



Paper Type: Original Article



Investigating Financial Efficiency in Steel Industry Companies: Evidence from Three-Dimensional DEA Approach

Kasra Ghafari* 

Khorasan Steel Complex Company, Neishabur, Khorasan Razavi, Iran; kasraghafari2020@gmail.com.

Citation:



Ghafari, K. (2023). Investigating financial efficiency in steel industry companies: evidence from three-dimensional DEA approach. *Journal of decisions and operations research*, 8(4), 832-843.

Received: 08/09/2022

Reviewed: 11/10/2022

Revised: 19/11/2022

Accepted: 16/01/2023

Abstract


Purpose: In general, efficiency is a criterion for evaluating the performance of a decision unit from different dimensions. Data envelopment analysis is a mathematical programming method for evaluating the performance of decision-making units. The purpose of this study is to measure the financial efficiency of firms by considering both incoming assets and financing.

Methodology: In this research, a new method called the three-dimensional model of data envelopment analysis was introduced, and performance analysis was done on 10 active firms in Iran's steel industry for 5 years, from 2016 to 2021.

Findings: The results showed that several firms have good performance in managing incoming assets but are inefficient in terms of financing. At the same time, some firms have poor management performance compared to inputs, but they are efficient in terms of financing. Therefore, when analyzing a firm's performance, an indicator that considers both inputs and financing at the same time is needed. According to this, we proposed a new measurement method and analyzed the current financial situation of each decision-making unit through the method of return to scale, and a path has been determined for financial improvement.

Originality/Value: Attention to the effect of negative and destructive factors such as borrowings and debts of the decision-making unit in data envelopment analysis has been the key and different aspect of this study, compared to other previous studies. According to the literature review, using the redesigned DEA model has not been considered by Iranian researchers, and due to a new approach to data envelopment analysis, our approach has distinguished itself from the previous works.

Keywords: Data envelopment analysis, Steel industry, Financial efficiency, Three-dimensional DEA.

 Corresponding Author: kasraghafari2020@gmail.com



Licensee. **Journal of Decisions and Operations Research**. 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>).



نوع مقاله: پژوهشی

6

بررسی کارایی مالی در شرکت‌های صنعت فولاد: شواهدی از رویکرد DEA سه بعدی

کسری غفوری*

شرکت مجتمع فولاد خراسان، نیشابور، خراسان رضوی، ایران.

چکیده

هدف: به‌طورکلی کارایی، معیار ارزیابی عملکرد یک واحد تصمیم‌گیری از ابعاد مختلف است. تحلیل پوششی داده‌ها، یک روش برنامه‌ریزی ریاضی، برای ارزیابی کارایی واحدهای تصمیم‌گیرنده است. هدف از پژوهش حاضر این است که با در نظر گرفتن هم‌زمان دارایی‌های ورودی و تامین سرمایه، کارایی مالی شرکت‌ها اندازه‌گیری شود.

روش‌شناسی پژوهش: در این پژوهش روش جدیدی به نام مدل سه‌بعدی تحلیل پوششی داده معرفی و در مورد ۱۰ شرکت فعال در حوزه صنعت فولاد در ایران طی دوره زمانی ۵ ساله و از سال‌های ۱۳۹۵ تا ۱۳۹۹ تحلیل کارایی انجام شد.

یافته‌ها: نتایج پژوهش نشان داد که شرکت‌های متعددی وجود دارند که عملکرد مناسبی در مدیریت دارایی‌های ورودی دارند، اما از نظر تامین سرمایه ناکارا هستند. درعین حال، شرکت‌هایی وجود دارند که در آن‌ها عملکرد مدیریت در مقایسه با دارایی‌های ورودی ضعیف است ولی از نظر تامین سرمایه کارا هستند؛ بنابراین، هنگام تحلیل کارایی شرکت، به شاخصی برای اندازه‌گیری کارایی نیاز است که هم ورودی‌ها و هم تامین سرمایه را هم‌زمان مدنظر قرار دهد. این پژوهش با تکیه بر این نکته یک روش اندازه‌گیری جدیدی را ارائه کرده است و وضعیت جاری مالی هر واحد تصمیم‌گیری را از طریق روش بازده به مقیاس تجزیه و تحلیل کرده و مسیری برای بهبود مالی مشخص نموده است.

اصالت/ارزش افزوده علمی: وجه تمایز این پژوهش با سایر پژوهش‌های پیشین توجه به تاثیر عوامل منفی و مخرب همانند استقراریت‌ها و بدهی‌های واحد تصمیم‌گیری در تحلیل پوششی داده بوده است. با توجه به پیشینه پژوهش ارائه شده و جستجو در پایگاه‌های اطلاعاتی نظیر ایرانداک، مساله کارایی مالی با استفاده از مدل بازطراحی شده *DEA*، مورد توجه پژوهشگران ایرانی قرار نگرفته است و هم‌چنین از آنجاکه این پژوهش به رویکرد جدیدی در تحلیل پوششی داده‌ها پرداخته است، خود را از پژوهش‌های پیشین متمایز ساخته است.

کلیدواژه‌ها: تحلیل پوششی داده‌ها، رویکرد *DEA* سه‌بعدی، کارایی مالی.

۱- مقدمه

به‌طورکلی کارایی، معیار ارزیابی عملکرد یک سیستم از ابعاد مختلف می‌باشد. کارایی بیانگر این است که یک بنگاه یا سازمان به چه نحوی از منابع موجود خود در راستای بهترین تولید ممکن در یک مقطع از زمان استفاده کرده است. با توجه به اینکه در عوامل متعددی در افزایش کارایی دخالت دارند؛ لذا با تعیین و برآورد آن می‌توان عملکرد این عوامل را موردسنجش و ارزیابی قرار داد و اهمیت هر عامل در تعیین میزان ستانده را تعیین کرد. هم‌چنین، کارایی مالی سازمان‌ها یکی از موضوعات فعال بحث در بین محققان حسابداری و مدیریت بوده است. اهمیت افزایش کارایی در صنایع کشورهای در حال توسعه به‌خصوص صنایعی همچون صنعت فولاد که از صنایع استراتژیک محسوب می‌شود، یک امر ضروری تلقی می‌شود. ارزیابی موقعیت مالی یک شرکت در فرآیند تصمیم‌گیری امری حیاتی و ضروری است، چراکه

* نویسنده مسئول

kasraghafari2020@gmail.com



عملیات یک شرکت تا اندازه زیادی وابسته به موقعیت مالی آن است. با استفاده از تحلیل های مالی، اطلاعاتی در زمینه قدرت نقدینگی، حجم فعالیت، کارایی، توان بازپرداخت وام و بدهی، ریسک پذیری، سودآوری و... به دست می آید که در نهایت باعث کاهش یا افزایش بازده سهام آن واحد خواهد شد.

عملکرد یک شرکت تحت تاثیر محیط داخلی و خارجی و عوامل ساختاری مانند ساختار هزینه شرکت، ساختار دارایی و ساختار فروش قرار دارد. تغییر در عوامل ساختاری نه تنها به دارایی های سرمایه گذاری شده توسط شرکت، بلکه به ساختار تامین مالی آن دارایی همانند سرمایه شرکت و سایر سرمایه های استفاده شده برای تامین مالی نیز بستگی دارد. وقتی شرکتی در واکنش به تغییرات محیط خارجی تصمیم به سرمایه گذاری می گیرد، این امر موجب می شود تا در دارایی جاری و بخصوص دارایی غیر جاری آن ها تغییری رخ دهد که باعث تغییر در ساختار دارایی شرکت می شود که این افزایش دارایی ها، افزایش سرمایه را با خود همراه دارد. از این رو ساختار سرمایه شرکت به دلیل تغییر نسبی اندازه سرمایه باتوجه به روش تامین مالی، تغییر خواهد کرد. تحلیل پوششی داده ها، یک روش برنامه ریزی ریاضی، برای ارزیابی کارایی واحدهای تصمیم گیرنده ای است که چندین ورودی و چندین خروجی دارند. اندازه گیری کارایی به دلیل اهمیت آن در ارزیابی عملکرد یک شرکت یا سازمان همواره مورد توجه محققین قرار داشته است.

هدف این پژوهش آن است که محدودیت های *DEA* را از میان برداشته و کارایی دارایی های ورودی را باتوجه به عملکرد مدیریت مورد تجزیه و تحلیل قرار دهد؛ بنابراین، یک مدل تحلیل جدید برای کارایی پیشنهاد می شود که از طریق بازطراحی مرز تابع، هم دارایی های ورودی و هم تامین سرمایه را در نظر می گیرد. هدف از روش ارائه شده آن است که محدودیت های ناشی از متغیرهای منفی در مدل فعلی *DEA* و محدودیت های موجود در مطالعات مربوط به تحلیل کارایی عملکرد مدیریت در مقایسه با دارایی های ورودی را برطرف کند. هم چنین، به یک تحلیل جدید و سه بعدی *DEA* می پردازد که هم زمان بازده دارایی های ورودی و تامین سرمایه را با عملکرد مدیریت مقایسه می کند. تحلیل های بازده موجود فقط مبتنی بر عملکرد مدیریت بر اساس دارایی های ورودی یا مدل *DEA* هستند که با متغیرهای منفی که بازده پایین تری دارند سروکار ندارند. هم چنین پیامدهای منفی را بیان می کند که تاثیر کاهشی روی کارایی دارند و میزان این کاهش را اندازه می گیرد. در گذشته، تحلیل های بازده *DEA* عوامل فرعی منفی مانند استقراض را در نظر نمی گرفتند. اگر یک ورودی، خروجی برابر داشته باشد، بدون توجه به ایجاد پیامد مخرب، بازده برابر دارد. باتوجه به مطالب یادشده، حل این مشکل از طریق مدل بازطراحی شده سه بعدی *DEA*، اتفاق خواهد افتاد که آن را مورد بررسی قرار خواهیم داد.

۲- مبانی نظری و پیشینه پژوهش

تکنیک های مرسوم که برای ارزیابی عملکرد استفاده می شوند، یک سطحی می باشند و نمی توانند اطلاعات مدیریتی کافی برای شناسایی عوامل ناکارایی واحدهای ناکارا و دستیابی به مزایا و معایب استراتژی های رقابتی را در اختیار کارشناسان قرار دهند؛ اما تکنیک تحلیل پوششی داده های چندسطحی می تواند بر این مشکل غلبه کند. از مهم ترین مشکلات مدل های کلاسیک می توان به نادیده گرفتن روابط داخلی هر واحد در ارزیابی عملکرد اشاره کرد [1].

معظمی و همکاران [2] با استفاده از مدل BCC^1 با ماهیت ورودی و با فرم پوششی، شعب کارا و غیرکارا را از هم تفکیک دادند و شعب ناکارا را رتبه بندی کردند و برای آن ها از بین شعب کارا، الگویی جهت رسیدن به مرز کارایی مشخص کردند. یوسفی و راجی [3] کارایی مالی شرکت های دارویی پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار که در زمینه تولید محصولات و فرآورده های دارویی فعالیت نمودند را مورد سنجش و بررسی قرار داده اند. علاوه بر این در مطالعات خارجی، جهان شاهلو و همکاران [3] یک مدل سیستم رده بندی *DEA* را پیشنهاد کردند که حتی درون یک گروه کارایی، کارایی ها را اولویت بندی می کند. سایلین و همکاران [4] برای پیش بینی ناتوانی های مالی، *DEA* را تعمیم دادند و از آن عمدتا برای اندازه گیری کارایی در مدیریت مالی استفاده کردند. برای نسبت های مالی منفی شرکتی که با نکول روبرو است، باید از مدل $BCC-DEA$ که تاثیری بر کارایی ندارد، استفاده کرد؛ حتی اگر این مدل به صورت خطی مقدار منفی را تغییر دهد. البته این نتایج محدود به استفاده از مدل CCR^2 بود. برخلاف مطالعات پیشین که ارجح بودن *DEA* را نشان داده بودند، سویوشی [5] یک مدل برای پیش بینی نکول شرکت ارائه کرد که در آن *DEA* و تحلیل تفکیکی باهم ادغام شده بودند.

¹ Banker, Charnes and Cooper

² Charnes, Cooper and Cooper





فاره و همکاران [7]، [8] مطالعاتی راجع به توابع فاصله جهت از جمله خروجی مخرب، انجام دادند. هم‌زمان نیو و همکاران [8] کارایی هرکدام از دو فرآیند فرعی را بررسی کردند تا سیستم‌های پیچیده نیروگاه بادی را مورد ارزیابی قرار دهند. امتیاز کارایی و عامل محیطی با استفاده از مدل توبیت (هر امتیاز کارایی به‌عنوان متغیر وابسته) تجزیه و تحلیل شدند. تران و همکاران [9] روش جدیدی را پیشنهاد کردند که در آن معیار کارایی براساس رکود با *DEA* در حالت کارایی فوق‌العاده ترکیب شده است. تا الان، برای به دست آوردن امتیاز کارایی فوق‌العاده، به اقدام پیشگیرانه و تکرار *DEA* نیاز بوده است. البته، آن‌ها پیشنهاد کردند که امتیاز کارایی فوق‌العاده را می‌توان از طریق یک‌بار اجرا به دست آورد که می‌تواند زمان لازم برای تحلیل عملی را کاهش دهد. سیاریفا و همکاران [10] کارایی فنی کشاورزان تولیدکننده کائوچو را با انتخاب درختان کائوچو، کودها، و نیروی انسانی به‌عنوان متغیرهای ورودی و خروجی، به ازای هر کشاورز به‌عنوان خروجی و هم‌چنین رگرسیون توبیت که عوامل موثر بر کارایی را تحلیل می‌کند، تجزیه و تحلیل کردند. در ادامه، آوکیان و همکاران [11] معتقد بودند که متغیرهای ورودی و خروجی استفاده‌شده در مدل *DEA*، داده‌های فعلی یا تاریخی هستند؛ بنابراین، نمی‌توانند معیار مناسبی برای سنجش بهبود کارایی در آینده باشند. برای رفع این مشکل، آن‌ها ورودی و متغیرها را با استفاده از سیستم شبیه‌سازی پویا پیش‌بینی و کارایی را بر اساس مدل *DEA* شبکه‌ای بررسی کردند. لی و چویی [12] گفتند که در روش سنتی برای اولویت‌بندی کارایی، از اطلاعات مربوط به مشخصات موقعیتی نسبی داده‌های ورودی یا خروجی داده‌شده استفاده می‌کنند و یا اطلاعات را از طریق تجزیه و تحلیل اضافی به دست می‌آورند. بوداگی و سائن [13]، پراساد [14] و یحیی و عسید [15] نیز اخیراً در این خصوص مطالعاتی را انجام دادند.

همان‌طور که بیان شد فرضیه‌های پژوهش به شرح زیر تبیین شده است:

فرضیه ۱- مدل بازطراحی شده *DEA*، توان ارزیابی کارایی مالی را دارد.

فرضیه ۲- مدل سه‌بعدی *DEA*، کارایی و ناکارایی را هم‌زمان به‌درستی بررسی می‌کند.

۳- روش پژوهش

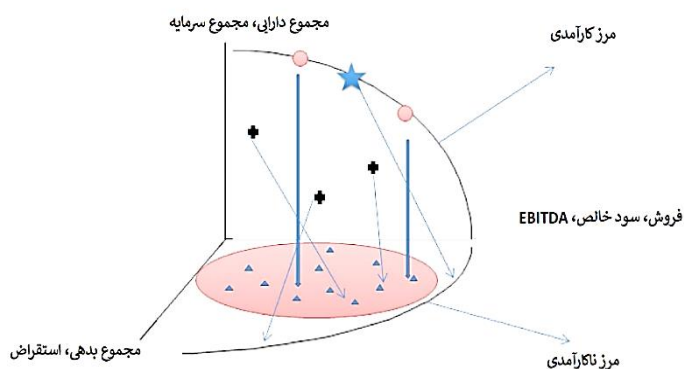
پژوهش حاضر از جهت هدف، از نوع کاربردی است. این نوع پژوهش از آن جهت که می‌تواند مورد استفاده سازمان بورس اوراق بهادار، تحلیل‌گران مالی و کارگزاران بورس، مدیران مالی شرکت‌ها، دانشگاه‌ها و مراکز آموزش عالی و پژوهشگران، سازمان حسابرسی قرار گیرد، کاربردی است. از جهت روش استنتاج، این پژوهش از نوع توصیفی-همبستگی می‌باشد. پژوهش توصیفی آنچه را که می‌باشد بدون دخل و تصرف توصیف و تفسیر می‌کند. این نوع از پژوهش شامل جمع‌آوری اطلاعات به‌منظور آزمون فرضیه یا پاسخ به سوالات مربوط به وضعیت فعلی موضوع مورد مطالعه می‌باشد. *DMU* ناکارا درون یک گروه خاص بایستی بررسی شود تا به یک *DMU* کارا تبدیل شود. به‌عبارت‌دیگر، *DEA* ساختار مالی *DMUs* که در بین *DMUs* مشابه با ساختار کارا، ارزیابی شده‌اند را با دارایی‌ها و سرمایه استفاده‌شده توسط *DMUs* ناکارا، مقایسه می‌کند؛ بنابراین، این امکان وجود دارد که وضعیت مالی بهینه گروه‌های شرکت‌هایی که در صنعت عملاً در حال رشد هستند را تعیین نمود و هم‌چنین براساس آن مشخص شود که *DMUs* ناکارا به کدامیک از آن‌ها تعلق دارد. باتوجه به مشخصه‌های این روش، *DEA* به‌عنوان روش تحلیل در این پژوهش انتخاب شد. به‌علاوه، هدف نهایی این مطالعه آن است که وضعیت مالی کارایی که بتواند در عمل، برای شرکت‌های ناکارا محقق شود را نشان دهد. مدل *DEA* سه‌بعدی ارائه‌شده در این پژوهش به تعمیم معیار سنجش به‌دست‌آمده و نسبت‌های مالی بهینه برای *DMUs* ناکارا می‌پردازد.

در تحلیل کارایی شرکت‌ها، حتی اگر نسبت دارایی به عملکرد به‌طور موثر، تجزیه و تحلیل شده باشد، بازهم ممکن است که یک *DMU* ناکارا از نظر تامین سرمایه وجود داشته باشد؛ بنابراین، اشتباهات در اندازه‌گیری کارایی ممکن است ناشی از تحلیل کارایی مالی یک شرکت، براساس ورودی یا تامین سرمایه در مقایسه با شاخص‌های عملکردی باشد. این پژوهش یک مدل تحلیل *DEA* سه‌بعدی را پیشنهاد می‌کند که مرز مدل تابع فاصله را دوباره طراحی کند. بدین‌وسیله، کارایی مدیریت یک شرکت، هم‌زمان با کارایی سرمایه‌تامین‌شده و دارایی‌های ورودی اندازه‌گیری می‌شود. به‌علاوه، برای اندازه‌گیری کارایی شرکت‌ها و رده‌بندی آن‌ها برحسب دارایی‌های ورودی و تامین سرمایه از روش بازده به مقیاس *RTS* استفاده می‌گردد. حتی اگر شرکتی با استفاده از مقدار برابر دارایی‌های ورودی، فروش مشابهی داشته باشد، منطقی به نظر می‌رسد که امتیاز بالاتر عملکرد را باید به شرکتی اختصاص داد که دارای بدهی و یا استقراض نسبتاً کم‌تری باشد؛ بنابراین، در زمان اندازه‌گیری اثربخشی شرکت، لازم است خروجی سودآوری و خروجی مخرب را نسبت به دارایی‌های ورودی، مورد تحلیل قرار گیرد. در

این پژوهش، خروجی استقراض‌ها و کل بدهی که تاثیر کاهشی روی عملکرد شرکت دارند، به‌عنوان متغیرهای مرز ناکارا در نظر گرفته شده‌اند.

۱-۳- مدل سه‌بعدی تحلیل DEA

معمولاً، یک شرکت از سطح سود دارایی‌های سرمایه‌گذاری شده خود به‌عنوان شاخصی برای عملکرد تجاری استفاده می‌کند؛ زیرا شرکت برای افزایش سودآوری، سرمایه‌گذاری در منابع جدیدی همانند افزایش دارایی‌های ثابت یا سرمایه‌ای را مدنظر دارد. با توجه به این‌که سرمایه موجود شرکت محدود است، لذا بیش‌تر شرکت‌ها برای تامین وجه موردنیاز، به بدهی و فروش دارایی روی می‌آوردند. در انتها، تلاش برای افزایش سودآوری از طریق سرمایه‌گذاری، در اکثر شرکت‌ها هم‌زمان باعث افزایش پیامدهای مخربی مانند استقراض‌ها و کل بدهی‌ها شده که تاثیر منفی بر کارایی خواهد داشت. به‌همین دلیل تحلیل‌هایی مرتبط با کارایی که فقط عملکرد مدیریت را مدنظر قرار می‌دهند و به تامین سرمایه توجهی ندارند، محدود می‌شوند.



شکل ۱- نمودار سه‌بعدی DMUs کارا و ناکارا.

Figure 1- 3D diagram of efficient and inefficient DMUs.

مقدار کارایی مدل تحلیل سه‌بعدی DEA با γ نشان داده شده که به‌صورت شاخص کارایی سه‌بعدی تعریف شده است. مدل تحلیل سه‌بعدی DEA به‌صورت زیر فرموله شده است:

مرحله ۱- $\theta^k = \text{MAX} \theta^k$ کارا، به‌شرط اینکه:

$$x_m^k \geq \sum_{j=1}^J x_m^j \lambda^j \quad (m = 1, 2, \dots, M). \quad (1)$$

$$\theta^k y_n^k = \sum_{j=1}^J y_n^j \lambda^j \quad (n = 1, 2, \dots, N). \quad (2)$$

مرحله ۲- $\alpha^k = \text{MAX} \alpha^k$ ناکارا، به‌شرط اینکه:

$$y_n^k \geq \sum_{j=1}^J y_n^j \lambda^j \quad (n = 1, 2, \dots, N). \quad (3)$$

$$\alpha^k z_p^k = \sum_{j=1}^J z_p^j \lambda^j \quad (p = 1, 2, \dots, P). \quad (4)$$

$$\lambda^j \geq 0, \sum_{j=1}^J \lambda^j = 1 \quad (j = 1, 2, \dots, J). \quad (5)$$

مرحله ۳- مقدار کارایی سه‌بعدی:

$$x_m^k \geq \sum_{j=1}^J x_m^j \lambda^j \quad (m = 1, 2, \dots, M). \quad (6)$$

معادله (۱) و معادله (۳) محدودیت‌های ورودی را نشان می‌دهند. ورودی‌ها و خروجی‌ها روی مرز تابع تولید قرار دارند حتی اگر مقدار ورودی‌هایی که برای تولید سطح فعلی خروجی، افزایش یافته باشد. در فناوری یافته باشد. همیشه قابل تولید است،





بدون انحراف است. معادله (۲) و معادله (۴) محدودیت‌های خروجی را نشان می‌دهند که نشان می‌دهد بدون نیاز به هرگونه ورودی اضافی می‌توان خروجی با سطح فعلی یا کم‌تر از آن را تولید کرد. به علاوه، معادله (۵) شرطی است که تغییرپذیری مقیاس را نشان می‌دهد و معادله (۶) عبارتی است که نشان‌دهنده مقدار کارایی مرز کارا و مقدار ناکارایی مرز ناکارا بوده و به صورت یک مقدار سه‌بعدی برای کارایی تعریف شده‌اند. هدف از این مدل آن است که کارایی عملکرد مدیریت باتوجه به تامین سرمایه و دارایی‌های ورودی اندازه‌گیری شود. مدل تحلیل سه‌بعدی *DEA* یک مدل چندبعدی متشکل از یک مرز کارا و یک مرز ناکارا است. متغیرهای ورودی استفاده‌شده در مرز کارا عبارت‌اند از کل دارایی‌ها و کل سرمایه برای عملیات تجاری و متغیرهای خروجی عبارت‌اند از فروش، سود عملیاتی (سود قبل از بهره و مالیات)، *EBITDA* و سود خالص که حاصل دارایی‌های شرکت است. مرز ناکارا، ناکارایی ساختار تامین سرمایه را در مقایسه با شاخص‌های عملکردی همانند فروش، *EBITDA* و سود خالص اندازه‌گیری می‌کند؛ بنابراین، عواملی که تاثیر منفی بر ساختار مالی شرکت دارند مانند استقراض و کل بدهی، انتخاب شده‌اند؛ این عوامل به احتمال زیاد، روی مرز ناکارا و به عنوان متغیر خروجی که به سمت بالاتر حرکت می‌کنند قرار دارند. متغیرهای ورودی مرز ناکارا همان متغیرهای خروجی مرز کارا هستند. وقتی بازده عملکرد تجاری یک شرکت اندازه‌گیری می‌شود، این امکان وجود دارد که به طور هم‌زمان متغیرهای مثبت و منفی، تحت استاندارد ثابت عملکرد مدیریت در نظر گرفته شود تا بازده مدیریت دارایی و تامین سرمایه را بهبود دهد.

جدول ۱- متغیرهای ورودی و خروجی.

Table 1- Input and output variables.

بخش	مرز کارآمدی	مرز ناکارآمدی
متغیرهای ورودی	کل دارایی‌ها کل مقدار سرمایه	فروش EBITDA سود خالص
متغیرهای خروجی	فروش EBITDA سود خالص	تسهیلات مالی بلندمدت بدهی کل

تعریف عملیاتی و مفهومی هر یک از متغیرهای موجود در مدل فوق بدین شرح است:

۱. متغیرهای ورودی اول: شامل کل دارایی‌ها و کل مقدار سرمایه می‌باشد که در تحلیل‌های پژوهش تحت اصطلاح دارایی‌های ورودی بررسی می‌شوند.
 - کل دارایی‌ها: به کل منابعی که دارای ارزش اقتصادی هستند و افراد، شرکت‌ها یا دولت‌ها مالکیت آن را در اختیار می‌گیرند و انتظار دارند آن منابع در آینده منافعی را برای آن‌ها ایجاد کند، گفته می‌شود.
 - کل مقدار سرمایه: عبارت است از دارایی استفاده‌شده جهت تولید ثروت بیش‌تر یا ایجاد و توسعه یک کسب و کار جدید.
۲. متغیرهای خروجی اول: شامل فروش، *EBITDA* و سود خالص می‌باشند.
 - فروش: معامله‌ای بین دو یا چند طرف است که در آن خریدار، کالاهای ملموس یا نامشهود، خدمات یا دارایی‌ها را در ازای پرداخت پول دریافت می‌کند.
 - *EBITDA*: درآمد قبل از بهره، مالیات و استهلاک می‌باشد که شاخصی جهت تحلیل سودآوری و عملکرد مالی در شرکت‌ها و صنایع است.
 - سود خالص: میزان سود باقی‌مانده یک شرکت است که پس از کسر نمودن مجموع بهای کالای فروخته شده، هزینه‌های عملیاتی و مالیات، از مجموع درآمدها در طول یک مالی، عاید آن شرکت می‌گردد.
۳. متغیرهای ورودی دوم: همان متغیرهای خروجی اول می‌باشند.
۴. متغیرهای خروجی دوم: شامل کل بدهی و تسهیلات مالی بلندمدت (استقراض) می‌باشند که تحلیل‌های پژوهش تحت اصطلاح تامین سرمایه بررسی می‌شوند.
 - بدهی کل: به مجموع بدهی‌های کوتاه‌مدت و بلندمدت گفته می‌شود.
 - تسهیلات مالی بلندمدت (استقراض): اخذ مبلغی به‌عنوان وام از بانک برای زمان طولانی مدت می‌باشد.

در خصوص ادبیات تحقیق از طریق مطالعات کتابخانه‌ای مقالات و پایان‌نامه‌های داخلی و سایت‌های اینترنتی اطلاعات مورد نیاز مربوط به ادبیات تحقیق جمع‌آوری شده است و نیز برای جمع‌آوری اطلاعات مالی شرکت‌ها از نرم‌افزار ره‌آورد نوین و اطلاعات منتشرشده در کدال استفاده شده است. جهت تلخیص مطالعات کتابخانه‌ای یا ادبیات تحقیق از فیش استفاده شده است و جهت توصیف و طبقه‌بندی یافته‌های مبتنی بر بررسی تجربیات گذشته و اطلاعات مالی شرکت‌ها از نرم‌افزار *Excel* استفاده شده است. به بیانی از نرم‌افزار *Excel* برای جمع‌آوری داده‌های خام استفاده شده و پس از آن برای برآورد الگوها از نرم‌افزار *MATLAB* استفاده شده است.

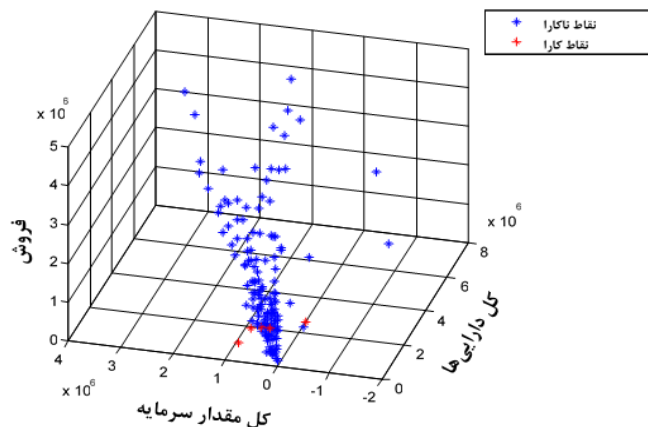
۴- یافته‌های پژوهش

۴-۱- تحلیل کارایی بدون گروه‌بندی

تحلیل سه‌بعدی *DEA* مطابق با گروهی که بر مبنای متغیرهای مقیاس دسته‌بندی شده و با توجه به این موضوع که یک شرکت نمی‌تواند در مقیاس بهینه‌ای که با واقعیت تفاوت دارد کار کند، انجام شده است. در بین *DMUs*، *DMU8*، *DMU11*، *DMU18*، *DMU19*، *DMU20*، *DMU21*، *DMU44*، *DMU45*، *DMU47* و *DMU49* براساس دارایی‌های ورودی و تامین سرمایه روی مرزهای کارا و ناکارا قرار دارند و به‌عنوان *DMUs* تاثیرگذار انتخاب می‌شوند. معیار این انتخاب میانگین کارایی‌ها و میانگین ناکارایی‌هاست؛ برای این اساس که اگر عدد کارایی *DMU*، بیش‌تر از میانگین کارایی‌ها باشد و هم‌زمان عدد ناکارایی *DMU* نیز، بیش‌تر از میانگین ناکارایی‌ها باشد؛ آن *DMU* به‌عنوان *DMU* تاثیرگذار انتخاب می‌شود. نتایج این *DMUs* نشان می‌دهند که عملکرد مدیریت از نظر دارایی‌های ورودی کارا ولی از نظر تامین سرمایه ناکارا است؛ بنابراین، به‌رغم کارکرد موثر دارایی‌های ورودی لازم است که بهبودهای مناسبی در تامین سرمایه انجام شود. با توجه به این دیدگاه، هرچند عملکرد مدیریت از نظر دارایی‌های ورودی موثر است، ولی در رابطه با تامین سرمایه کارایی ندارد. برای تحلیل کارایی مالی یک شرکت، به‌جای تحلیل میزان خروجی نسبت به دارایی‌های ورودی فقط براساس سودآوری، لازم است که کارایی تامین سرمایه نیز ارزیابی شود.

۲-۴- شکل‌های تحلیل کارایی

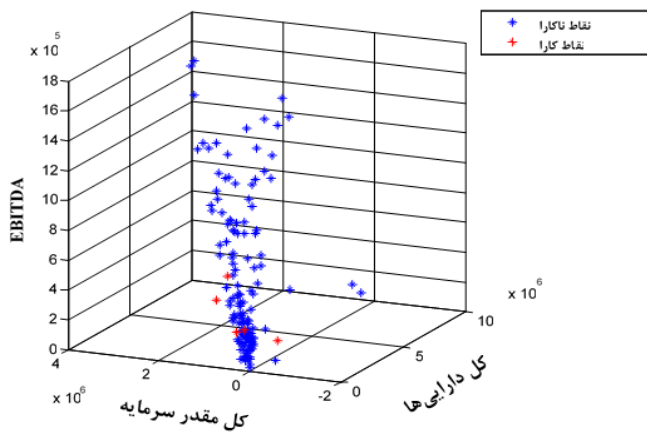
شکل‌های تحلیل کارایی برای *DMUs* مذکور به شرح شکل ۲ تا شکل ۴ می‌باشد.



شکل ۲- مقایسه کل دارایی‌ها و کل مقدار سرمایه با میزان فروش.

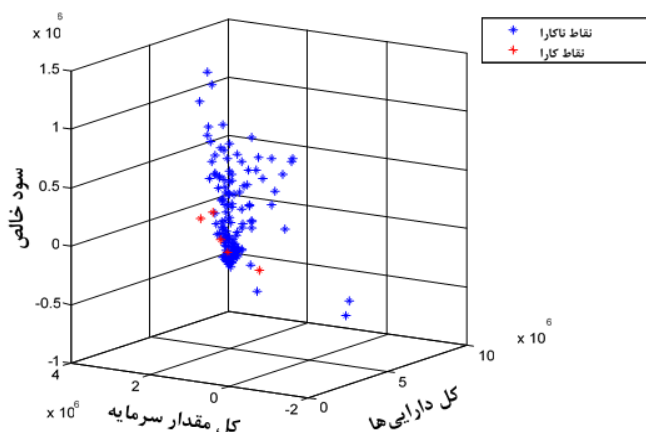
Figure 2- Comparison of total assets and total amount of capital with the amount of sales.





شکل ۳- مقایسه کل دارایی‌ها و کل مقدار سرمایه با میزان EBITDA.

Figure 3- Comparison of total assets and total amount of capital with EBITDA.

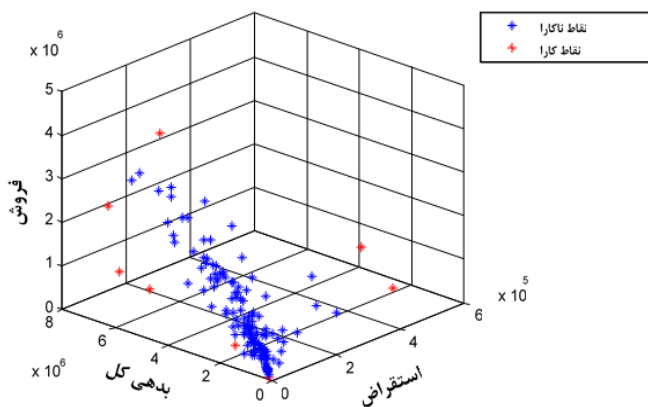


شکل ۴- مقایسه کل دارایی‌ها و کل مقدار سرمایه با میزان سود خالص.

Figure 4- Comparison of total assets and total amount of capital with amount of net profit.

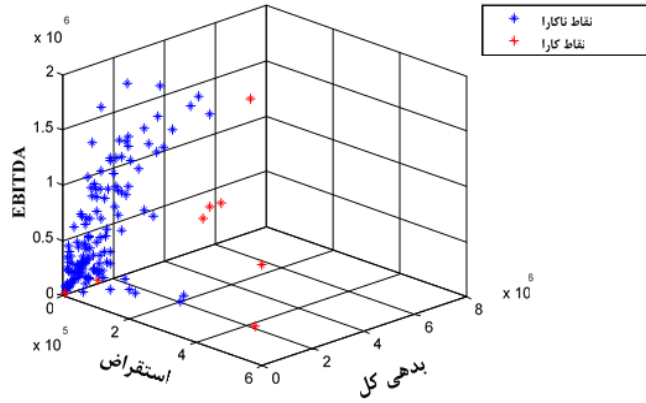
۴-۳- شکل‌های تحلیل ناکارایی

شکل‌های تحلیل ناکارایی برای *DMUs* مذکور به شرح شکل ۵ تا شکل ۷ می‌باشد.

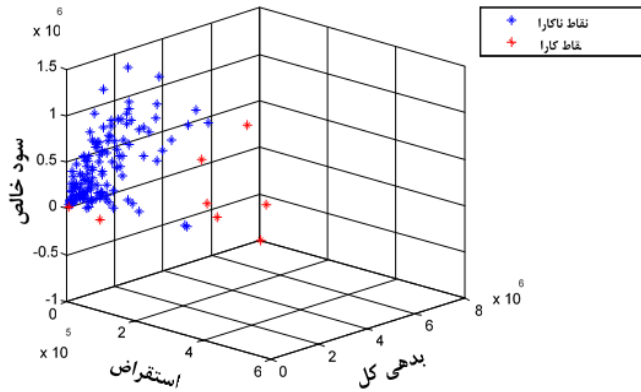


شکل ۵- مقایسه بدهی کل و استقراض با میزان فروش.

Figure 5- Comparison of total debt and borrowing with the amount of sales.



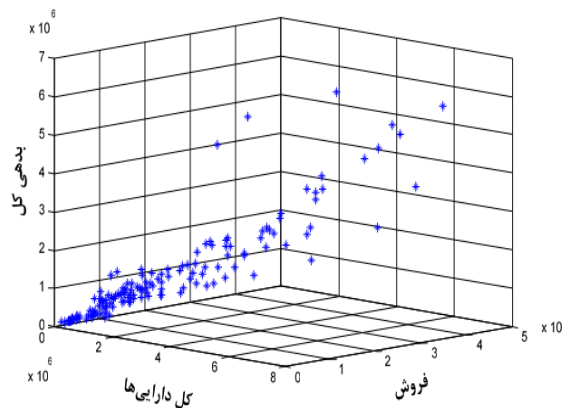
شکل ۶- مقایسه بدهی کل و استقراض با EBITDA.
Figure 6- Comparison of total debt and borrowing with EBITDA.



شکل ۷- مقایسه بدهی کل و استقراض با سود خالص.
Figure 7- Comparison of total debt and borrowing with net profit.

۴-۴- شکل تحلیل کلی داده‌ها

شکل ۸ تحلیل کلی داده‌ها، نسبت کل دارایی‌ها، فروش و بدهی کل را نشان می‌دهد.



شکل ۸- مقایسه کل دارایی‌ها، فروش و بدهی کل.
Figure 8- Comparison of total assets, sales and total debt.

۴-۵- تحلیل بازده نسبت به مقیاس RTS

کارایی را می‌توان بر اساس حداقل‌سازی ورودی‌ها و یا حداکثرسازی خروجی‌ها محاسبه کرد و هرکدام از این دو روش می‌تواند براساس بازدهی ثابت نسبت به مقیاس^۱ و یا بازدهی متغیر نسبت به مقیاس^۲ انجام گیرد. از موضوعات بسیار مهم در تحلیل پوششی داده‌ها

^۱ CRS

^۲ VRS



مشخص کردن نوع بازده به مقیاس است. بازده به مقیاس ارتباط بین تغییرات ورودی‌ها و خروجی‌های سیستم را نشان می‌دهد. یکی از توانایی‌های روش *DEA*، تعیین بازده به مقیاس‌های متفاوت در واحدهای سیستم است. در بازده به مقیاس ثابت، هر مضربی از ورودی‌ها همان مضرب از خروجی‌ها را تولید می‌کند. در بازده به مقیاس متغیر هر مضربی از ورودی‌ها می‌تواند همان مضرب از خروجی‌ها یا کم‌تر و یا بیش‌تر از آن را در خروجی‌ها تولید کند. برای تعیین بازده به مقیاس شرکت‌ها دو مرحله در نظر گرفته شده است و در پایان تحلیلی بر برآیند این دو مرحله انجام شد.

۱-۵-۴- تحلیل بازده نسبت به مقیاس-مرحله اول

از تحلیل بازده به مقیاس می‌توان برای تعیین وضعیت فعلی *DMU* استفاده کرد و براساس آن استراتژی برای بهبود پیشنهاد کرد. در این مرحله به تحلیل نرخ رشد متغیرهای ورودی همانند دارایی کل نسبت به نرخ رشد متغیرهای خروجی همانند فروش پرداخته شده است. جدول ۲، نسبت‌های به‌دست‌آمده از شاخصه‌های هر شرکت را نشان می‌دهد.

جدول ۲- تحلیل RTS-مرحله اول.
Table 2- RTS analysis-first stage.

ردیف	نام شرکت	RTS I
1	فولاد امیرکبیر کاشان	کاهشی
2	ذوب آهن اصفهان	کاهشی
3	فولاد مبارکه	افزایشی
4	نورد و قطعات فولادی	کاهشی
5	فولاد خوزستان	ثابت
6	آلومراد	کاهشی
7	نورد و قطعات فولادی	کاهشی
8	فولاد آلیاژی ایران	ثابت
9	فولاد کاوه جنوب کیش	کاهشی
10	پارس فولاد سبزواری	کاهشی

۲-۵-۴- تحلیل بازده نسبت به مقیاس-مرحله دوم

در این مرحله به تحلیل نرخ رشد دارایی‌های ورودی دوم همانند فروش، نسبت به نرخ رشد متغیرهای خروجی همانند کل بدهی پرداخته شده است. جدول ۳، نسبت‌های به‌دست‌آمده از شاخصه‌های هر شرکت را نشان می‌دهد.

جدول ۳- تحلیل RTS-مرحله دوم.
Table 3- RTS analysis-second stage.

ردیف	نام شرکت	RTS II
1	فولاد امیرکبیر کاشان	افزایشی
2	ذوب آهن اصفهان	افزایشی
3	فولاد مبارکه	کاهشی
4	ملی سرب و روی ایران	ثابت
5	فولاد خوزستان	کاهشی
6	آلومراد	افزایشی
7	نورد و قطعات فولادی	افزایشی
8	فولاد آلیاژی ایران	کاهشی
9	فولاد کاوه جنوب کیش	افزایشی
10	پارس فولاد سبزواری	افزایشی

در این قسمت به تحلیل کلی از بازده به مقیاس هم‌زمان در دو مرحله در مقایسه با تغییرات شاخص سه‌بعدی شرکت‌ها پرداخته می‌شود. همان‌طور که طبق جدول ۴ مشاهده می‌کنید؛ نرخ رشد متغیرهای خروجی همانند فروش در شرکت فولاد مبارکه بیش‌تر از نرخ رشد متغیرهای ورودی همانند دارایی کل می‌باشد و هم‌زمان نرخ رشد فروش بیش‌تر از نرخ رشد کل بدهی این شرکت است. در این موارد شاید مدیران با فروش دارایی‌های خود، بدهی‌های خود را تسویه کرده باشند؛ اما مطلوب است بتوانند با دارایی‌های باقیمانده و اتخاذ استراتژی مناسب سهم از بازار را در دست خود گرفته و از این طریق فروش خود را افزایش دهند. در انتها مشاهده می‌شود که شاخص سه‌بعدی نیز کاهش یافته و با تاکید بر تحلیل دو گام قبل مشخص می‌کند که به‌طور کل شرکت عملکردی مناسب نداشته و نسبت افزایش در فروش آن قدری نبوده که بتواند میزان افزایش در بدهی‌ها را تحت پوشش قرار دهد.

شرکت‌هایی نظیر فولاد امیرکبیرکاشان، ذوب آهن اصفهان، آلومراد، نورد و قطعات فولادی، فولاد کاوه جنوب کیش، پارس فولاد سبزواری که در آن‌ها نرخ رشد فروش کم‌تر از نرخ رشد دارایی کل است و هم‌زمان نرخ رشد فروش کم‌تر از نرخ رشد کل بدهی می‌باشد؛ شرکت‌ها خواسته از طریق بدهی تحصیل دارایی کنند اما نتوانسته به‌صورت بهینه از دارایی‌های خود در جهت فروش بیش‌تر استفاده کند. این می‌تواند نشان از عملکرد ضعیف مدیریت باشد که با تغییر استراتژی‌های تولید، توزیع و فروش این مشکل می‌تواند مرتفع شود.

در شرکت ملی سرب و روی ایران، نرخ رشد فروش کم‌تر از نرخ رشد دارایی کل است و هم‌زمان نرخ رشد کل بدهی و نرخ رشد فروش یکسان است و تغییری حاصل نشده است. این نشان می‌دهد که شرکت از دارایی‌ها نتوانسته جهت کسب فروش بیش‌تر استفاده کند و هم‌چنین نرخ رشد استقراض ثابت، نشان از ضعف شدید استراتژی‌های مدیریت دارد. راه‌حل پیشنهادی، تغییر استراتژی‌های مدیریت می‌باشد. شاخص سه‌بعدی در این شرکت کاهش یافته است که نشان می‌دهد ثبات در نرخ بدهی نتوانسته میزان کاهش در فروش را تحت پوشش قرار دهد.

شرکت‌های فولاد آلیاژی ایران و فولاد خوزستان که در آن‌ها نرخ رشد دارایی کل و نرخ رشد فروش یکسان است و هم‌زمان نرخ رشد کل بدهی نسبت به نرخ رشد فروش کم‌تر می‌باشد؛ نشان‌دهنده آن است که شرکت نتوانسته از دارایی‌های خود به نحوی استفاده کند که فروش پایدار بماند و در نهایت از وجوه حاصله در جهت تسویه بدهی خود بهره‌برد و این استراتژی درستی می‌باشد. شاخص سه‌بعدی در شرکت ابوریحان افزایش یافته است که نشانگر عملکرد خوب مدیریت است ولی این شاخص در مورد شرکت فولاد آلیاژی ایران ثابت است که ممکن است نشان‌دهنده دست‌کاری در حساب‌های شرکتی باشد. حالت‌های دیگری نیز ممکن است برای $DMUs$ رخ دهد که جزو حالت‌های این پژوهش به حساب نیامد اما به‌اختصار به چند نمونه از این حالت‌ها می‌پردازیم؛ باشد تا در پژوهش‌های آینده سودمند واقع شود:

در شرکتی ممکن است نرخ رشد فروش بیش‌تر از نرخ رشد دارایی کل و هم‌زمان نرخ رشد کل بدهی بیش‌تر از فروش باشد. این شرکت هنگامی که دارایی‌هایش افزایش یافته ممکن است از طریق تحصیل وام این افزایش افتاده باشد و مدیریت هم با عملکرد مناسب نتوانسته از دارایی‌ها جهت کسب فروش بیش‌تر به نحو صحیح استفاده کرده باشد. حال پیشنهاد می‌شود که مدیر استراتژی حاضر را ادامه داده و کم‌کم به کاهش استقراض روی بیاورد. در شرکت دیگر ممکن است نرخ رشد دارایی کل و نرخ رشد فروش یکسان ولی نرخ رشد کل بدهی نسبت به نرخ رشد فروش بیش‌تر شده باشد که حکایت از آن دارد که شرکت ممکن است دارای تزلزل مالی بوده باشد و از وجوه به دست آورده از بدهی در پرداخت هزینه‌های جاری استفاده کرده باشد.

جدول ۴- تحلیل RTS در مقایسه با شاخص سه‌بعدی.

Table 4- RTS analysis compared to 3D index.

شماره	نام شرکت	RTS I	RTS II	شاخص سه‌بعدی
1	فولاد امیرکبیر کاشان	کاهشی	افزایشی	کاهشی
2	ذوب آهن اصفهان	کاهشی	افزایشی	کاهشی
3	فولاد مبارکه	افزایشی	کاهشی	کاهشی
4	ملی سرب و روی ایران	کاهشی	ثابت	کاهشی
5	فولاد خوزستان	ثابت	کاهشی	افزایشی
6	آلومراد	کاهشی	افزایشی	کاهشی



Table 4- Continued.

شماره	نام شرکت	RTS I	RTS II	شاخص سه بعدی
7	نورد و قطعات فولادی	کاهشی	افزایشی	کاهشی
8	فولاد آلیاژی ایران	ثابت	کاهشی	ثابت
9	فولاد کاوه جنوب کیش	کاهشی	افزایشی	کاهشی
10	پارس فولاد سبزواری	کاهشی	افزایشی	کاهشی

افزایشی: نرخ افزایش خروجی‌ها بیش‌تر از نرخ افزایش ورودی‌ها است.

کاهشی: نرخ افزایش خروجی‌ها کم‌تر از نرخ افزایش ورودی‌ها است.

ثابت: نرخ رشد ورودی‌ها و خروجی‌ها یکسان است.

۴-۶- خلاصه نتایج فرضیه‌ها

خلاصه فرضیه‌های پژوهش براساس متغیر بازطراحی مدل *DEA* در جدول ۵ بیان شده است.

جدول ۵- خلاصه نتایج فرضیه‌ها (متغیر وابسته: بازطراحی مدل *DEA*).

Table 5- Summary of the results of the hypotheses (dependent variable: redesign of the *DEA* model).

شماره	فرضیه	نتیجه
1	مدل بازطراحی شده <i>DEA</i> ، توان ارزیابی کارایی مالی را دارد.	پذیرش
2	مدل سه بعدی <i>DEA</i> ، کارایی و ناکارایی را هم‌زمان به درستی بررسی می‌کند.	پذیرش

۵- بحث و نتیجه‌گیری

در مطالعه حاضر به بررسی کارایی مالی شرکت‌های حوزه صنعت فولاد با استفاده از مدل بازطراحی شده *DEA* پرداخته شد. از این‌رو در مطالعه حاضر سعی گردید مساله کارایی در ابعاد جدیدی مدنظر قرار گیرد؛ بنابراین، انتظار می‌رود این مطالعه، راهکار مناسب و جدیدی را برای بهبود کارایی مالی شرکت‌ها پیدا کرده باشد.

همانطور که در قبل اشاره شد؛ مقدار کارایی سه بعدی، یک مقدار جدیدی است که اثر دارایی‌های ورودی و تامین سرمایه را به‌طور هم‌زمان در نظر می‌گیرد. در این میان *DMU 29* بیش‌ترین مقدار و *DMU 16* کم‌ترین مقدار را نشان دادند. در بین *DMUs*، *DMU 8*، *DMU 11*، *DMU 18*، *DMU 19*، *DMU 20*، *DMU 21*، *DMU 44*، *DMU 45*، *DMU 47* و *DMU 49* از نظر دارایی‌های ورودی به‌عنوان *DMU* کارا در نظر گرفته شده‌اند ولی از نظر تامین سرمایه ناکارا ارزیابی شدند؛ بنابراین، لازم است تامین سرمایه، علی‌رغم کارایی دارایی‌های ورودی، براساس عملکرد مدیران نیز ارزیابی و بهبود یابد.

این پژوهش، اولین تحقیق در حوزه داخلی است که با طراحی دوباره *DEA*، به‌صورت هم‌زمان دارایی‌های ورودی و بازده تامین سرمایه را با توجه به عملکرد مدیریت تحلیل کرده است. به عبارتی نیاز به تحلیل هم‌زمان با استفاده از شاخص سه بعدی *DEA* که می‌تواند به‌عنوان یک روش تحلیلی برای ارزیابی کارایی شرکت استفاده شود، برطرف شده است. دوم اینکه در تحقیقات پیشین، عوامل مخرب و منفی که تاثیر کاهشی بر روی کارایی دارند مورد بررسی قرار نگرفته بود که در این پژوهش خلا آن، مورد تحلیل قرار گرفت. چراکه تفاوت عمده‌ای بین تحلیل متغیرهای مثبت و منفی وجود دارد.





- [1] Shafiee, M. (2017). Designing a multi-level data coverage model in evaluating the efficiency of financial institutions. *Operations research in its applications*, 14(2), 41–66. <http://jamlu.liau.ac.ir/article-1-1514-fa.html>
- [2] Moazzami Godarzi, M. R., Jabransari, M. R., Moalem, A., & Shakiba, M. (2014). The application of data envelopment analysis (DEA) in evaluating the relative efficiency and ranking of Refah Bank branches in Lorestan province and comparing its results with the TOPSIS method. *Economic research (sustainable growth and development)*, 14(1), 115–126. (In Persian). <http://dorl.net/dor/20.1001.1.17356768.1393.14.1.5.4>
- [3] Yousefi Zenouz, R. S. (2017). Evaluating the financial efficiency of pharmaceutical companies accepted in tehran stock exchange through using integrated model of data envelopment analysis (DEA) and balanced scorecard (BSC). *Decision engineering quarterly*, 2(5), 33–65. (In Persian). <http://dx.doi.org/10.52547/jde.2.5.33>
- [4] Jahanshahloo, G. R., Soleimani-Damaneh, M., & Ghobadi, S. (2015). Inverse DEA under inter-temporal dependence using multiple-objective programming. *European journal of operational research*, 240(2), 447–456.
- [5] Cielen, A., Peeters, L., & Vanhoof, K. (2004). Bankruptcy prediction using a data envelopment analysis. *European journal of operational research*, 154(2), 526–532.
- [6] Sueyoshi, T. (2004). Mixed integer programming approach of extended DEA--discriminant analysis. *European journal of operational research*, 152(1), 45–55.
- [7] Färe, R., Grosskopf, S., Noh, D. W., & Weber, W. (2005). Characteristics of a polluting technology: theory and practice. *Journal of econometrics*, 126(2), 469–492.
- [8] Färe, R., Grosskopf, S., & Weber, W. L. (2006). Shadow prices and pollution costs in US agriculture. *Ecological economics*, 56(1), 89–103.
- [9] Niu, D., Song, Z., Xiao, X., & Wang, Y. (2018). Analysis of wind turbine micro-siting efficiency: An application of two-subprocess data envelopment analysis method. *Journal of cleaner production*, 170, 193–204.
- [10] Tran, T. H., Mao, Y., Nathanail, P., Siebers, P. O., & Robinson, D. (2019). Integrating slacks-based measure of efficiency and super-efficiency in data envelopment analysis. *Omega*, 85, 156–165.
- [11] Syarif, L. F., Shamsudin, M. N., Radam, A., Latif, I. A., & Haris, U. (2019). Non-parametric approach towards Smallholders rubber production efficiency: a two-stage data envelopment analysis (DEA). *Journal of asian scientific research*, 9(2), 10. doi:10.18488/journal.2.2019.92.10.19
- [12] Avkiran, N. K., Shafiee, M., Saleh, H., & Ghaderi, M. (2018). Benchmarking in the supply chain using data envelopment analysis. *Theoretical economics letters*, 8(14), 2987. https://www.scirp.org/html/9-1501623_87947.htm
- [13] Lee, J., & Choi, G. (2019). A dominance-based network method for ranking efficient decision-making units in data envelopment analysis. *Sustainability*, 11(7), 2059. <https://doi.org/10.3390/su11072059>
- [14] Boudaghi, E., & Saen, R. F. (2018). Developing a novel model of data envelopment analysis--discriminant analysis for predicting group membership of suppliers in sustainable supply chain. *Computers & operations research*, 89, 348–359.
- [15] Prasad, S. V. S. R. (2019). Measuring the efficiency of indian real estate firms during the pre-and post-demonetization period by adopting data envelopment analysis. *Baltic journal of real estate economics and construction management*, 7(1), 98–109.
- [16] Yahia, F. Ben, & Essid, H. (2019). Determinants of Tunisian Schools' efficiency: a DEA-Tobit approach. *Journal of applied management and investments*, 8(1), 44–56.