد اول تنها آرمان‌های بازده و ریسک در مدل آورده می‌شوند. در رویکرد دوم نقدشوندگی نیز به آن اضافه می‌گردد. تابع هدف در این مدل به صورت زیر می‌باشد:

$$\min : p_1d_1 + p_2d_2 + p_3d_3.$$

که در آن d_1 ، d_2 و d_3 به ترتیب میزان انحراف بازده مورد انتظار، ریسک و نقدشوندگی از مقدار مورد انتظار و p_1 ، p_2 و p_3 ضرایب اهمیت هر کدام از این متغیرها در انتخاب سبد می‌باشند.



$$\sum_{i=1}^n R_i x_i + d_7^- - d_7^+ = r_e,$$

که در آن x_i درصد سرمایه‌گذاری هر سهم در سبد سهام و R_i میانگین هندسی بازده سه سال آخر هر سهم و r_e میانگین حسابی بازده سهم شرکت‌های کارا می‌باشد. d_7^+ و d_7^- میزان انحراف بازده کل از بازده مورد انتظار سبد می‌باشد.

$$18.75x_1 + 22.82x_2 + \dots + 19.36x_{11} + d_7^- - d_7^+ = 17.34.$$

محدودیت ریسک:

$$\sum_{i=1}^n \delta_i x_i + d_2^- - d_2^+ = \delta_e.$$

که در آن δ_i میزان انحراف معیار سه سال آخر هر سهم و δ_e میانگین حسابی انحراف معیار شرکت‌های کارا می‌باشد. d_2^+ و d_2^- میزان انحرافات می‌باشد.

$$5.43x_1 + 6.18x_2 + \dots + 7.60x_{12} + d_2^- - d_2^+ = 4.6.$$

محدودیت نقد شوندگی:

$$\sum_{i=1}^n L_i x_i + d_3^- - d_3^+ = L_e.$$

که در آن L_i رتبه نقدشوندگی هر سهم و L_e میانگین حسابی رتبه نقدشوندگی شرکت‌های کارا و d_3^+ و d_3^- میزان انحرافات می‌باشد.

$$80x_1 + 100x_2 + \dots + 9x_{12} + d_3^- - d_3^+ = 43.58.$$

محدودیت سیستمی: این محدودیت مربوط به مجموع درصد سرمایه‌گذاری سهام شرکت‌های مختلف در سبد سهام است که به صورت زیر بیان می‌گردد:

$$\sum_{i=1}^n x_i = 1.$$

این محدودیت در دو رویکرد به صورت زیر بسط داده می‌شود:

$$x_1 + x_2 + \dots + x_{12} = 1.$$

۵- شبیه‌سازی

با حل مدل‌های ارایه شده در بخش‌های قبل با استفاده از نرم‌افزار گمز نتایج شکل ۱ تا شکل ۸ حاصل می‌گردد.

متغیر	سهام
x_1	پارس دارو
x_2	تهران شیمی
x_3	دارو ایوریحان
x_4	ایران دارو
x_5	تهران دارو
x_6	پتروشیمی بیستون
x_7	پتروشیمی پردیس
x_8	پتروشیمی فارابی
x_9	بانک اقتصاد نوین
x_{10}	بانک پارسیان
x_{11}	بانک کارآفرین
x_{12}	بانک سینا

شکل ۱- متغیرهای تصمیم.

Figure 1- Decision variables.



۲۰۴

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL	
7	-INF	-1.000	-1.000	.	
---- VAR landa					
1	.	1.000	+INF	.	
2	.	.	+INF	0.997	
3	.	.	+INF	3.037	
4	.	.	+INF	2.693	
5	.	.	+INF	.	
6	.	.	+INF	0.886	
7	.	.	+INF	2.634	
8	.	.	+INF	3.491	
		LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
---- VAR teta					
		-INF	1.000	+INF	.

شکل ۲- خروجی گمز برای اولین واحد در صنعت بانکداری.

Figure 2- GAMS output for the first unit in the banking industry.

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL	
1	.	.	+INF	0.483	
2	.	.	+INF	1.985	
3	.	.	+INF	8.882	
4	.	0.079	+INF	.	
5	.	.	+INF	3.217	
6	.	0.037	+INF	.	
7	.	.	+INF	4.240	
8	.	.	+INF	7.411	
9	.	.	+INF	2.689	
10	.	0.884	+INF	.	
11	.	.	+INF	1.951	
		LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
---- VAR teta					
		-INF	0.517	+INF	.
---- VAR z					
		-INF	0.517	+INF	.

شکل ۳- خروجی گمز برای اولین واحد در صنعت پتروشیمی.

Figure 3- GAMS output for the first unit in the petrochemical industry.

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL	
1	.	.	+INF	0.822	
2	.	.	+INF	0.926	
3	.	.	+INF	1.127	
4	.	.	+INF	0.424	
5	.	.	+INF	0.502	
6	.	.	+INF	0.465	
7	.	.	+INF	0.385	
8	.	.	+INF	1.105	
9	.	.	+INF	0.515	
10	.	.	+INF	0.311	
11	.	.	+INF	0.172	
12	.	.	+INF	0.710	
13	.	.	+INF	0.265	
14	.	.	+INF	0.392	
15	.	.	+INF	0.137	
16	.	.	+INF	0.094	
17	.	.	+INF	0.437	
18	.	.	+INF	0.216	
19	.	.	+INF	0.400	
20	.	.	+INF	0.107	
21	.	.	+INF	0.059	
22	.	.	+INF	0.184	
23	.	1.000	+INF	.	
24	.	.	+INF	0.058	
25	.	.	+INF	0.133	
		LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
---- VAR teta					
		-INF	0.178	+INF	.
---- VAR z					
		-INF	0.178	+INF	.

شکل ۴- خروجی گمز برای اولین واحد در صنعت دارویی.

Figure 4- GAMS output for the first unit in the pharmaceutical industry.

ادامه صنعت دارویی		صنعت بانکداری	
DMU	θ	DMU	θ
کارخانجات داروپخش	۰.۰۶۰۰۰۰	بانک اقتصاد نوین	۱.۰۰۰۰۰۰
البرزدارو	۰.۰۱۲۸۰۰	بانک پارسیان	۱.۰۰۰۰۰۰
دارو رازک	۰.۱۳۰۰۰۰	بانک پاسارگاد	۰.۳۹۵۷۱۴۲
دارو اسوه	۰.۱۲۰۰۰۰	بانک تجارت	۰.۲۲۸۵۷۱۴
مواد داروپخش	۰.۲۰۵۰۰۰	بانک سینا	۱.۰۰۰۰۰۰
دارو آکسیر	۰.۰۶۶۰۰۰	بانک صادرات ایران	۰.۱۷۴۶۲۶۷
کیمیدارو	۰.۲۱۰۰۰۰	بانک ملت	۰.۲۰۰۰۰۰۰
پارس دارو	۱.۰۰۰۰۰۰	بانک کارآفرین	۱.۰۰۰۰۰۰
سینا دارو	۰.۲۷۸۰۰۰	صنعت پتروشیمی	
تهران شیمی	۱.۰۰۰۰۰۰	پتروشیمی آبادان	۰.۴۵۷۱۱۲۵
داروسازی کوثر	۰.۱۹۰۰۰۰	پتروشیمی اصفهان	۰.۵۲۰۷۲۷۶
دارو زهرآوی	۰.۱۵۰۰۰۰	پتروشیمی امیرکبیر	۰.۱۱۶۷۳۹۵
سبحان دارو	۰.۳۰۰۰۰۰	پتروشیمی بیستون	۱.۰۰۰۰۰۰
روز دارو	۰.۲۳۶۰۰۰	پتروشیمی پردیس	۱.۰۰۰۰۰۰
دارو ابوریحان	۱.۰۰۰۰۰۰	پتروشیمی خارک	۰.۸۰۸۵۴۹۲
دارو عبیدی	۰.۱۸۰۰۰۰	پتروشیمی زاگرس	۰.۶۰۹۴۹۱۴
دارو لقمان	۰.۱۲۸۰۰۰	پتروشیمی شازند	۰.۶۰۹۶۷۹۰
دارو امین	۰.۲۵۱۰۰۰	پتروشیمی شیراز	۰.۵۱۵۵۷۸۲
فرآورده تزریقی	۰.۳۴۰۰۰۰	پتروشیمی فآرابی	۱.۰۰۰۰۰۰
دارو داملمران رازک	۰.۲۶۴۰۰۰	پتروشیمی فن آوران	۰.۵۸۹۷۸۹۶
ایران دارو	۱.۰۰۰۰۰۰	صنعت دارویی	
شیمی داروپخش	۰.۳۰۶۰۰۰	دارو جایراین حیان	۰.۲۱۰۰۰۰
تهران دارو	۱.۰۰۰۰۰۰	دارو فآرابی	۰.۰۸۱۰۰۰

شکل ۵- میزان کارایی شرکت‌ها.

Figure 5- The level of efficiency of companies.

صنعت بانکداری			
کارا	بانک سینا	کارا	بانک اقتصاد نوین
ناکارا	بانک صادرات ایران	کارا	بانک پارسیان
ناکارا	بانک ملت	ناکارا	بانک پاسارگاد
کارا	بانک کارآفرین	ناکارا	بانک تجارت

شکل ۶- وضعیت کارایی شرکت‌های مورد مطالعه در صنعت بانکداری.

Figure 6- Efficiency status of the studied companies in the banking industry.

صنعت پتروشیمی			
ناکارا	پتروشیمی زاگرس	ناکارا	پتروشیمی آبادان
ناکارا	پتروشیمی شازند	ناکارا	پتروشیمی اصفهان
ناکارا	پتروشیمی شیراز	ناکارا	پتروشیمی امیرکبیر
کارا	پتروشیمی فآرابی	کارا	پتروشیمی بیستون
ناکارا	پتروشیمی فن آوران	کارا	پتروشیمی پردیس
		ناکارا	پتروشیمی خارک

شکل ۷- وضعیت کارایی شرکت‌های مورد مطالعه در صنعت پتروشیمی.

Figure 7- Efficiency status of the studied companies in the petrochemical industry.

صنعت دارویی			
ناکارا	دارو زهرآوی	ناکارا	دارو جایراین حیان
ناکارا	سبحان دارو	ناکارا	دارو فآرابی
ناکارا	روز دارو	ناکارا	کارخانجات داروپخش
کارا	دارو ابوریحان	ناکارا	البرزدارو
ناکارا	دارو عبیدی	ناکارا	دارو رازک
ناکارا	دارو لقمان	ناکارا	دارو اسوه
ناکارا	دارو امین	ناکارا	مواد داروپخش
ناکارا	فرآورده تزریقی	ناکارا	دارو آکسیر
ناکارا	دارو داملمران رازک	ناکارا	کیمیدارو
کارا	ایران دارو	کارا	پارس دارو
ناکارا	شیمی داروپخش	ناکارا	سینا دارو
کارا	تهران دارو	کارا	تهران شیمی
		ناکارا	داروسازی کوثر

شکل ۸- وضعیت کارایی شرکت‌های مورد مطالعه در صنعت دارویی.

Figure 8- The state of efficiency of the studied companies in the pharmaceutical industry.

رویکرد اول: از بین شرکت‌های کارای موجود در سه صنعت منتخب (شامل ۱۲ شرکت) با توجه به آرمان‌های بازده و ریسک، به تعیین درصد سرمایه‌گذاری هر سهم در سبد پرداخته شد. نتایج به صورت شکل ۹ و شکل ۱۰ است.

سهم	متغیر	درصد سرمایه‌گذاری در هر سهم
تهران شیمی	X_7	۳۸.۷٪
بانک اقتصاد نوین	X_9	۵۵.۷٪
بانک پارسیان	X_{10}	۵.۵٪

شکل ۹- درصد سرمایه‌گذاری هر سهم در رویکرد اول.

Figure 9- The investment percentage of each share in the first approach.

رویکرد دوم: در این حالت کمیت نقدشوندگی علاوه بر دو کمیت دیگر به مدل اضافه می‌شود که نتایج در شکل ۱۰ ارائه شده است.

سهم	متغیر	درصد سرمایه‌گذاری در هر سهم
پارس دارو	X_1	۴۶.۱٪
پتروشیمی فارابی	X_8	۴۵.۶٪
بانک کارآفرین	X_{11}	۱.۵٪
بانک سینا	X_{12}	۶.۸٪

شکل ۱۰- درصد سرمایه‌گذاری هر سهم در رویکرد دوم.

Figure 10 - Investment percentage of each share in the second approach.

براساس نتایج شکل ۹ و شکل ۱۰ سرمایه‌گذاران می‌توانند با استفاده از دو رویکرد وجوه خود را مطابق درصدهای بیان شده سرمایه‌گذاری کرده و پرتفوی خود را تشکیل دهند. بحث خرید سهام و تشکیل پرتفوی از مباحث بسیار مهم مدیریت می‌باشد برای انتخاب بهینه استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره و بهینه‌سازی ریاضی ابزاری مناسب جهت انتخاب پرتفوی و مدیریت آن است. شرکت‌های سرمایه‌گذاری، صندوق‌ها و ... که عمده فعالیت آن‌ها تشکیل پرتفوی است، می‌توانند ابتدا استراتژی خود را تعیین و سپس آن را به قیدهای مختلف تفکیک کرده و با استفاده از برنامه‌ریزی آرمانی به انتخاب پرتفوی خود بپردازند [13]. استفاده از پرتفوی شرکت‌های کارا برای سرمایه‌گذاری منجر به کاهش خطر سرمایه‌گذاری و انتخاب پرتفوی مناسب می‌گردد. هم‌چنین با استفاده از نتایج الگو می‌توان پس از رتبه‌بندی شرکت‌ها به تحلیل حساسیت آن‌ها پرداخته و با تعیین نقاط ضعف و شناخت میزان تاثیر متغیرها، جهت بالا بردن سطح کارایی شرکت‌ها اقدام نمایند.

تشکر و قدردانی

از داوران این نشریه که در جهت غنای کار نظرهای کاربردی داده‌اند، سپاسگزاریم.

تعارض با منافع

نویسندگان در نگارش این اثر هیچ تعارض منافی ندارند.

منابع

- [1] Yang, W., Cai, L., Edalatpanah, S. A., & Smarandache, F. (2020). Triangular single valued neutrosophic data envelopment analysis: Application to hospital performance measurement. *Symmetry*, 12(4), 588. DOI:10.3390/SYM12040588
- [2] Arasu, B. S., Kannaiah, D., Nancy Christina, J., & Shabbir, M. S. (2021). Selection of variables in data envelopment analysis for evaluation of stock performance. *Management and labour studies*, 46(3), 337-353. DOI:10.1177/0258042X211002511



- [3] Farrell, M. J. (1957). The measurement of productive efficiency. *Journal of the royal statistical society series A: statistics in society*, 120(3), 253–281.
- [4] Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European journal of operational research*, 2(6), 429–444.
- [5] Powers, J., & McMullen, P. (2000). Using data envelopment analysis to select efficient large market cap securities. *Journal of business and management*, 7(2), 31–42. <http://www.joydivisionman.com/vita/jbam2.pdf>
- [6] Haslem, J. A., & Scheraga, C. A. (2006). Data envelopment analysis of morningstar's small-cap mutual funds. *The journal of investing*, 15(1), 87–92. DOI:10.3905/joi.2006.616858
- [7] Baihaqi, I., Lazakis, I., & Supomo, H. (2024). A novel shipyard performance measurement approach through an integrated Value Engineering and Risk Assessment (VENRA) framework using a hybrid MCDM tool. *Proceedings of the institution of mechanical engineers part m: journal of engineering for the maritime environment*, 14750902231219532. DOI:10.1177/14750902231219533
- [8] Bowlin, W. F. (1999). An analysis of the financial performance of defense business segments using data envelopment analysis. *Journal of accounting and public policy*, 18(4–5), 287–310. DOI:10.1016/S0278-4254(99)00018-6
- [9] Edalatpanah, S. A., Godarzi Karim, R., Khalilian, B., & Partouvi, S. (2020). Data envelopment analysis and efficiency of firms: a goal programming approach. *Innovation management and operational strategies*, 1(1), 1-16. (In Persian). https://www.journal-imos.ir/article_122018.html?lang=en
- [10] Mousavi Arab, S. A., Homayounfar, M., & Ajalli, M. (2022). Balanced performance evaluation of B2C online stores with using a hybrid fuzzy ANP and fuzzy WASPAS approach. *Journal of decisions and operations research*, 6(Spec. Issue), 1–14. (In Persian). https://www.journal-dmor.ir/article_140799.html?lang=en
- [11] Donyavi Rad, M., Sadeh, E., Amini Sabegh, Z., & Ehtesham Rasi, R. (2023). Introducing a fuzzy robust integrated model for optimizing humanitarian supply chain processes. *Journal of applied research on industrial engineering*, 10(3), 427–453.
- [12] Maghbouli, M., & Yekta, A. P. (2023). Undesirable input in production process: a DEA-based approach. *Journal of operational and strategic analytics*, 1(2), 46–54. DOI:10.56578/josa010201
- [13] Jing, D., Imeni, M., Edalatpanah, S. A., Alburaikan, A., & Khalifa, H. A. E. W. (2023). Optimal selection of stock portfolios using multi-criteria decision-making methods. *Mathematics*, 11(2), 415. DOI:10.3390/math11020415

