Economic Modeling
https://eco.firuzkuh.iau.ir
Volume 17, Issue 64, Winter 2024, 115-136.

Original Article

Development of network data envelopment analysis model to evaluate technical efficiency of the pharmaceutical industry

Seyedeh Elham Eftekharian[*] , Seyed Farzad Hashemi[**] , Ali Nemati[+], Razieh Mehrjoo[×], Mahnaz Ahadzadeh Namin[-]

DOI:

Received:
02/10/2023

Accepted:
09/05/2024

Keywords:
Data Envelopment Analysis, Fundamental Analysis, Technical Analysis, Efficiency Evaluating, Pharmaceutical Industry

JEL Classification:
G11, G14, G20

Abstract

In this article, we evaluate the technical efficiency of listed companies in the pharmaceutical industry in 2021. We utilize the additive model of two-stage network data envelopment analysis with semi-positive and negative indicators, considering both the production process (Fundamental Analysis) in the first stage and the financial production process (Technical Analysis) in the second stage. Additionally, we apply the FAHP to determine the weights of the first and second stages. Our results indicate that the production process plays a more significant role in defining a company's total efficiency on the Stock Exchange. In the first stage, 33% of the pharmaceutical industry companies achieved full efficiency, while 25% reached full efficiency in the second stage. We found that 13% of the companies achieved full efficiency in both stages; these companies include Toliddaru, Exir Pharmaceutical, and Loghman Pharmaceutical & Hygienic Companies. Sobhan Pharmaceutical Group exhibited the lowest total efficiency. Overall, 88% of the companies in the studied industry have an efficiency higher than 0.5.

[*]Ph.D Student, Department of Financial Management, Shahr-e-Qods Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran, eftekharian.s.e@gmail.com
[**]Assistant Professor, Department of Financial Management, Shahr-e-Qods Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran, (corresponding author), farzadehashemi@yahoo.com
[+] Assistant Professor, Department of Accounting, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran, anemati67@gmail.com
[×] Assistant Professor, Department of Mathematics, Shahr-e-Qods Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran, raziehmehrjooiau@gmail.com
[-] Assistant Professor, Department of Mathematics, Shahr-e-Qods Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran, ahadzadehnamin@yahoo.com

How to Cite: Eftekharian, S. E., Hashemi, S. F., Nemati, A., Mehrjoo, R., & Ahadzadeh Namin, M. (2024). Development of network data envelopment analysis model to evaluate the technical efficiency of the pharmaceutical industry. *Economic Modeling*, 17(64): 117_138.

1. Introduction

Investors always aim to make the most favorable investment decisions to achieve higher returns. Therefore, they seek to rank companies based on their performance efficiency and buy shares of the efficient ones. Among various methods for performance evaluation, Data Envelopment Analysis (DEA) stands out as one of the most reliable. However, standard DEA cannot identify the inefficiency factors of decision-making units. The introduction of the two-stage DEA technique addresses this issue. We use the Fuzzy Analytical Hierarchy Process (FAHP) method to calculate the weights of the first and second stages of the network. There are two distinct and common techniques in stock price forecasting. The first is Technical Analysis (TA, referred to as the "financial production process"), which uses the inductive analysis of historical price fluctuations to predict asset price movements. The second technique is Fundamental Analysis (FA, referred to as the "production process"), which examines a company's fundamental performance through profitability, asset utilization, liquidity, leverage, and growth. Generally, we consider profitability and growth perspectives as outputs, and asset utilization, liquidity, and leverage perspectives as inputs. In this research, we integrate TA and FA techniques and consider them simultaneously in a Network Data Envelopment Analysis (NDEA) model.

Despite the need to evaluate company performance, useful studies in this field are limited, and the NDEA method has received less attention. Most research extracts input and output indicators based solely on either the FA or TA approach. However, considering their complementary roles, we simultaneously incorporate both approaches in this study. Another innovation of this research is the combination of FAHP and NDEA. Additionally, we develop the NDEA model to handle semi-positive and negative indicators, marking another research innovation. Finally, we implemented the presented model on the listed companies of the pharmaceutical industry in 2021 and analyzed the results.

2. Research method and data

The statistical population of this research consists of listed companies in the pharmaceutical industry. Based on specific selection criteria, we selected 24 out of 41 companies. The input indicators for this research are asset turnover, current ratio, debt-to-equity ratio, and leverage ratio. The intermediate indicators are return on equity, return on assets, earnings per share, and net income growth rate. The output indicators are return and stock price risk. We consider the outputs of the first stage, which are the intermediate indicators, as the inputs for the second stage. Given that the return and net income growth rate indicators have semi-positive and negative values, we focused on developing the NDEA model to address these factors. To solve the problem of additive efficiency decomposition in determining the weights of the different stages of the network, we used the Fuzzy Analytical Hierarchy Process (FAHP) method. We

consulted the opinions of 19 experts, resulting in a weight assignment of 0.564 for the first stage and 0.436 for the second stage.

3. Analysis and discussion

Based on the findings, companies with trading symbols Dalber, Pakhsh, D-Tolid, D-Lor, D-Loqma, Va-Pakhsh, D-Fara, and Daro achieved full efficiency in the first stage. In the second stage, D-Tolid, D-Lor, D-Amin, D-Fara, D-Kosar, and D-Loqma achieved full efficiency. Consequently, D-Tolid, D-Lor, and D-Loqma companies attained an efficiency value of one in both stages, resulting in an overall efficiency of one for these companies. The coefficients calculated for the first and second stages suggest that the overall efficiency lies between the efficiencies of the two stages, leaning towards the first stage. Analysis of the scatter diagram depicting the first and second stage efficiencies in 2021 revealed that a few companies were positioned in the first quarter, indicating high production and high financial production. Further analysis is warranted for companies positioned in the first quarter to gain deeper insights.

4. Conclusion

Efficiency evaluation of listed companies is crucial due to their significant role in driving production and contributing to the economy. This study aimed to assess the technical efficiency of listed pharmaceutical companies in 2021, utilizing the NDEA model and refining it to accommodate semi-positive and negative indicators. The results underscored the dominance of the production process in influencing overall efficiency, with 33% of companies in the first stage and 25% in the second stage achieving an efficiency value of one. Furthermore, 13% of companies demonstrated efficiency in both stages, resulting in an overall efficiency value of one. Analysis of the scatter diagram depicting efficiencies in the first and second stages revealed a majority of companies concentrated in the quadrant of low production-high financial production or low production-low financial production. However, a select few companies exhibited strong performance across both stages, suggesting the need for further analysis of companies in the first quadrant to glean deeper insights.

Funding

There is no funding support.

Declaration of Competing Interest

The author declares no conflicts of interest relevant to the content of this article.

Acknowledgments

We thank anonymous reviewers for their useful comments greatly contributing to improve our work.

مدلسازی اقتصادی
Economic Modelling
https://eco.firuzkuh.iau.ir
دوره ۱۷، شماره ٦٤، زمستان ۱٤۰۲،صفحه‌های ۱۱۵ تا ۱۳٦.

پژوهشی

توسعه مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه برای ارزیابی کارآیی فنی صنعت داروسازی[۱]

سیده الهام افتخاریان *، سیدفرزاد هاشمی**، علی نعمتی+، راضیه مهرجو×، مهناز احدزاده نمین-

DOI:

تاریخ دریافت:
۱۴۰۲/۰۷/۱۰
تاریخ پذیرش:
۱٤۰۳/۰۲/۲۰

واژگان کلیدی:
تحلیل پوششی داده‌ها، تحلیل بنیادی، تحلیل تکنیکال، ارزیابی کارآیی، صنعت داروسازی

طبقه‌بندی JEL:
C02, C67 ,G20

چکیده

هدف این مقاله، ارزیابی کارآیی فنی شرکت‌های بورسی صنعت داروسازی، در سال ۱٤۰۰ است. بدین منظور، مدل ترکیبی تحلیل پوششی داده‌های شبکه دو مرحله‌ای با وجود شاخص-های نیمه مثبت و منفی و با درنظر گرفتن همزمان فرآیند تولید(تحلیل بنیادی) در مرحله اول و فرآیند تولید مالی(تحلیل تکنیکال) در مرحله دوم بررسی شد. همچنین، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی برای تعیین اوزان مراحل اول و دوم استفاده شد. نتایج نشان داد: فرآیند تولید(تحلیل بنیادی) در تعریف کارآیی کلی یک شرکت در بازار سهام مهمتر است؛ در مرحله اول، ۳۳ درصد و در مرحله دوم، ۲۵ درصد شرکت‌های صنعت داروسازی کارآیی کامل یک را کسب نمودند؛ با توجه به کارآیی یک ۱۳ درصد شرکت‌های صنعت مورد مطالعه در هر دو مرحله اول و دوم، مقدار کارآیی کل شرکت‌های مذکور نیز کامل و برابر یک شد؛ این شرکت-ها عبارتند از: داروسازی تولید دارو، داروسازی اکسیر و دارویی و بهداشتی لقمان؛ کمترین میزان کارآیی کل نیز متعلق به گروه دارویی سبحان است؛ به‌طورکلی، ۸۸ درصد از شرکت‌های صنعت مورد مطالعه، کارآیی بالاتر از ۰/۵ دارند.

[۱] این مقاله مستخرج از رساله دکتری سیده الهام افتخاریان به راهنمایی دکتر سید فرزاد هاشمی و دکتر علی نعمتی و مشاوره دکتر راضیه مهرجو و دکتر مهناز احدزاده نمین در دانشکده علوم انسانی دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهر قدس است.

* دانشجوی دکتری، گروه مدیریت‌مالی، واحد شهرقدس، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران، eftekharian.s.e@gmail.com
** استادیار، گروه مدیریت مالی، واحد شهرقدس، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران (نویسنده مسئول)، farzadehashemi@yahoo.com
+ استادیار، گروه حسابداری، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران، anemati67@gmail.com
× استادیار، گروه ریاضی، واحد شهرقدس، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران،raziehmehrjooiau@gmail.com
- استادیار، گروه ریاضی، واحد شهرقدس، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران، ahadzadehnamin@yahoo.com

۱. مقدمه

توسعه اقتصادی در جهان پیشرفته امروزی، مدیون بورس و فعالیت‌های بازار سرمایه است. سرمایه‌گذاران همواره به‌دنبال اتخاذ مطلوب‌ترین تصمیمات مالی و سرمایه‌گذاری هستند تا بازده بالاتری نصیبشان شود. لذا به‌دنبال رتبه‌بندی شرکت‌ها برمبنای کارایی عملکرد آنها و خرید سهام شرکت‌های کارا هستند. در این راستا، تجزیه و تحلیل وضعیت حال و گذشته شرکت‌ها و شناسایی کاراترین آنها با توجه به برخی از معیارها، کمک بسیار زیادی به سرمایه‌گذاران می‌کند. روش‌های مختلفی برای ارزیابی عملکرد وجود دارد که یکی از معتبرترین آنها، تحلیل پوششی داده‌ها[۱] است(غفاری، ۱۳۹٦). تحلیل پوششی داده‌ها یک تکنیک غیرپارامتریک تحقیق در عملیات جهت تخمین کارآیی واحدهای تصمیم‌گیرنده است(مؤمنی، صفری، رستمی، مصطفایی و سلیمانی دامنه، ۱۳۹٦). برتری اصلی روش تحلیل پوششی داده‌ها نسبت به سایر روش‌ها، توانایی بررسی همزمان چندین ورودی و خروجی بدون نیاز به مشخص بودن رابطه بین ورودی‌ها و خروجی‌هاست. ویژگی دیگر این روش، کارآیی آن برای الگویابی در صنایع مختلف با ورودی‌ها و خروجی‌های پیچیده است(علی‌پور، ملیکان و فخاری، ۱٤۰۱). اگرچه تکنیک تحلیل پوششی داده‌های یک مرحله‌ای روشی مرسوم برای ارزیابی کارآیی است اما قادر به شناسایی عوامل ناکارآیی واحدهای تصمیم‌گیرنده نیست. با معرفی تکنیک تحلیل پوششی داده‌های دو مرحله‌ای امکان غلبه بر مشکل مذکور فراهم شد(محبتی‌جهرمی، ۱۳۹٤). اخیراً، روش تحلیل پوششی داده‌ها شبکه‌ای برای ارزیابی ساختار داخلی مجموعه‌های تولیدی توسعه یافته است؛ به‌طوریکه عملکرد سیستم را به‌گونه‌ای مطلوب‌تر بررسی می‌کند(مرادی‌پور، اسدی رحمتی و عبدالی، ۱٤۰۰؛ تسای، چنگ، انگوین، تسای[۲]، ۲۰۲۰). روش تحلیل پوششی داده‌های شبکه، توسعه‌ای از تحلیل پوششی داده‌های استاندارد است که ارزیابی کارآیی واحدهای تصمیم‌گیری را با در نظر گرفتن ساختار داخلی آنها، مدل می‌کند. درحالی که در تحلیل پوششی داده‌های استاندارد، واحد تصمیم‌گیری به‌عنوان یک فرآیند واحد در نظر گرفته می‌شود، در روش تحلیل پوششی داده‌های شبکه، واحد تصمیم‌گیری به‌عنوان شبکه‌ای از فرآیندهای فرعی به‌هم پیوسته (مراحل) در نظر گرفته می‌شود. در رویکرد متداول روش تحلیل پوششی داده‌های شبکه، فرآیندهای فرعی به‌عنوان واحدهای مجزا با ورودی‌ها و خروجی‌های مجزا، در نظر گرفته می‌شوند. بنابراین، هر فرآیند فرعی مجموعه امکان تولید خاص خود را دارد، که می‌تواند به‌طور بدیهی از مجموعه‌ای از مفروضات با استفاده از اصل برون‌یابی حداقل، استخراج شود. مجموعه امکان تولید سیستم کلی، به‌عنوان ترکیب تک تک مجموعه امکان تولیدها تعریف می‌شود. رویکرد مرسوم، شامل تمام روش‌هایی است که در آن کارآیی‌های سیستم و بخش‌ها یا مراحل، به‌طور مشترک در یک برنامه ریاضی واحد، محاسبه می‌شوند. یک ویژگی اساسی که کارای سیستم را با کارآیی بخش‌ها مرتبط می‌کند، این است که یک سیستم به‌طور کلی کاراست اگر و تنها اگر که بخش‌های آن، همگی کارا باشند. (دسپوتیس، سوتیرس و کروناکس[۳]، ۲۰۲۳).

دو نوع تکنیک مجزا و متداول در پیش‌بینی قیمت سهام وجود دارد. اولین تکنیک، تحلیل تکنیکال[٤] است که از روش‌های کمی یا کیفی یا هر دو به‌منظور پیش‌بینی حرکت قیمت دارایی از تحلیل استقرایی نوسانات قیمت تاریخی

[۱] Data Envelopment Analysis(DEA)
[۲] Tsai, Cheng, Nguyen & Tsai
[۳] Despotis, Sotiros & Koronakos
[٤] Technical Analysis (TA)

استفاده می‌کند. دومین تکنیک، تحلیل بنیادی[۱] است که ابتدا توسط گراهام و دود[۲] (۱۹۳٤) پیشنهاد شده و سپس توسط گوردون و شاپیرو[۳] (۱۹۵٦) و اولسون[٤] (۱۹۹۵) گسترش داده شد. علیرغم اهداف یکسان، این تکنیک‌ها به‌ندرت در یک تحقیق ادغام شده‌اند و تحلیل تکنیکال از محبوبیت بیشتری برخوردار است. با ترکیب شاخص‌های مالی شرکت و شاخص‌های بازار سهام در یک مدل، به بررسی بیشتر سلامتی و پایداری شرکت‌های بورسی پرداخته می‌شود(کو، لو و دین[۵]، ۲۰۲۰). بر این اساس، عملکرد بنیادی یک شرکت به‌واسطه منظرهای سودآوری، به‌کارگیری دارایی، نقدینگی، اهرم و رشد بررسی می شود(کو و همکاران، ۲۰۲۰). منظرهای سودآوری و رشد، عموماً خروجی درنظر گرفته می‌شوند، زیرا تولید درآمد هدف اصلی یک شرکت است. منظرهای به کارگیری دارایی، نقدینگی و اهرم به‌عنوان ورودی درنظر گرفته می‌شوند زیرا با برنامه‌ریزی عملیاتی یک شرکت مرتبط هستند (ادیریسیق و ژانگ[٦]، ۲۰۱۰). بعلاوه، از آنجا که تحلیل بنیادی و تحلیل تکنیکال در ارزیابی سهام مفهوم مکمل دارند، در این پژوهش، دو تکنیک مذکور با هم ادغام شده و در یک مدل تحلیل پوششی داده‌ها شبکه به‌طور همزمان درنظر گرفته می‌شوند تا ارزیابی متعادل‌تری از عملکرد داخلی شرکت‌ها پیشنهاد دهیم. در این مقاله دو اصطلاح «فرآیند تولید[۷]» و « فرآیند تولید مالی[۸]» مالی[۸]» به‌کار گرفته شده است. دارایی‌های مالی در ماهیت و روابط وابستگی بین قیمت‌هایشان از واحدهای تولیدی سنتی متفاوت هستند؛ همین امر، منجر به «فرآیند تولید مالی» می‌شود که می‌توان آن را به عنوان تولید توزیعی از بازده-ها در سرمایه‌گذاری اولیه درنظر گرفت. بنابراین، به‌منظور نشان دادن «فرآیند تولید مالی»، با یک تلقی جدید درخصوص ریسک سهام یا پرتفوی، به تحقیق تارنود و لِلو(۲۰۱۸) ارجاع می‌دهیم. وی اشاره کرد، به‌دلیل ارتباط تصادفی بین ریسک و بازده، در حقیقت آنها خروجی تولید شده از ورودی سرمایه‌گذاری اولیه هستند. بر این اساس، شاخص‌های مرحله اول شبکه براساس رویکرد تحلیل بنیادی انتخاب و «فرآیند تولید» نامگذاری شد و شاخص‌های مرحله دوم براساس رویکرد تحلیل تکنیکال تعریف و به‌عنوان «فرآیند تولید مالی» معرفی گردید. از منظر تجزیه کارآیی نیز، مدل‌های تجزیه کارآیی مضربی و تجزیه کارآیی ترکیبی وجود دارندم. مقاله حاضر براساس رویکرد تجزیه کارآیی ترکیبی است به‌طوریکه کارآیی کلی، نتیجه میانگین وزنی کارآیی‌های مراحل انفرادی است، اما مشکل رویکرد اخیر، این است که وزنی که توسط مدل تعیین می‌شود، به سمت مرحله دوم انحراف دارد. برای حل این مسئله و تعیین وزن مراحل اول و دوم شبکه، از روش تحلیل سلسله مراتبی[۹] استفاده شد. از آنجا که تصمیم‌گیرندگان اغلب به-به‌علت طبیعت فازی مقایسه‌های زوجی قادر نیستند به صراحت نظرشان را در مورد برتری‌ها اعلام کنند، به همین دلیل در قضاوت‌هایشان ارائه یک بازه را به جای یک عدد ثابت ترجیح می‌دهند (جوکار سرهنگی و جباری، ۱۳۹۳). لذا در این پژوهش از روش تحلیل سلسله‌مراتبی فازی استفاده شده است.

با توجه به لزوم ارزیابی عملکرد شرکت‌ها، تاکنون مطالعات سودمندی در این زمینه صورت انجام‌گرفته و اغلب به‌صورت کاربردی به تجزیه و تحلیل عملکرد و همچنین پیش‌بینی عملکرد با استفاده از تخمین داده‌ها پرداخته شده

[۱] Fundamental Analysis (FA)
[۲] Graham and Dodd
[۳] Gordon and Shapiro
[٤] Ohlson
[۵] Kuo, Lu & Dinh
[٦] Edirisinghe & Zhang
[۷] Production Process
[۸] Financial Production Process
[۹] Analytical Hierarchy Process (AHP)

است. یکی از رویکردهای ارزیابی که کمتر به آن توجه شده، استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌های شبکه است که در این تحقیق، رویکرد دو مرحله‌ای روش مذکور، به‌کار گرفته شده است. از طرف دیگر، در اکثر تحقیقات، شاخص-های ورودی و خروجی تنها براساس رویکرد تحلیل بنیادی یا تحلیل تکنیکال استخراج شده‌اند و در اندک تحقیقاتی، این دو رویکرد در کنار هم قرار گرفته‌اند. لذا در این تحقیق، با توجه به نقش مکملی که رویکردهای تحلیل بنیادی و تکنیکال نسبت به یکدیگر دارند، دو رویکرد مذکور بهطور همزمان در یک مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه در نظر گرفته شده‌اند. نوآوری دیگر این تحقیق، ترکیب یکی از روش‌های تصمیم‌گیری یعنی تحلیل سلسله‌مراتبی فازی و تحلیل پوششی داده‌های شبکه، جهت تعیین وزن مراحل اول و دوم در مدل ارائه شده، است. از دیگر نوآوری‌های تحقیق، توسعه مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه، در حضور شاخص‌های نیمه مثبت و منفی است. نهایتاً، مدل ارائه شده، به‌طور موردی بر روی شرکت‌های بورسی صنعت داروسازی اجرا و نتایج مورد بررسی و تحلیل قرار گرفتند. لذا، مسئله این است که وضعیت کارآیی فنی شرکت‌های بورسی صنعت داروسازی با وجود شاخص‌های نیمه مثبت و منفی، به چه صورت است؟

برای دستیابی به این هدف، ادامه مقاله بدین شرح ساماندهی شده است: در بخش دوم، به ادبیات موضوع پرداخته می‌شود؛ در بخش سوم، روش پژوهش تصریح و در بخش چهارم، یافته‌ها و نتایج پژوهش آورده می‌شود. بخش پنجم نیز به نتیجه‌گیری و پیشنهادها اختصاص می‌یابد.

۲. مروری بر ادبیات

سازمان‌ها به طور یکنواخت پیچیده شده‌اند؛ ولی برای پاسخگویی به تعهدات‌شان در مقابل مجموعه سهامداران و ذی-نفعان، نیاز دارند که به اندازه کافی منعطف نیز باشند؛ علاوه بر این، نیاز به ارزیابی عملکرد برای بقای بلندمدت سازمان‌ها به‌صورت یک ضرورت اجتناب‌ناپذیر در آمده است. اندازه‌گیری کارآیی خصوصا در دو دهه اخیر به علت اهمیت آن در ارزیابی عملکرد توجه زیادی شده(شفیعی، ۱۳۹٦)؛ در حقیقت سنجش کارآیی هر مجموعه به این معناست که مجموعه مورد نظر چقدر خوب کار می‌کند(شجاع و درویش متولی، ۱۳۹٤). تحلیل پوششی داده‌ها از تکنیک‌ها و مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی برای ارزیابی عملکرد واحدهای مشابه (مثلاً شعب بانک‌ها، بیمارستان‌ها و مدارس و ...) است و از ورودی‌ها و خروجی‌های چندگانه استفاده می‌کند. ایده اولیه ورودی‌های چندگانه و خروجی یگانه به‌وسیله فارل[۱] (۱۹۵۷) معرفی شد و چارنز ، کوپر و رودز[۲](۱۹۷۸) برای ورودی‌ها و خروجی‌های چندگانه آن را توسعه دادند. (مؤمنی و همکاران، ۱۳۹٦). در روش مرسوم تحلیل پوششی داده‌ها، به واحدهای تصمیم‌گیری به-عنوان یک جعبه سیاه نگریسته شده و لذا ساختار درونی آنها عموما نادیده گرفته می‌شود و این گونه فرض می‌شود که عملکرد واحد تصمیم گیرنده تابعی از ورودی‌ها و خروجی‌های انتخابی است؛ اما در بسیاری از موارد، واحدهای تصمیم‌گیرنده دارای یک ساختار چندسطحی سلسله مراتبی یا یک شبکه درونی از فعالیت‌ها و تصمیمات هستند؛ که عملکرد هر کدام از این سطوح می‌تواند بر عملکرد کل سازمان تاثیر بگذارد(شفیعی، ۱۳۹٦). برای رفع عیب مدل‌های سنتی، مدل‌های تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای[۳] معرفی شدند که عملیات فرایندها و اجزا را در ارزیابی کارآیی

[۱] Farrell
[۲] Charnes, Cooper & Rhodes
[۳] Network Data Envelopment Analysis(NDEA)

سیستم طی مراحل مختلف بررسی می‌کند. (سلیمانی‌دامنه، مؤمنی، مصطفایی و رستمی‌مال‌خلیفه، ۱۳۹٦). این تکنیک، کارآیی نسبی مجموعه‌ای از واحدهای تصمیم‌گیرنده را در یک مقطع زمانی محاسبه می‌کند. فارل(۱۹۵۷) سنجش کارآیی نسبی را، زمانی که ورودی‌ها و خروجی‌های متعدد و غیرقابل قیاس وجود دارند، بررسی و پیشنهاد کرد که براساس میانگین موزون واحدهای کارآمد یک واحد فرضی کارآمد ساخته شود تا از آن به‌عنوان مبنای مقایسه‌ای برای یک واحد ناکارآمد استفاده شود. فرمول محاسبه کارآیی نسبی عبارت است از: مجموع موزون خروجی‌ها تقسیم بر مجموع موزون ورودی‌ها. عبارت کارآیی نسبی به این دلیل است که کارآیی حاصل، نتیجه مقایسه واحدها با یکدیگر است. سرمایه‌گذاران برای سرمایه‌گذاری در بورس اوراق بهادار، از ابزارهای تحلیل بنیادی و تحلیل تکنیکال استفاده می کنند. در تحلیل بنیادی، برای پیش‌بینی روند حرکت سهام علاوه بر استفاده از قیمت آن از اطلاعات مربوط به سود شرکت، هزینه‌های شرکت، میزان سرمایه و مالیات شرکت و میزان بدهکاری آن استفاده می‌شود. این اطلاعات از گزارش‌های سالیانه یک شرکت که به‌صورت عمومی منتشر و استخراج می‌شوند. ارکان اصلی تحلیل بنیادی عبارتند از: تحلیل اقتصاد، تحلیل صنعت و تحلیل شرکت(رهنمای‌رودپشتی و صالحی، ۱۳۸۹). تحلیل‌گران تکنیکال با رسم منحنی تغییرات قیمت، زمان خرید و فروش سهام را تخمین می‌زنند. تحلیل تکنیکی، درحال حاضر، از مهم‌ترین روش‌های تحلیل بازار است که به‌طور گسترده در تمام کشورهای جهان استفاده می‌شود (کتابی، فتحی و یوسفان، ۱۳۹٤، ص. ۵۹) اما کانتراس، هیدالگو و نونز-لتامندیا[۱](۲۰۱۲) به مکمل بودن تحلیل بنیادی و تحلیل تکنیکال اشاره کردند.

با توجه به لزوم ارزیابی کارآیی شرکت‌ها، تاکنون تحقیقات متعددی در این زمینه انجام شده است. مقادیر کارآیی و نوسان بازار سهام نیجریه طی دوره ۲۰۱۰ الی ۲۰۲۰ با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها ارزیابی شد (بنجامین[۲]، ۲۰۲٤). دسپوتیس و همکاران (۲۰۲۳)، رویکردی جایگزین برای روش تحلیل پوششی داده‌های شبکه دو مرحله‌ای پیشنهاد دادند. آنها فرآیند دو مرحله‌ای را به‌عنوان سیستمی درنظر گرفتند که با توجه به نقش شاخص‌های میانی، از دو منظر قابل بررسی است؛ سیستم به عنوان تولیدکننده و مصرف‌کننده شاخص‌های میانی. مدل آنها بر روی ۲۲ تولیدکننده خودرو در سال مالی ۲۰۱۹ اجرا و نتایج بررسی شد. لی، ژو، هه و لی[۳](۲۰۲۲)، فرآیند عملیاتی بانک‌های اینترنتی را با استفاده از مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه، به دو مرحله عملیات ارزش و ایجاد ارزش تقسیم کردند. کارآیی شرکت‌های تولیدکننده سیمان با توجه به تفاوت در فناوری‌های تولید سیمان و درنتیجه ورودی‌ها و خروجی-های متفاوت در هر یک از فناوری‌ها، براساس تحلیل پوششی شبکه‌ای داده‌ها در شرایط ناهمگن و به‌صورت سه-مرحله‌ای، محاسبه شد(عابدی دهکردی، توحیدی، رضویان و کرامتی، ۱٤۰۲). کارآیی ۱۵ شرکت بیمه هندوستان با استفاده از مدل تحلیل پوششی داده‌های دو مرحله‌ای ارزیابی شد (سینها[٤]، ۲۰۲۱). همایون‌فر، صلاحی، دانشور و خاتمی فیروزآبادی(۱٤۰۰)، رویکرد ترکیبی تحلیل پوششی داده‌ها و شبکه عصبی را برای ارزیابی عملکرد شرکت داروسازی ایران دارو به‌کار گرفتند. مدل بازی چانه‌زنی برای ارزیابی کارآیی واحدهای تصمیم‌گیری با ساختار شبکه‌ای چندمرحله‌ای توسعه داده شد و درنهایت، رویکرد جایگزینی برای تخصیص هزینه ثابت مشترک در شبکه چندمرحله‌ای براساس بازی چانه‌زنی پیشنهاد شد(مرادی‌پور و همکاران، ۱٤۰۰). کوچیسوا[۵](۲۰۲۰)، برای ارزیابی

[۱] Contreras, Hidalgo & Nunez-Letamendia
[۲] Benjamin
[۳] Li, Zhu, He & Li
[٤] Sinha
[۵] Kocisova

کارآیی بانک‌های مهم جهانی از طریق یک فرآیند تولید دو مرحله‌ای (شامل فرآیندهای فرعی تولید سپرده و تولید دارایی‌های سودآور) و نشان دادن موثرتر بودن این روش نسبت به روش سنتی تحلیل پوششی داده‌ها، از روش تحلیل پوششی داده‌های شبکه پویا استفاده شد. برای ارزیابی کارآیی نسبی و رتبه‌بندی شعب بانک‌ها در استان زنجان، رویکرد پنجره‌ای مورد استفاده قرار گرفت(درودی و امینی، ۱۳۹۸). ارزیابی کارآیی ۲۲ شرکت بورسی با توجه به ورودی‌ها و خروجی‌ها و با استفاده از شاخص مالم کوئیست ورودی محور در طول سال‌های ۱۳۹۵-۱۳۹۱ انجام شد (علی نژاد و خلیلی، ۱۳۹۷). آن‌ها برای از بین بردن وابستگی ورودی‌ها و خروجی‌ها، از روش تجزیه به مولفه‌های اصلی استفاده کردند و با استفاده از تکنیک وزن‌های مشترک و روش مین ماکس، به رتبه‌بندی واحدهای کارا پرداختند (اُستا، ۱۳۹۷). کتابی و همکاران (۱۳۹٤)، در پژوهشی با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها، به رتبه‌بندی صنایع بورسی پرداختند.

براساس مطالعات انجام شده، تحقیقات اندکی با استفاده روش تحلیل پوششی داده‌ها شبکه دو مرحله‌ای و با وجود شاخص‌های نیمه مثبت و منفی انجام شده است. همچنین، براساس بررسی‌های صورت گرفته، ادغام روش تحلیل پوششی داده‌ها و روش تحلیل سلسله‌مراتبی فازی جهت تعیین وزن مراحل اول و دوم شبکه، تاکنون انجام نشده است. علاوه‌بر این، علی‌رغم تأیید مکمل بودن روش‌های تحلیل بنیادی و تحلیل تکنیکال در تحقیقات مختلف و مزیت به کارگیری همزمان این دو روش در مسائل برای همپوشانی معایب یکدیگر و ایجاد ارزش‌افزوده بیشتر، محققان اندکی به این موضوع توجه داشته‌اند.

۳. روش پژوهش

جامعه آماری این پژوهش، شرکت‌های بورسی صنعت داروسازی است. به‌طوری که با اعمال محدودیت‌های: سال مالی منتهی به پایان اسفند، پذیرش نماد شرکت در بورس اوراق بهادار قبل از سال ۱۳۹۳ و عدم توقف نماد معاملاتی بیش از ٦ ماه طی دوره مورد بررسی، از ٤۱ شرکت این صنعت، ۲٤ شرکت انتخاب شدند.

جدول ۱. تعریف متغیرهای تحقیق

نوع	وضعیت و نام متغیر	عنوان متغیر	توصیف/اندازه‌گیری	منظر
ورودی	کاملاً مثبت و نامطلوب (X_j^{UD})	گردش دارایی	درآمد حاصل از دارایی‌های تحت تملک یک شرکت	به‌کارگیری دارایی
		نسبت جاری	کل دارایی‌های جاری تقسیم بر کل بدهی‌های جاری	نقدینگی
	کاملاً مثبت و مطلوب (X_j)	نسبت بدهی به حقوق صاحبان سهام	بدهی بلند مدت تقسیم بر حقوق صاحبان سهام	
		نسبت اهرمی	کل بدهی تقسیم بر کل دارایی	اهرم
میانی	کاملاً مثبت (Z_j)	بازده دارایی‌ها[1]	درآمد خالص تقسیم بر کل دارایی ها	سودآوری
		بازده حقوق صاحبان سهام[2]	درآمد خالص تولید شده به ازای هر واحد حقوق	

[1] Return on Assets (ROA)
[2] Return on Equity (ROE)

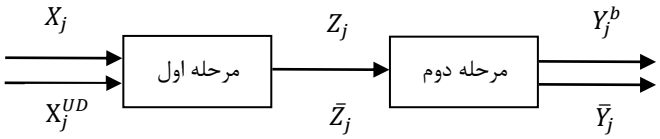
نوع	وضعیت و نام متغیر	عنوان متغیر	توصیف/اندازه‌گیری	منظر
			صاحبان سهام عادی	
		سود هر سهم[1]	درآمد خالص منهای سود تقسیمی سهام تقسیم بر تعداد سهام عادی	
	نیمه مثبت و منفی($\bar{Z}_j$)	نرخ رشد درآمد خالص	درآمد خالص سال جاری تقسیم بر درآمد خالص سال قبل منهای یک	رشد
خروجی	نیمه مثبت و منفی($\bar{Y}_j$)	بازده	بازده سالیانه سهام، اندازه‌گیری شده بدین طریق: بازده روزانه سهام = $\frac{\text{قیمت پایانی روز t} - \text{قیمت پایانی روز (t-1)}}{\text{قیمت پایانی روز (t-1)}}$ بازده سالیانه سهام = مجموع بازده‌های روزانه در طول یک سال	–
	کاملاً مثبت و نامطلوب(Y_j^b)	ریسک	انحراف معیار بازده روزانه	–

منبع: کو و همکاران(۲۰۲۰) و یافته‌های پژوهش

براساس یافته‌های تارنود و للو (۲۰۱۸) و کو و همکاران(۲۰۲۰)، متغیرهای ورودی: گردش دارایی، نسبت جاری، نسبت بدهی به حقوق صاحبان سهام و نسبت اهرمی، متغیرهای میانی: بازده حقوق صاحبان سهام، بازده دارایی‌ها، سود هر سهم و نرخ رشد درآمد خالص و متغیرهای خروجی: بازده و ریسک قیمت سهام شرکت، در نظر گرفته شدند. خروجی‌های مرحله اول که همان متغیرهای میانی هستند، به عنوان ورودی‌های مرحله دوم درنظر گرفته می‌شوند. جدول ۱، جزئیات این متغیرها و وضعیت آنها از لحاظ نوع مقدار(کاملاً مثبت یا نیمه مثبت و منفی) و مطلوب یا نامطلوب بودن، نشان می‌دهد.

فرض کنید n واحد تحت ارزیابی دارای شبکه‌ای دو مرحله‌ای به فرم شکل ۱ است. برای $DMU_j (j = 1, \dots, n)$ به ترتیب ورودی X_j و X_j^{UD} به دو دسته ورودی‌های کاملاً مثبت مطلوب $x_{ij} ; i \in I_1$ و ورودی‌های کاملاً مثبت نامطلوب $x_{ij}^{UD} ; i \in I_2$ تقسیم‌بندی شده‌اند. اگر مجموعه $I=\{1,\dots,m\}$ نشان‌دهنده کل ورودی‌های مرحله اول باشد، داریم $I = I_1 \cup I_2$ و $I_1 \cap I_2 = \emptyset$. از طرف دیگر، Z_j شاخص میانی کاملاً مثبت، $z_{kj}; k \in K_1$ و $\bar{Z}_j$ شاخص میانی دارای مقادیر نیمه مثبت و منفی، $\bar{z}_{kj}; k \in K_2$ است؛ به‌طوریکه، اگر مجموعه $K=\{1,\dots,k\}$ نشان‌دهنده کل شاخص‌های میانی باشد، داریم $K = K_1 \cup K_2$ و $K_1 \cap K_2 = \emptyset$. Y_j خروجی مرحله دوم شامل دو دسته مجزا (Y_j^b و $\bar{Y}_j$)، خروجی‌های کاملاً مثبت نامطلوب $y_{rj}^b; r \in R_1$ و خروجی‌های نیمه مثبت و منفی $\bar{y}_{rj}; r \in R_2$ است. اگر مجموعه $R=\{1,\dots,s\}$ نشان‌دهنده کل خروجی‌های مرحله دوم باشد، داریم: $R = R_1 \cup R_2$ و $R_1 \cap R_2 = \emptyset$.

[1] Earning per Share (EPS)



شکل ۱. مدل تحقیق بر اساس نماد متغیرها

منبع: یافته‌های پژوهش

لذا می‌توان نوشت، ورودی‌های کاملاً مثبت و مطلوب $X_j = (x_{1j}, \dots, x_{m_1 j})$ و ورودی‌های کاملاً مثبت و نامطلوب $X_j^{UD} = (x_{1j}^{UD}, \dots, x_{m_2 j}^{UD})$؛ به‌طوری که $m_1 + m_2 = m$. برای شاخص‌های میانی کاملاً مثبت نیز داریم $Z_j = (z_{1j}, \dots, z_{k_1 j})$ و برای ورودی‌های نیمه مثبت و منفی داریم $\bar{Z}_j = (\bar{z}_{1j}, \dots, \bar{z}_{k_2 j})$ ؛ به‌طوری که $k_1 + k_2 = k$. طبق روش امروزنژاد و همکاران(۲۰۱۰) در مواجه با شاخص‌های نیمه مثبت و منفی می‌توان روابط (۱) و (۲) را نوشت:

$$\bar{z}_{Kj} = z_{kj}^{+} - z_{kj}^{-} \;\; ; \;\; z_{kj}^{+} \geq 0 \;\; , \;\; z_{kj}^{-} \geq 0 \;\; ; \; k = \{1, \dots, k_2\} \qquad (۱)$$

که در آن:

$$z_{kj}^{+} = \begin{cases} 0 & \bar{z}_{kj} < 0 \\ \bar{z}_{kj} & \bar{z}_{kj} \geq 0 \end{cases} \quad \text{و} \quad z_{kj}^{-} = \begin{cases} 0 & \bar{z}_{kj} \geq 0 \\ -\bar{z}_{kj} & \bar{z}_{kj} < 0 \end{cases} \qquad (۲)$$

و برای شاخص کاملاً مثبت خروجی نامطلوب و خروجی نیمه مثبت و منفی مرحله دوم به ترتیب می‌توان نوشت:

$Y_j^b = (y_{1j}^b, \dots, y_{s_1 j}^b)$ و $\bar{Y}_j = (\bar{y}_{1j}, \dots, \bar{y}_{s_2 j})$ ؛ به‌طوری که $s = s_1 + s_2$.

از آنجایی که $\bar{Y}_j$ یک شاخص نیمه مثبت و منفی است، روابط (۳) و (٤) را می‌توان نوشت:

$$\bar{y}_{rj} = y_{rj}^{+} - y_{rj}^{-} \quad ; \quad y_{rj}^{+} \geq 0 \;\; \text{و} \;\; y_{rj}^{-} \geq 0 \; ; \; r = \{1, \dots, s_2\} \qquad (۳)$$

که در آن:

$$y_{rj}^{+} = \begin{cases} 0 & \bar{y}_{rj} < 0 \\ \bar{y}_{rj} & \bar{y}_{rj} \geq 0 \end{cases} \quad \text{و} \quad y_{rj}^{-} = \begin{cases} 0 & \bar{y}_{rj} \geq 0 \\ -\bar{y}_{rj} & \bar{y}_{rj} < 0 \end{cases} \qquad (٤)$$

با توجه به توضیحات فوق، تکنولوژی تولید به همراه شرط دسترسی‌پذیری ضعیف برای مرحله دوم با استفاده از ضرایب انقباضی به صورت رابطه (۵) در نظر گرفته می‌شود.

(۵)

$$T^2 = \left\{ (Z, \bar{Z} = Z^+ - Z^- \,,\; Y^b \,,\; \bar{Y} = Y^+ - Y^-) \middle| \begin{array}{c} \sum_{j=1}^{n} \lambda_j^{(2)} Z_j \leq Z \,,\; \sum_{j=1}^{n} \lambda_j^{(2)} Z_j^+ \leq Z^+ \,, \\ \sum_{j=1}^{n} \lambda_j^{(2)} Z_j^- = Z^- , \sum_{j=1}^{n} \theta_j \lambda_j^{(2)} Y_j^{(b)} = Y^b \,, \\ \sum_{j=1}^{n} \theta_j \lambda_j^{(2)} Y_j^+ \geq Y^+ \,, \sum_{j=1}^{n} \theta_j \lambda_j^{(2)} Y_j^- = Y^- \\ \sum_{j=1}^{n} \lambda_j^{(2)} = 1 \,, \lambda_j^{(2)} \geq 0 \,, 0 \leq \theta_j \leq 1 \,, j = 1, \dots, n \end{array} \right\}$$

با تکنولوژی تعریف شده در رابطه (۵)، کارآیی DMU_p در مرحله دوم از مدل شعاعی با فرض شرط دسترسی‌پذیری ضعیف براساس رابطه (٦) محاسبه می‌شود.

$$
\begin{aligned}
e_p^{(2)} &= Min \frac{1}{s_1}\sum_{r=1}^{s_1} \emptyset_r \\
\text{s.t.}\quad & \textstyle\sum_{j=1}^{n} \lambda_j^{(2)} z_{kj} \le z_{kp} \quad ; \ k=1,\dots,k_1 \\
& \textstyle\sum_{j=1}^{n} \lambda_j^{(2)} z_{kj}^{+} \le z_{kp}^{+} \quad ; \ k=1,\dots,k_2 \\
& \textstyle\sum_{j=1}^{n} \lambda_j^{(2)} z_{kj}^{-} = z_{kp}^{-} \quad ; \ k=1,\dots,k_2 \\
& \textstyle\sum_{j=1}^{n} \theta_j \lambda_j^{(2)} y_{rj}^{b} = \emptyset_r y_{rp}^{b} \quad ; \ r=1,\dots,s_1 \\
& \textstyle\sum_{j=1}^{n} \theta_j \lambda_j^{(2)} y_{rj}^{+} \ge y_{rp}^{+} \quad ; \ r=1,\dots,s_2 \\
& \textstyle\sum_{j=1}^{n} \theta_j \lambda_j^{(2)} y_{rj}^{-} = y_{rp}^{-} \quad ; \ r=1,\dots,s_2 \\
& \textstyle\sum_{j=1}^{n} \lambda_j^{(2)} = 1 \\
& \lambda_j^{(2)} \ge 0 \ ; \ j=1,\dots,n \ , \ 0 \le \theta_j \le 1 \ , \ j=1,\dots,n
\end{aligned}
\qquad (۶)
$$

به‌دلیل وجود شرط دسترسی‌پذیری ضعیف در قید مربوط به خروجی‌های نیمه مثبت و منفی، علامت تساوی قرار داده شده است که خروجی بد از مقداری که دارد بیشتر نشود. مدل (٦) به‌دلیل وجود حاصلضرب دو متغیر $\lambda_j^{(2)}$ و θ_j یک مدل غیرخطی است. جهت خطی‌سازی آن از تغییر متغیر براساس رابطه (۷) استفاده می‌شود. با تغییر متغیر ذکر شده در رابطه (۷)، مدل (٦) به فرم خطی رابطه (۸) تبدیل می‌شود.

$$
\begin{cases}
\theta_j \lambda_j^{(2)} = \rho_j \\
\mu_j = \left(1+\theta_j\right) \lambda_j^{(2)} \\
\lambda_j^{(2)} = \mu_j + \rho_j
\end{cases}
\qquad (۷)
$$

$$
\begin{aligned}
e_p^{(2)*} &= Min \frac{1}{s_1}\sum_{r=1}^{s_1} \emptyset_r \\
\text{s.t.}\quad & \textstyle\sum_{j=1}^{n} (\rho_j + \mu_j) z_{kj} \le z_{kp} \quad ; \ k=1,\dots,k_1 \\
& \textstyle\sum_{j=1}^{n} (\rho_j + \mu_j) z_{kj}^{+} \le z_{kp}^{+} \quad ; \ k=1,\dots,k_2 \\
& \textstyle\sum_{j=1}^{n} (\rho_j + \mu_j) z_{kj}^{-} = z_{kp}^{-} \quad ; \ k=1,\dots,k_2 \\
& \textstyle\sum_{j=1}^{n} \rho_j \ y_{rj}^{b} = \emptyset_r y_{rp}^{b} \quad ; \ r=1,\dots,s_1 \\
& \textstyle\sum_{j=1}^{n} \rho_j \ y_{rj}^{+} \ge y_{rp}^{+} \quad ; \ r=1,\dots,s_2 \\
& \textstyle\sum_{j=1}^{n} \rho_j \ y_{rj}^{-} = y_{rp}^{-} \quad ; \ r=1,\dots,s_2 \\
& \textstyle\sum_{j=1}^{n} (\rho_j + \mu_j) = 1 \ , \ \rho_j \ge 0 \ , \ \mu_j \ge 0 \ ; \ j=1,\dots,n
\end{aligned}
\qquad (۸)
$$

تعریف ۱: فرض کنید $(\emptyset^*, \rho^*, \mu^*)$ جواب بهینه مدل (۸) در ارزیابی DMU_p باشد. $e_p^{(2)*} = 1$ نشان‌دهنده آن ست که DMU_p در مرحله دوم کاراست؛ در غیر این‌صورت یعنی اگر $0 < e_p^{(2)*} < 1$ باشد، گوئیم DMU_p ناکاراست.

برای محاسبه کارآیی مرحله اول که به‌عنوان پیرو در نظر گرفته می‌شود، تکنولوژی تولید را به‌صورت رابطه (۹) تعریف می‌کنیم.

$$T^1=\left\{(X,X^{UD},\quad Z,\quad \bar{Z}=Z^+-Z^-)\middle|\begin{array}{c}\sum_{j=1}^{n}\lambda_j^{(1)}X_j\le X\,,\ \sum_{j=1}^{n}\lambda_j^{(1)}X_j^{UD}\ge X^{UD}\,,\\ \sum_{j=1}^{n}\lambda_j^{(1)}Z_j\ge Z\ ,\sum_{j=1}^{n}\lambda_j^{(1)}Z_j^{+}\ge Z^{+}\ ,\\ \sum_{j=1}^{n}\lambda_j^{(1)}Z_j^{-}=Z^{-}\ ,\ \sum_{j=1}^{n}\lambda_j^{(1)}=1\ ,\\ \lambda_j^{(1)}\ge 0\ \ ,\ j=1,\dots,n\end{array}\right\} \quad (۹)$$

برای محاسبه کارآیی مرحله اول DMU_p، ماهیت ورودی در نظر گرفته شده است که مدل آن با توجه به تکنولوژی امکان تولید تعریف شده با استفاده از مدل (۱۰) محاسبه می‌شود. علامت تساوی در قید پنجم رابطه (۱۰) برای این لحاظ شده است که از مقادیر بدی که شاخص دارد، بالاتر نرود.

$$e_p^{(1)*}=Min\frac{1}{m1}\left(\sum_{i=1}^{m_1}\theta_i\right)$$
$$\begin{aligned}\text{s.t.}\quad &\textstyle\sum_{j=1}^{n}\lambda_j^{(1)}x_{ij}\le\theta_i x_{ip}\ ;\quad i=1,\dots,m_1\\ &\textstyle\sum_{j=1}^{n}\lambda_j^{(1)}x_{ij}^{UD}\ge x_{ip}^{UD}\ ;\quad i=1,\dots,m_2\\ &\textstyle\sum_{j=1}^{n}\lambda_j^{(1)}z_{kj}\ge z_{kp}\ ;\quad k=1,\dots,k_1\\ &\textstyle\sum_{j=1}^{n}\lambda_j^{(1)}z_{kj}^{+}\ge z_{kp}^{+}\ ;\quad k=1,\dots,k_2\\ &\textstyle\sum_{j=1}^{n}\lambda_j^{(1)}z_{kj}^{-}=z_{kp}^{-}\ ;\quad k=1,\dots,k_2\\ &\textstyle\sum_{j=1}^{n}\lambda_j^{(1)}=1\ ;\ \lambda_j\ge 0\ ;\quad j=1,\dots,n\end{aligned} \quad (۱۰)$$

تعریف (۲): اگر (θ^*,λ^*) جواب بهینه مدل (۱۰) و $e_p^{(1)*}$ مقدار بهینه آن باشد؛ $e_p^{(1)*}=1$ نشان‌دهنده آن است که DMU_p در مرحله اول کاراست؛ در غیر این صورت، DMU_p را ناکارا می‌نامیم.

حال، تکنولوژی امکان تولید را برای کل شبکه شکل ۱ تعریف می‌کنیم. با توجه به تکنولوژی مرحله اول و دوم، تکنولوژی کلی شبکه به‌صورت رابطه (۱۱) است.

(۱۱)

$T=$

$$\left\{(X\ ,X^{UD},Z\ ,\bar{Z}=Z^{+}-Z^{-},Y^{b},\bar{Y}=Y^{+}-Y^{-})\ \middle|\ \begin{array}{l}\sum_{j=1}^{n}\lambda_j^{(1)}X_j\ \le X\ ,\ \sum_{j=1}^{n}\lambda_j^{(1)}X_j^{UD}\ \ge X^{UD}\ ,\\ \sum_{j=1}^{n}\lambda_j^{(1)}Z_j\ \ge Z\ \ ,\quad \sum_{j=1}^{n}\lambda_j^{(1)}Z_j^{+}\ge Z^{+}\ ,\\ \sum_{j=1}^{n}\lambda_j^{(1)}Z_j^{-}=Z^{-}\ ,\quad \sum_{j=1}^{n}\lambda_j^{(2)}\ Z_j\le\ Z\ ,\\ \sum_{j=1}^{n}\lambda_j^{(2)}Z_j^{+}\le Z^{+}\ ,\quad \sum_{j=1}^{n}\lambda_j^{(2)}Z_j^{-}=Z^{-},\\ \sum_{j=1}^{n}\lambda_j^{(1)}Z_j\ge\sum_{j=1}^{n}\lambda_j^{(2)}Z_j\ ,\\ \sum_{j=1}^{n}\lambda_j^{(1)}Z_j^{+}\ge\sum_{j=1}^{n}\lambda_j^{(2)}Z_j^{+}\ ,\\ \sum_{j=1}^{n}\lambda_j^{(1)}Z_j^{-}=\sum_{j=1}^{n}\lambda_j^{(2)}Z_j^{-}\ ,\\ \sum_{j=1}^{n}\theta_j\lambda_j^{(2)}Y_j^{b}=Y^{b}\ \ ,\quad \sum_{j=1}^{n}\theta_j\lambda_j^{(2)}Y_j^{+}\ge Y^{+},\\ \sum_{j=1}^{n}\theta_j\lambda_j^{(2)}Y_j^{-}=Y^{-}\ ,\quad \sum_{j=1}^{n}\lambda_j^{(1)}=1\ \ ,\\ \sum_{j=1}^{n}\lambda_j^{(2)}=1\ \ ,\quad \lambda_j^{(1)}\ge 0\ \ ,\ \lambda_j^{(2)}\ge 0\ ,\\ 0\le\theta_j\le 1\ \ ,\quad j=1,\dots,n\end{array}\right\}$$

با توجه به تکنولوژی تعریف شده در رابطه (۱۱)، کارآیی کلی شبکه از رابطه (۱۲) محاسبه می‌شود:

$$\tau_p^{*}=Min\frac{1}{m_1+s_2}\left(\sum_{i=1}^{m_1}\theta_i+\sum_{r=1}^{s_2}\emptyset_r\right)$$

$$\begin{aligned}\text{s.t.}\quad & \textstyle\sum_{j=1}^{n}\lambda_j^{(1)}x_{ij}\le\theta_i x_{ip} && ;\ i=1,\dots,m_1\ ,\\ & \textstyle\sum_{j=1}^{n}\lambda_j^{(1)}x_{ij}^{UD}\ge x_{ip}^{UD} && ;\ i=1,\dots,m_2\ ,\\ & \textstyle\sum_{j=1}^{n}\lambda_j^{(1)}z_{kj}\ge\ z_{kp} && ;\ k=1,\dots,k_1\ ,\\ & \textstyle\sum_{j=1}^{n}\lambda_j^{(1)}z_{kj}^{+}\ge z_{kp}^{+} && ;\ k=1,\dots,k_2\ ,\\ & \textstyle\sum_{j=1}^{n}\lambda_j^{(1)}z_{kj}^{-}=z_{kp}^{-} && ;\ k=1,\dots,k_2\ ,\\ & \textstyle\sum_{j=1}^{n}\lambda_j^{(2)}z_{kj}\le z_{kp} && ;\ k=1,\dots,k_1\ ,\\ & \textstyle\sum_{j=1}^{n}\lambda_j^{(1)}z_{kj}\ge\sum_{j=1}^{n}\lambda_j^{(2)}z_{kj} && ;\ k=1,\dots,k_1\ ,\\ & \textstyle\sum_{j=1}^{n}\lambda_j^{(1)}z_{kj}^{+}\ge\sum_{j=1}^{n}\lambda_j^{(2)}z_{kj}^{+} && ;\ k=1,\dots,k_2\ ,\\ & \textstyle\sum_{j=1}^{n}\lambda_j^{(1)}z_{kj}^{-}=\sum_{j=1}^{n}\lambda_j^{(2)}z_{kj}^{-} && ;\ k=1,\dots,k_2\ ,\\ & \textstyle\sum_{j=1}^{n}\lambda_j^{(2)}z_{kj}^{+}\le z_{kp}^{+} && ;\ k=1,\dots,k_2\ ,\\ & \textstyle\sum_{j=1}^{n}\lambda_j^{(2)}z_{kj}^{-}=z_{kp}^{-} && ;\ k=1,\dots,k_2\ ,\\ & \textstyle\sum_{j=1}^{n}\theta_j\lambda_j^{(2)}y_{rj}^{b}\ =\ \emptyset_r y_{rp}^{b} && ;\ r=1,\dots,s_1\ ,\\ & \textstyle\sum_{j=1}^{n}\theta_j\lambda_j^{(2)}y_{rj}^{+}\ \ge\ y_{rp}^{+} && ;\ r=1,\dots,s_2\ ,\end{aligned}$$

(۱۲)

$$\sum_{j=1}^{n}\theta_j\lambda_j^{(2)}y_{rj}^{-} = y_{rp}^{-} \quad ; r=1,\dots,s_2 \quad ,$$
$$0\le\theta_j\le 1, \lambda_j^{(1)}\ge 0\,, \lambda_j^{(2)}\ge 0\,,$$
$$\sum_{j=1}^{n}\lambda_j^{(1)}=1\,,\ \sum_{j=1}^{n}\lambda_j^{(2)}=1\,, j=1,\dots,n.$$

مدل ارئه شده در رابطه ۱۲ به‌دلیل وجود حاصل ضرب دو متغیر θ_j و $\lambda_j^{(2)}$، مدلی غیرخطی است. برای خطی‌سازی آن از تغییر متغیر استفاده می‌کنیم. لذا مدل (۱۲) به فرم خطی رابطه (۱۳) بازنویسی می‌شود.

$$\tau_p^* = Min\frac{1}{m_1+s_2}\left(\sum_{i=1}^{m_1}\theta_i+\sum_{r=1}^{s_2}\emptyset_r\right)$$

$$\begin{aligned}
\text{s.t.}\quad & \sum_{j=1}^{n}\lambda_j^{(1)}x_{ij}\le\theta_i x_{ip} && ; i=1,\dots,m_1\ ,\\
& \sum_{j=1}^{n}\lambda_j^{(1)}x_{ij}^{UD}\ge x_{ip}^{UD} && ; i=1,\dots,m_2\ ,\\
& \sum_{j=1}^{n}\lambda_j^{(1)}z_{kj}\ge z_{kp} && ; k=1,\dots,k_1\ ,\\
& \sum_{j=1}^{n}\lambda_j^{(1)}z_{kj}^{+}\ge z_{kp}^{+} && ; k=1,\dots,k_2\ ,\\
& \sum_{j=1}^{n}\lambda_j^{(1)}z_{kj}^{-}= z_{kp}^{-} && ; k=1,\dots,k_2\ ,\\
& \sum_{j=1}^{n}(\rho_j+\mu_j)z_{kj}\le z_{kp} && ; k=1,\dots,k_1\ ,\\
& \sum_{j=1}^{n}(\rho_j+\mu_j)z_{kj}^{+}\le z_{kp}^{+} && ; k=1,\dots,k_2\ ,\\
& \sum_{j=1}^{n}(\rho_j+\mu_j)z_{kj}^{-}= z_{kp}^{-} && ; k=1,\dots,k_2\ ,\\
& \sum_{j=1}^{n}\lambda_j^{(1)}z_{kj}\ge\sum_{j=1}^{n}(\rho_j+\mu_j)z_{kj} && ; k=1,\dots,k_1\ ,\\
& \sum_{j=1}^{n}\lambda_j^{(1)}z_{kj}^{+}\ge\sum_{j=1}^{n}(\rho_j+\mu_j)z_{kj}^{+} && ; k=1,\dots,k_2\ ,\\
& \sum_{j=1}^{n}\lambda_j^{(1)}z_{kj}^{-}=\sum_{j=1}^{n}(\rho_j+\mu_j)z_{kj}^{-} && ; k=1,\dots,k_2\ ,\\
& \sum_{j=1}^{n}\rho_j y_{rj}^{b}=\emptyset_r y_{rp}^{b} && ; r=1,\dots,s_1\ ,\\
& \sum_{j=1}^{n}\rho_j y_{rj}^{+}\ge y_{rp}^{+} && ; r=1,\dots,s_2\ ,\\
& \sum_{j=1}^{n}\rho_j y_{rj}^{-}= \emptyset_r y_{rp}^{-} && ; r=1,\dots,s_2\ ,\\
& \sum_{j=1}^{n}\lambda_j^{(1)}=1\ ,\ \sum_{j=1}^{n}(\mu_j+\rho_j)=1 && ,\\
& \lambda_j^{(1)}\ge 0\ ,\ \mu_j\ge 0\ ,\ \rho_j\ge 0\ ,\ j=1,\dots,n.
\end{aligned} \qquad (۱۳)$$

قضیه ۱: DMU_p کارآیی کلی شبکه است اگر و تنها اگر در مرحله اول و دوم نیز کارا باشد.

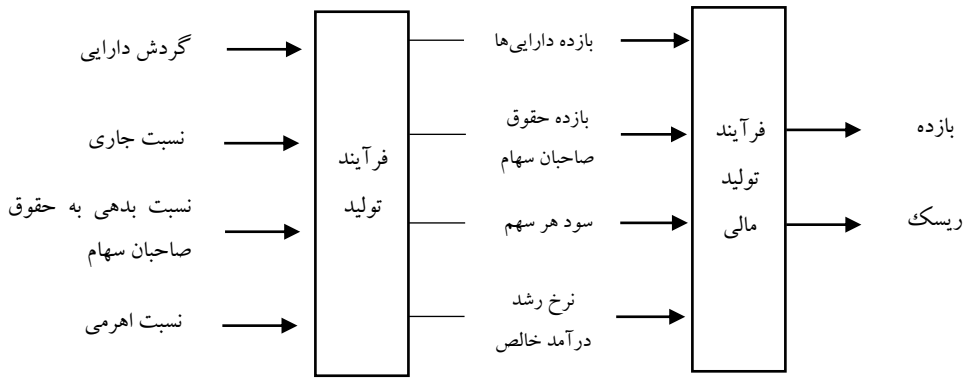
اثبات: فرض کنید $(\lambda^*,\rho^*,\mu^*,\theta^*,\emptyset^*)$ جواب بهینه مدل (۱۳) در ارزیابی DMU_p باشد و $\tau_p^*=1$ ، در این صورت $\theta^*=1$ و $\emptyset^*=1$. از آنجایی که قیود مدل‌های (۱۰) و (۸) در مدل (۱۳) موجود است لذا (λ^*,θ^*) یک جواب شدنی مدل (۱۰) و $(\rho^*,\mu^*,\emptyset^*)$ یک جواب شدنی مدل (۸) است. از آنجایی که $\theta^*=1$ و $\emptyset^*=1$، لذا DMU_p کارا است. برعکس، فرض کنید $(\bar{\lambda},\bar{\theta}=1)$ یک جواب بهینه مدل (۱۰) و $(\bar{\rho},\bar{\mu},\bar{\emptyset}=1)$ یک جواب بهینه مدل (۸) باشد یعنی DMU_p در مرحله اول و دوم کارا باشند، در این‌صورت $(\bar{\lambda}\,,\bar{\rho},\bar{\mu},\bar{\theta},\bar{\emptyset}=1)$ یک جواب شدنی مدل (۱۳) است با $\bar{\tau}_p=1$ و در نتیجه DMU_p کارای کلی نیز می‌باشد.

همان‌طور که در بخش قبل اشاره شد، برای رفع اشکال تجزیه کارآیی ترکیبی در تعیین وزن مراحل مختلف روش تحلیل پوششی داده‌های شبکه، در این پژوهش از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی استفاده شد. در این راستا، از نظر ۱۹ نفر متخصص در زمینه بانکی، مالی، سرمایه‌گذاری و بازار سهام استفاده گردید که هر کدام از آنها، بیش از ۵ سال سابقه کار داشتند. نتیجه بررسی‌ها، اختصاص وزن ۰/٥٦٤ برای مرحله اول و وزن ۰/٤۳٦ برای مرحله دوم بود. به‌دلیل

رعایت اختصار، جدول وزن اختصاص داده شده به هر مرحله توسط خبرگان و پرسشنامه تحلیل سلسله‌مراتبی ارائه نشده است.

٤. برآورد مدل و تجزیه و تحلیل یافته‌ها

با توجه به توضیحات ذکر شده در بخش قبل و معرفی متغیرهای ورودی، میانی و خروجی، مدل شبکه دو مرحله‌ای تحقیق بر حسب متغیرهای تعریف شده، به صورت شکل ۲ است. مدل مذکور بر روی شرکت‌های صنعت داروسازی و برای سال ۱٤۰۰ اجرا گردید و نتایج در ادامه این بخش آورده شده است.



شکل ۲. مدل شبکه دومرحله‌ای تحقیق براساس متغیرهای تعریف شده

جدول ۲، شناسه هر یک از شرکت‌های صنعت داروسازی، مقادیر سطوح مختلف کارآیی در سال ۱٤۰۰ و رتبه-بندی آنها بر اساس مقدار کارآیی کل را نشان می‌دهد.

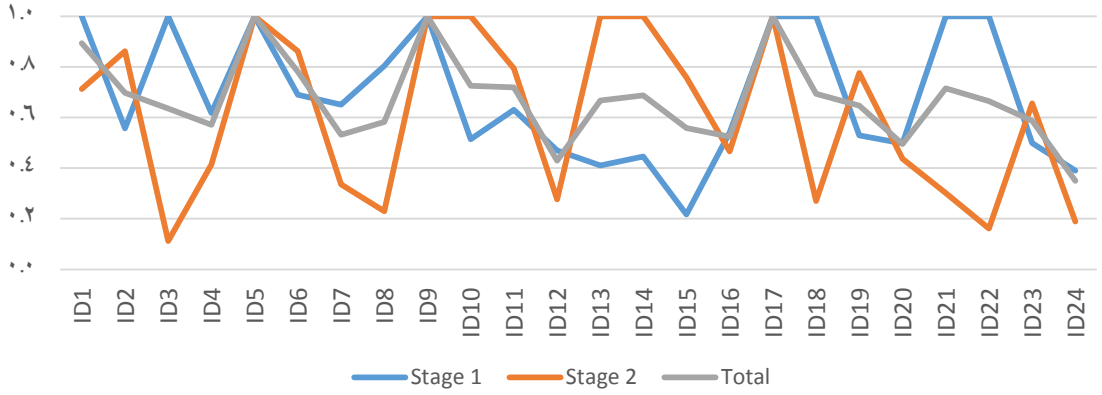
جدول ۲. بررسی سه سطح کارآیی شرکت‌های صنعت داروسازی

شناسه	نماد شرکت‌ها	کارآیی مرحله اول	کارآیی مرحله دوم	کارآیی کل	رتبه
ID1	دالبر	۱/۰۰	۰/۷۱	۰/۸۹	۲
ID2	دپارس	۰/٥٦	۰/۸٦	۰/۷۰	۷
ID3	پخش	۱/۰۰	۰/۱۱	۰/٦٤	۱۳
ID4	دتماد	۰/٦۲	۰/٤۱	۰/٥۷	۱٦
ID5	دتولید	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱
ID6	ددام	۰/٦۹	۰/۸٦	۰/۷۸	۳
ID7	دابور	۰/٦٥	۰/۳٤	۰/٥۳	۱۸
ID8	داسوه	۰/۸۰	۰/۲۳	۰/٥۸	۱٥
ID9	دلر	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱
ID10	دامین	۰/٥۱	۱/۰۰	۰/۷۳	٤

شناسه	نماد شرکت‌ها	کارآیی مرحله اول	کارآیی مرحله دوم	کارآیی کل	رتبه
ID11	دجابر	۰/٦۳	۰/۷۹	۰/۷۲	۵
ID12	دسینا	۰/٤۷	۰/۲۸	۰/٤۳	۲۱
ID13	دفارا	۰/٤۱	۱/۰۰	۰/٦۷	۱۰
ID14	دکوثر	۰/٤۵	۱/۰۰	۰/٦۹	۹
ID15	دزهراوی	۰/۲۲	۰/۷٦	۰/۵٦	۱۷
ID16	درازک	۰/۵٤	۰/٤۷	۰/۵۲	۱۹
ID17	دلقما	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱
ID18	وپخش	۱/۰۰	۰/۲۷	۰/٦۹	۸
ID19	والبر	۰/۵۳	۰/۷۸	۰/٦۵	۱۲
ID20	دشیمی	۰/۵۰	۰/٤٤	۰/۵۰	۲۰
ID21	دفرا	۱/۰۰	۰/۳۰	۰/۷۱	٦
ID22	دارو	۱/۰۰	۰/۱٦	۰/٦٦	۱۱
ID23	دکیمی	۰/۵۰	۰/٦٦	۰/۵۹	۱٤
ID24	دسبحا	۰/۳۹	۰/۱۹	۰/۳۵	۲۲
میانگین		۰/٦۹	۰/٦۱	۰/٦۷	–

منبع: براساس یافته های پژوهش

جدول ۲، شرکت‌های دالبر، پخش، دتولید، دلر، دلقما، وپخش، دفرا و دارو، کارآیی کامل در مرحله اول و شرکت-های دتولید، دلر، دامین، دفارا، دکوثر و دلقما کارآیی کامل در مرحله دوم را کسب نمودند؛ درنتیجه شرکت‌های دتولید، دلر و دلقما، مقدار کارآیی یک در هر دو مرحله را به‌دست آورند و درنتیجه کارآیی کل شرکت‌های مذکور، کامل و برابر یک شد. کمترین میزان کارآیی مرحله اول، کارآیی مرحله دوم و کارآیی کل، در طی دوره مورد بررسی، به‌ترتیب متعلق به شرکت دزهراوی، با رقم ۰/۲۲، شرکت پخش با رقم ۰/۱۱ و شرکت دسبحا، با رقم ۰/۳۵ است.

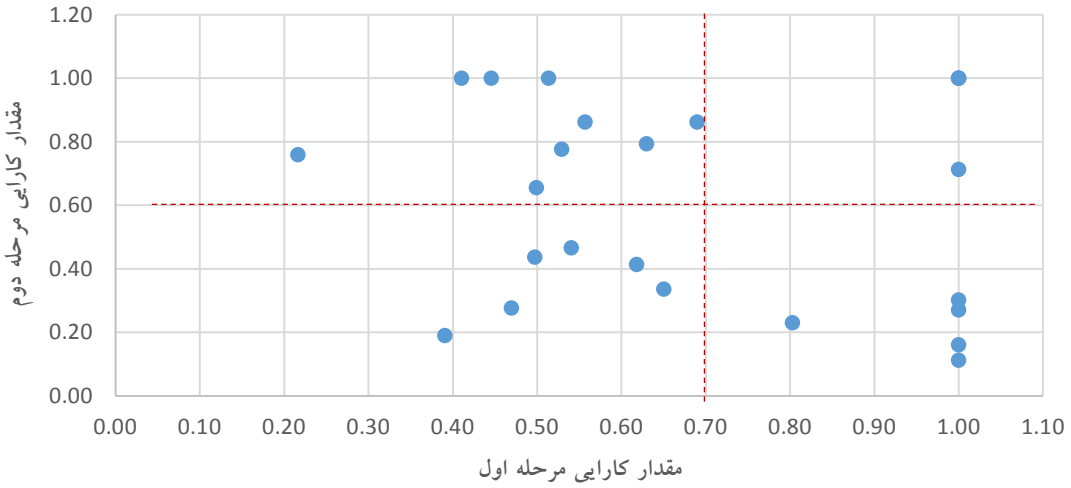


شکل ۳. مقادیر سه سطح کارآیی شرکت‌های صنعت داروسازی در سال ۱٤۰۰

منبع: یافته‌های پژوهش

شکل ۳، مقادیر مختلف کارآیی شرکت‌های زیرمجموعه صنعت داروسازی را در سه سطح کارآیی در سال ۱٤۰۰ و در یک نمودار نمایش می‌دهد. در این نمودار به خوبی مشخص است که کارآیی کل با توجه به ضرایب محاسبه شده برای مراحل اول و دوم، در سطحی متناظر با همان ضرایب که جایگاهی در میان دو رقم کارآیی مرحله اول و مرحله دوم است قرار گرفته و گرایش به سمت مرحله اول دارد. درخصوص اکثر شرکت‌ها، امتیاز کارآیی مرحله اول بالاتر از مرحله دوم است بجز شرکت‌های دپارس، ددام، دامین، دجابر، دفارا، دکوثر، دزهراوی، والبر و دکیمی.

برای درک بهتر از کارآیی شرکت‌های مورد بررسی در دو سطح کارآیی مرحله اول و مرحله دوم، نمودار پراکندگی کارآیی‌های مذکور در سال ۱٤۰۰ ترسیم شد(شکل ٤).



شکل ٤. یک‌چهارم بخش‌های کارآیی در سال ۱٤۰۰

منبع: یافته‌های پژوهش

با استفاده از خطوط ترسیم شده به رنگ قرمز که بر اساس میانگین کارآیی مراحل اول و دوم است، می‌توان کارآیی مراحل انفرادی شرکت‌ها را به چهار بخش تقسیم نمود. همان‌طور که به خوبی قابل ملاحظه است، درخصوص کارآیی مرحله اول، ۱۰ شرکت کارآیی بیش از حد متوسط و ۱٤ شرکت کارآیی پایین‌تر از مقدار متوسط کارآیی این مرحله را کسب کردند. در رابطه با کارآیی مرحله دوم، بیشتر شرکت‌ها(۱۳ مورد) از کارآیی بالاتر از مقدار میانگین کارآیی این مرحله برخوردارند. در نیمه بالایی نمودار، شرکت‌هایی که کارآیی مرحله دوم آنها بیش از حد متوسط است قرار دارند که تعداد بیشتری از شرکت‌ها در این بخش دیده می‌شوند. در بخش بالا و سمت راست، شرکت‌هایی قرار گرفته‌اند که کارآیی مرحله اول و مرحله دوم آنها، بالاتر از حد متوسط است و به‌خوبی مشاهده می‌شود که تعداد اندکی از شرکت‌ها توانسته‌اند در این بخش قرار گیرند. کارآیی مرحله اول در بازه ۰/۲۲ تا ۱ قرار دارد و کارآیی مرحله دوم، دامنه گسترده‌تری از اعداد را به خود اختصاص داده است، زیرا در بازه ۰/۱۱ تا ۱ قرار دارد. همچنین، ضروری است که تجزیه و تحلیل بیشتری درخصوص شرکت‌های قرار گرفته در ربع(اول) با کارآیی مرحله اول و دوم بالاتر، انجام شود؛ زیرا آنها پیشنهاد سرمایه‌گذاری هستند.

۵. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

ارزیابی کارآیی شرکت‌های بورسی، با توجه به نقش و سهم ارزشمند این دسته از شرکت‌ها در تولید و اقتصاد کشور، از موضوعاتی است که مورد توجه گروه‌های مختلفی قرار دارد. لذا، هدف این مقاله، محاسبه کارآیی فنی شرکت‌های بورسی صنعت داروسازی در سال ١٤٠٠ بوده است. بدین‌منظور، از مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه استفاده و به علت وجود شاخص‌های نیمه مثبت و منفی، به توسعه مدل مذکور پرداخته شد. نتایج نشان داد، فرآیند تولید(تحلیل بنیادی)، نقش هدایت‌کنندگی کارآیی کل را دارد. در مرحله اول، ۳۳ درصد شرکت‌ها و در مرحله دوم، ۲۵ درصد شرکت‌ها مقدار کارآیی یک و ۱۳ درصد از شرکت‌ها(دتولید، دلر و دلقما) که در هر دو مرحله اول و دوم کارا بودند، مقدار کارآیی کل یک را نیز بدست آوردند. همچنین، ۷۱ درصد از شرکت‌ها در مرحله اول و ٥٤ درصد از شرکت‌ها در مرحله دوم، کارآیی بیشتر از ۰/۵ کسب کردند. به‌طور کلی، ۸۸ درصد از شرکت‌های صنعت مورد مطالعه، کارآیی بالاتر از ۰/۵ دارند. سه شرکت با کمترین میزان کارآیی کلی نیز شرکت‌های دسبحا، دسینا و دشیمی شناسایی شدند که همان شرکت‌های باقیمانده با کارآیی کمتر از ۰/۵ هستند. با بررسی نمودار پراکندگی کارآیی مراحل اول و دوم شرکت‌ها در سال ١٤٠٠، مشخص شد که اکثر شرکت‌ها در یک‌چهارم کارآیی مرحله اول کم- مرحله دوم زیاد و کارآیی مرحله اول کم- مرحله دوم کم قرار گرفته‌اند و تعداد کمی از شرکت‌ها در هر دو مرحله به خوبی عمل می‌کنند. بر این اساس، ضروری است که تجزیه و تحلیل بیشتری درخصوص شرکت‌های(دالبر، دتولید، ددام، دلر و دلقما) قرار گرفته در ربع(اول) با کارآیی مراحل اول و دوم بالاتر، انجام شود؛ زیرا آنها پیشنهاد سرمایه گذاری هستند.

براساس نتایج، اجرای این پژوهش برای سایر صنایع بورسی که دارای شاخص‌های ورودی، میانی و خروجی نیمه مثبت و منفی هستند، پیشنهاد می‌شود. همچنین، برای بررسی تغییرات کارآیی این صنعت یا سایر صنایع طی دوره زمانی مشخص، درنظر گرفتن بازه زمانی چندساله برای این پژوهش پیشنهاد می‌شود. به این دلیل، با تغییر سال، امکان تغییر در وضعیت شاخص‌ها و کاملاً مثبت بودن آنها و درنتیجه الزام به اعمال تغییر در مدل وجود دارد.

حامی مالی

این مقاله حامی مالی ندارد.

تعارض منافع

تعارض منافع وجود ندارد.

سپاسگزاری

نویسندگان از داوران ناشناس که در بهبود کیفیت مقاله کمک کرده‌اند، تشکر می‌کنند.

منابع

- أستا، سهراب (۱۳۹۷). *مدلی برای ارزیابی عملکرد شرکت‌های سرمایه‌گذاری با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها و شاخص-های مالی و اقتصادی*. رساله دکتری رشته حسابداری، دانشگاه علامه طباطبایی، دانشکده مدیریت و حسابداری.

- درودی، هما و امینی، محمد باقر (۱۳۹۸). سنجش کارآیی نسبی و رتبه بندی شعب بانک‌ها، رویکرد پنجره ای: مطالعه موردی استان زنجان. *اقتصاد مالی*، ۱۳(٤۸)، ۲٦۰-۲۳۹. 20.1001.1.25383833.1398.13.48.9.4

- محبتی‌جهرمی، مینا (۱۳۹٤). *ارزیابی کارآیی شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها*. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علم و هنر.

- رهنمای‌رودپشتی، فریدون و صالحی، اله کرم (۱۳۸۹). *مکاتب و تئوری‌های مالی و حسابداری*. انتشارات:تهران، چاپ دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران مرکزی.

- جوکار سرهنگی، عیسی و جباری، حسین (۱۳۹۳). کاربرد فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی جهت اولویت‌بندی مراکز شهری با ملاحظات اکولوژیکی(مطالعه موردی: آذربایجان غربی). *جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی*، ۲۵ (٤(٥٦))، ۲۳۷-۲٥۰. https://civilica.com/doc/1199432

- سلیمانی دامنه، رضا، مؤمنی، منصور، مصطفایی، امین و رستمی مال خلیفه، محسن (۱۳۹٦). توسعه یک مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای پویا برای ارزیابی عملکرد بانک‌ها. *چشم انداز مدیریت صنعتی*، ۲۵، ٦۷-۸۹. https://sid.ir/paper/523682/fa

- شجاع، نقی، و درویش متولی، محمدحسین (۱۳۹٤). ارزیابی کارآیی فعالیت های پژوهشی واحدهای دانشگاه آزاد اسلامی: رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها. *مدلسازی اقتصادی*، ۹(٤ (۳۲))، ۱٤۱-۱۲۳. https://sid.ir/paper/176149/fa

- شفیعی، مرتضی (۱۳۹٦). طراحی مدل تحلیل پوششی داده‌های چند سطحی در ارزیابی کارآیی موسسات مالی. *تحقیق در عملیات در کاربردهای آن*، ۱٤(۲(٥۳))، ٦٦-٤۱، https://sid.ir/paper/164695/fa

- عابدی دهکردی، هما، توحیدی، قاسم، رضویان، شبنم وکرامتی، محمد علی. (۱٤۰۲). ارزیابی کارآیی شرکتهای تولیدکننده سیمان با استفاده از رویکرد تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای ناهمگن. *مطالعات مدیریت صنعتی*، ۲۱(٦۹)، ۲۳۳-۱۹۹. 10.22054/jims.2023.67648.2788

- علی‌پور، صفدر، ملیکان، اسفندیار و فخاری، حسین(۱٤۰۱). ارائه مدل شبکه‌ای تحلیل پوششی داده‌ها جهت ارزیابی کارآیی اطلاعاتی واحدهای گزارشگر. *پژوهش‌های حسابداری مالی و حسابرسی*، ۱٤(۲(٥٤))، ٤۸-۱. 10.30495/faar.2022.693668

- علیرضایی، محمدرضا، رخشان، فاطمه، و بنی خویی، بهاره. (۱۳۹۷). کاربرد کارآیی متقاطع تحلیل پوششی داده ها در گزینش سبد سهام ۲۰ شرکت معتبر بورس. *تصمیم گیری و تحقیق در عملیات*، ۳(۱)، ٤۰-۲٤. https://sid.ir/paper/268879/fa

- علی نژاد، علیرضا و خلیلی، جواد. (۱۳۹۷). ارزیابی عملکرد شرکت‌های داروسازی پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از رویکرد ترکیبی تحلیل پوششی داده ها و داده کاوی. *مدیریت کسب و کار*، ۱۰(۳۷)، ۱٦٥-۱٤۸. 20.1001.1.22520104.1397.10.37.7.2

- غفاری، مهسا (۱۳۹٦). *سنجش کارآیی شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار با رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها*. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شهریار، دانشکده حسابداری، گروه مدیریت.

- کتابی، سعیده، فتحی، سعید و یوسفان، ناهید (۱۳۹٤). رتبه بندی صنایع منتخب بورس اوراق بهادار تهران بر اساس عوامل بنیادی صنعت با استفاده از روش تحلیل پوششی داده ها. *مدیریت دارایی و تامین مالی*، ۳(۲(۹)) ، ٦۷-٥٥. https://sid.ir/paper/245706/fa

- مرادی پور، کیوان، اسدی رحمتی، ساناز، و عبدالی، الهام (١٤٠٠). مدل چانه‌زنی برای تخمین کارآیی شبکه چند مرحله‌ای با تخصیص هزینه ثابت و کاربردهای آن. *مدلسازی اقتصادی*، *۱۵*(۳ (۵۵))، ۹۰-٦٥. 10.30495/ECO.2022.1941475.2579
- مؤمنی، منصور، صفری، حسین، رستمی، محسن، مصطفایی، امین و سلیمانی دامنه، رضا (١٣٩٦). طراحی یک مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای غیرشعاعی جهت ارزیابی عملکرد. *فصلنامه علمی-پژوهشی مطالعات مدیریت(بهبود و تحول)*، ٢٦(٨٦)، ٢٣-١. https://doi.org/10.22054/jmsd.2017.8441
- همایون فر، مهدی، صلاحی، فریبا، دانشور، امیر و خاتمی فیروزآبادی، سید محمدعلی(١٤٠٠). کاربرد رویکرد ترکیبی تحلیل پوششی داده‌ها و شبکه عصبی مصنوعی در ارزیابی کارآیی متوازن شرکت های داروسازی بورس اوراق بهادارتهران. *تحقیق در عملیات در کاربردهای آن*، *۱۸* (۳)، ۹۲-۷۳. http://jamlu.liau.ac.ir/article-1-1908-fa.html
- Abedi Dehkordi, H., Tohidi, G., Razavyan, S., & Keramati, M. A. (2023). Efficiency evaluation of cement production companies using nonhomogeneous network DEA. *Industrial Management Studies*, *21*(69), 199-233. doi: 10.22054/jims.2023.67648.2788 (in persion)
- Ali-Nezhad, A. R., & Khalili, J. (2018). *Performance Evaluation of the of pharmaceutical companies admitted to the Tehran Stock Exchange using the combined approach of Data Envelopment Analysis and Data Mining. Journal of Business Management*, *10*(37), 148-165. (in persion)
- Alipour, S., malekian, E., & Fakhari, H. (2022). Proposing a Network Data Envelopment Analysis (NDEA) Model for Evaluating Information Efficiency of Reporting Entities. *Financial Accounting and Auditing Research*, *14*(54), 1-48. doi: 10.30495/faar.2022.693668 (in persion)
- Alirezaee, M. R., Rakhshan, F., & Banaye khoyi, Bahareh. (2018). Application of DEA-cross efficiency in portfolio selection of 20 reputable companies in the Iranian stock market. *DECISIONS AND OPERATIONS RESEARCH*, *3*(1), 24-40. SID. https://sid.ir/paper/268879/en (in persion)
- Benjamin, M. M. (2024). Nigerian Stock Market Efficiency And Volatility: A Data Envelopment Analysis. *International Journal of Innovative Social Sciences & Humanities Research*, *12*(1), 161-170. ISSN: 2354-2926.
- Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, *2*(6): 429–444. doi:10.1016/0377-2217(78)90138-8
- Contreras, I., Hidalgo, J. I., & Nunez-Letamendia, L. (2012). *A GA combining technical and fundamental analysis for trading the stock market*[Conference session]. In European Conference on the Applications of Evolutionary Computation (pp. 174–183). Springer, Heidelberg, Berlin. https://doi.org/10.1007/978-3-642-29178-4_18
- Despotis, D. K., Sotiros, D. & Koronakos, G. (2023). Data envelopment analysis of two-stage processes: an alternative (non-conventional) approach. *INTERNATIONAL TRANSACTIONS IN OPERATIONAL RESEARCH*, 0, 1-22. https://doi.org/10.1111/itor.13320
- Doroudi, H. & Amini, M., B. (2019). Relative efficiency measurement and ranking of bank branches, window approach: case study of Zanjan province. *Financial Economics*, *13*(48), 239-260. 20.1001.1.25383833.1398.13.48.9.4 (in persion)
- Edirisinghe, N. & Zhang, X. (2010). Input/output selection in DEA under expert information, with application to financial markets. *European journal of operational research*, *207*(3): 1669-1678. doi:https://doi.org/10,1016/j.ejor.2010,06,027.
- Emrouznejad, A., Anouze, A.L. & Thanassoulis, E., (2010). A semi-oriented radial measure for measuring the efficiency of decision making units with negative data, using DEA. European Journal *Operational Research*, *Elsevier*, *200*(1), 297–304.
- Farrell, M. J. (1957). The measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society*, *120*(3): 253 – 290. https://doi.org/10.2307/2343100

- Ghafari, M. & Arjmand-Far, A. (2017). *Measuring the Efficiency of Companies accepted in the Stock Exchange with the Data Envelopment Analysis Approach*. Islamic Azad University, Shahriyar Branch, Faculty of Acounting. (in persion)
- Homayounfar, M., Salahi, F., Daneshvar, A., Khatami Firouzabadi, S. M. A.(2021) Applying a Hybrid DEA-ANN Approach in Evaluation of Balanced Efficiency of the Tehran Stock Exchange Pharmaceutical Companies. *Journal of Operational Research in Its Applications*, *18* (3), 73-92. http://jamlu.liau.ac.ir/article-1-1908-fa.html (in persion)
- Jokar Sarhangi, I. & Jabbari, H. (2015). Application of Fuzzy Analytical Hierarchy process for prioritizing urban centers with ecological considerations (case study: West Azerbaijan). *Geography and Environmental Planning*, *25*(4(56)), 237-250. https://civilica.com/doc/1199432 (in persion)
- Ketabi, S., Fathi, S. & yousofan, N. (2015). Ranking of Selected Industries of Tehran Stock Exchange based on Fundamental Factors in Industry using Data Envelopment Analysis. *Journal of Asset Management and Financing*, *3*(2(9)), 55-67. https://sid.ir/paper/245706/fa (in persion)
- Kočišová, K. (2020). *Two-Stage DEA: An Application in Banking*. In: Popkova, E., Sergi, B. (eds) Scientific and Technical Revolution: Yesterday, Today and Tomorrow. ISC 2019. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 129. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-47945-9_162.
- Kuo, K.-C., Lu, W.-M., & Dinh, T. N. (2020). An integrated efficiency evaluation of China stock market. *Journal of the Operational Research Society*, *72*(4), 950-969. doi: https://doi.org/01605682,2019,1700190/10,1080.
- Li, M., Zhu, N., He, K., & Li, M. (2022). Operational Efficiency Evaluation of Chinese Internet Banks: Two-Stage Network DEA Approach. *Sustainability*, 14(21), 14165. https://doi.org/10.3390/su142114165.
- Mohabbati Jahromi, M. (2015). *Performance evaluation of firms accepted in Tehran Stock Exchange techniques using DEA two stage*. MS Thesis, Science and Art University. (in persion)
- Momeni, M., Safari, H., Rostami, M., Mostafaee, A. & Soleymani-Damaneh, R. (2017). Designing a Non-Oriented NDEA for Performance Evaluatio. *Improvement and Transformation Management Studies*, *26*(86), 1-23. https://doi.org/10.22054/jmsd.2017.8441 (in persion)
- Moradipour, K., Asadi-Rahmati, S. & Abdali, E. (2021). A Bargaining Game Model for Estimating Efficiency of the Multi-stage Network with Fixed Cost Allocation and its Applications. *Economic modeling*, *15*(3(55)), 65-90. 10.30495/ECO.2022.1941475.2579 (in persion)
- Osta, S. (2018). *A model for evaluating the performance of investment companies using DEA and Financial and Economic indicators*. Doctoral dissertation, Allameh Tabataba'i University, Faculty of Management and Accounting. (in persion)
- Rahnamaye Roodposhti, F. & Salehi, A. K. (2010). *Financial and Accounting Schools and Theories*. Publications of Islamic Azad University, Central Tehran Branch: Tehran.
- Shafiei, M. (2017). Designing a multi-level data envelopment analysis model in efficiency evaluating of financial institutions, *Operations Research Journal in its Applications*, *14*, 2 (53), pp. 41-66. (in persian)
- Shoja, N., & Darvish Motevali, M. H. (2016). Evaluating the Effectiveness of Research Activities in Islamic Azad University Branches by Using Data Envelopment Analysis(DEA). *Economic Modelling*, *9*(4 (32)), 123-141. SID. https://sid.ir/paper/176149/en (in persion)
- Sinha, R. P. (2021). Two-Stage Data Envelopment Analysis Efficiency of Indian General Insurance Companies. *Global Business Review*, 0(0). https://doi.org/10.1177/09721509211047645.
- Soleimani Damaneh, R., Momeni, M., Mostafaei, A., & Rostami Malkhalife, M. (2017). Developing of a Dynamic Network Data Envelopment Analysis Model for Performance Evaluating Banking Sector. *Journal of Industrial Management Perspective*, *7*(1), 67-89. (in persion)
- Tarnaud, A. C. & Leleu, H. (2018). Portfolio analysis with DEA: Prior to choosing a model. *Omega, Elsevier*, *75*(C): 57-76. doi:https://doi.org/10,1016/j.omega.2017,02,003.

- Tsai, M.-C., Cheng, C.-H., Nguyen, V. T., & Tsai M.-I. 2020. The Theoretical Relationship between the CCR Model and the Two-Stage DEA Model with an Application in the Efficiency Analysis of the Financial Industry. *Symmetry*, *12*(5), 712. https://doi.org/10.3390/sym12050712.