Industrial Management Studies
Vol. 22, No. 74, Fall 2024; P 175-219
jims.atu.ac.ir
DOI: 10.22054/jims.2024.81623.2930

Original Research
Accepted: 10/12/2024
Revised: 8/12/2024
Received: 4/9/2024
eISSN: 2476-602X
ISSN: 2251/8029

Designing a Fuzzy Network Model to Evaluate the Efficiency of Oil and Gas Production Centers in the Country Based on Undesirable Outputs

Mehrab Hasanvand — Ph.D. student of Industrial Management (Production and Operation), Faculty of Management and Accounting, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht, Iran

Mohammad Taleghani * — Associate Professor of Industrial Management, Faculty of Management and Accounting, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht, Iran

Behrouz Fathi Vajargah — Professor of Statistics, Faculty of Mathematical Sciences, Gilan University, Rasht, Iran

Abstract

Operational centers play a vital role not only in the oil and gas industry but also in many other industries, serving as one of the key export factors contributing to national revenue. The extracted oil and gas are essential for many industrial sectors and end consumers. However, the operations of extracting and refining heavy crude oil have undergone significant transformations due to changes in products designed to meet market demand and environmental regulations. This study focuses on designing a fuzzy network model to evaluate the efficiency of oil and gas operational centers in the country, based on undesirable outputs at the oil extraction centers in Khuzestan province. In this research, Data Envelopment Analysis (DEA) of network models was used to assess the efficiency of the centers, with toxic gases such as CO2 and SO2 identified as undesirable outputs at each stage. The results of the analysis of data from 9 centers showed that none of the units achieved an efficiency score of one, with the

* Corresponding Author: Taleghani@iaurasht.ac.ir

How to Cite: Naseri, P., Abbasi, M., Atashgar, K. (2024). Designing a Model for Monitoring Supplier Cooperation Strategy Using Fuzzy Profile Monitoring of Unforeseen Costs, *Industrial Management Studies, 22(74),* 175-219.

main reasons being the use of outdated equipment due to sanctions and the lack of use of liquefied and natural gas as alternatives to diesel and gasoline in machinery for oil extraction and refining. Finally, it was recommended to utilize renewable energy sources and appropriate filters in the equipment to improve efficiency and reduce harmful emissions.

Introduction

Oil and gas operations encompass a wide range of activities, including exploration, production, transportation, refining, and distribution. These operations are inherently complex and often involve high-risk activities carried out in remote and challenging environments. As a result, ensuring operational efficiency and safety within the oil and gas sector is critical, not only for maintaining continuity but also for protecting human lives and the environment. The goal of this paper is to present a fuzzy network model for evaluating the efficiency of the country's oil and gas exploitation centers, specifically focusing on undesirable outputs and weak disposability within the oil exploitation centers of Khuzestan Province. Although various studies have been conducted on the performance evaluation of refineries and their downstream supply chains, including operational centers, it appears that there has been little comprehensive research on evaluating the performance of oil and gas operational centers to reduce environmental pollutants. To evaluate the efficiency of oil and gas operational centers in three interdependent subprocesses, a fuzzy non-parametric linear programming DEA model is used. On the other hand, traditional DEA modeling is deterministic and precise. Fuzzy DEA is used when variables change annually due to economic conditions or macroeconomic factors. Therefore, to overcome uncertainty, efficiency at each stage is modeled as a fuzzy triangular number. In contrast, the closed-loop fuzzy DEA system is used to avoid including unnecessary variables at each stage as inputs for the next stage, which may alter the objective in any subprocess. The proposed method evaluates the performance of each subprocess and identifies the results of regular DEA for all three stages of each DMU. This study is the first of its kind to comprehensively examine environmental performance efficiency in the oil and gas exploitation sector in Iran using a three-stage closed-loop fuzzy DEA model,

including undesirable outputs. Furthermore, intermediary data, which has traditionally been considered only as desirable data, is discussed in this research, including undesirable intermediary data, which has not been addressed in previous studies.

Materials and Methods

The research was conducted using a library and documentary method, with the non-parametric technique applied through the use of GAMS software. The required information and statistics for this study were gathered from the Planning Management Unit of the country's oil and gas exploitation centers. To ensure the reliability of the data, the Fuzzy Delphi Method (FDM), which combines the Delphi consensus panel with fuzzy set theory (FST), was utilized to address uncertainties and determine the membership function of each participant. In the first step, key criteria for evaluating the performance of the exploitation centers were identified. A total of 35 input criteria and 33 output criteria were extracted based on the research literature. The Fuzzy Delphi Method was then used to select the most critical input and output criteria. The first phase of this process involved the selection of experts. A panel of 20 experts, comprising professionals from the oil and refining industry and university professors, was consulted. Subsequently, using a fuzzy data envelopment analysis (DEA) network model, the efficiency of the oil and gas exploitation center units was evaluated based on the principle of weak disposability.

Discussion and Results

The results of the data analysis for the nine centers revealed that none of the units achieved an efficiency score of one. The primary reasons for this inefficiency were the use of outdated equipment, a consequence of ongoing sanctions, and the failure to replace diesel and gasoline with liquefied natural gas in the machinery used for crude oil exploitation and refining.

Conclusions

This paper uses the fuzzy network DEA method, considering undesirable outputs with the principle of weak accessibility, to measure the efficiency of oil and gas operational centers in Khuzestan province. Based on the calculations of this study, it was found that

none of the oil and gas extraction centers are efficient and they are associated with high environmental pollution. However, the efficiency of Unit 1 is higher than the other units, and the overall efficiency results from the efficiency of the three other stages, which have a significant impact on the total efficiency. The higher efficiency of Unit 1 can be attributed to its equipment, costs, and production volume.

Currently, most operational centers are extracting heavy crude oil, which is a consequence of over-extraction from oil wells. To improve performance, it is recommended to upgrade the extraction and refining equipment for heavy crude oil or initially refine the heavy oil into light oil. One of the most important factors leading to lower efficiency in these centers is the use of diesel fuel in machinery for refining heavy crude oil, which is also one of the major sources of environmental pollution. Replacing diesel with natural gas or liquefied petroleum gas could reduce pollution levels. Additionally, the extraction of crude oil for domestic consumption exceeds the actual demand, which also contributes to a reduction in efficiency. Therefore, to improve the efficiency of the units and reduce environmental pollution, it is suggested to establish more operational centers, use modern and environmentally friendly equipment, and minimize pollution.

Advanced instrumentation and control systems have emerged as key tools in achieving these dual objectives, enabling operators to optimize production processes, enhance safety, and ensure compliance with regulations. Instrumentation and control systems play a significant role at every stage of oil and gas production, from exploration and drilling to refining and distribution.

Finally, it should be noted that oil extraction for export and domestic use is unavoidable. Thus, the process cannot be reduced or halted solely because of pollution; instead, the focus should be on employing appropriate and modern equipment to minimize the production of harmful pollutants. Filtration systems can be used to minimize pollutant emissions, and noise reduction technologies can help mitigate the environmental impact of machinery and equipment.

Like other studies, this research faced challenges and limitations, the most significant of which was the access to information on greenhouse gases and the costs of each unit. Additionally, the data was reviewed for a specific period, so it is recommended to use panel

data methods over a 10-year period to analyze the efficiency of the units. Environmental and social aspects were not considered in this analysis, as they require subjective evaluation by decision-makers and specialists and the definition of relevant criteria to make their development more reliable.

Keywords: Efficiency evaluation, network data envelopment analysis, undesirable outputs, weak disposability, oil and gas exploitation centers.

مقاله پژوهشی

تاریخ ارسال: ۱۴۰۳/۶/۱۴

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۹/۱۸

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۹/۲۰

ISSN: 2251/8029

eISSN: 2476-602X

مطالعات مدیریت صنعتی

سال بیست و دوم، شماره ۷۴، پاییز ۱۴۰۳، ص ۱۷۵ تا ۲۱۹

jims.atu.ac.ir

DOI: 10.22054/jims.2024.81623.2930

طراحی مدل شبکه‌ای فازی به‌منظور ارزیابی کارایی مراکز بهره‌برداری نفت و گاز کشور مبتنی بر خروجی‌های نامطلوب

مهراب حسنوند | دانشجوی دکتری رشته مدیریت صنعتی (تولید و عملیات)، دانشکده مدیریت و حسابداری، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران

محمد طالقانی * | دانشیار گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت و حسابداری، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران

بهروز فتحی واجارگاه | استاد گروه آمار، دانشکده علوم ریاضی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران

چکیده

مراکز بهره‌برداری نه‌تنها در صنعت نفت و گاز بلکه در بسیاری از صنایع دیگر نقش حیاتی دارد و یکی از مهم‌ترین عوامل صادراتی در تولید درآمد کشور محسوب می‌گردد. نفت و گاز استخراج‌شده برای بسیاری از بخش‌های صنعتی و مصرف‌کنندگان نهایی ضروری است. بااین‌حال، عملیات بهره‌برداری و تصفیه نفت خام سنگین به دلیل تغییرات ایجادشده در محصولات برای پاسخگویی به تقاضای بازار و مقررات زیست‌محیطی، شاهد دگرگونی قابل‌توجهی بوده است. این مطالعه به طراحی مدل شبکه‌ای فازی به‌منظور ارزیابی کارایی مراکز بهره‌برداری نفت و گاز کشور مبتنی بر خروجی‌های نامطلوب در مراکز بهره‌برداری نفت استان خوزستان پرداخته است. در این پژوهش جهت ارزیابی کارایی مراکز از تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای استفاده‌شده که گازهای سمی مانند CO_2 و SO_2 به‌عنوان خروجی‌های نامطلوب هر مرحله تعیین شد. نتایج حاصل از تحلیل داده‌های ۹ مرکز نشان داد که هیچ‌یک از واحدها از کارایی یک برخوردار نیستند و عمده دلایل آن استفاده از تجهیزات قدیمی به دلیل تحریم‌ها و عدم استفاده از گازهای مایع و طبیعی بجای گازوییل و بنزین در ماشین‌آلات جهت بهره‌برداری و تصفیه نفت خام است. در نهایت پیشنهاد گردید از انرژی‌های تجدید پذیر و فیلترهای مناسب در تجهیزات استفاده گردد.

کلیدواژه‌ها: ارزیابی کارایی، تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای، خروجی‌های نامطلوب، اصل دسترسی‌پذیری ضعیف، مراکز بهره‌برداری نفت و گاز.

* نویسنده مسئول: Taleghani@iaurasht.ac.ir

مقدمه

بخش نفت و گاز به‌عنوان سنگ بنای تولید جهانی انرژی که منابع حیاتی را برای اقتصادها و جوامع قدرت در سراسر جهان تأمین می‌کند (Zohuri,2023) در کنار اهمیت غیرقابل‌انکار یخش مزبور، این صنعت همچنین با چالش‌های زیست‌محیطی و اجتماعی متعدد ناشی از فعالیت‌های خود، ازجمله انتشار گازهای گلخانه‌ای، اختلال در زیستگاه و جابجایی جامعه همراه است. در پاسخ به نگرانی‌های فزاینده در مورد پایداری و تأثیرات اجتماعی، مفاهیم مدیریت زیست‌محیطی جهت کاهش زیست آلاینده‌ها و مسئولیت اجتماعی شرکت (Corporate Social Responsibility) در این بخش اهمیت فزاینده‌ای یافته است (ElAlfy,et al,2020). امروزه افزایش کارایی در صنایع اهمیت فزاینده‌ای دارد و اثربخشی و درنهایت بهره‌وری در تمامی صنایع راهی مطمئن برای دستیابی به رشد اقتصادی بالاتر با منابع یکسان است. صنعت نفت و گاز به‌عنوان یک صنعت زیربنایی در فرآیند توسعه اقتصادی کشور و نیز ایجاد زیرساخت‌های توسعه نقشی ارزنده و اساسی داشته و بسترهای لازم را برای پویایی و رشد کشور در زمینه‌های گوناگون اقتصادی، صنعتی، فرهنگی و اجتماعی فراهم می‌کند. ازاین‌رو، حرکت مستمر کشور در مسیر توسعه اقتصادی و ارتقاء سطح رفاه اجتماعی، تلاش مداومی را در افزایش ظرفیت‌های نفت استخراج‌شده از مراکز بهره‌برداری و افزایش کارایی، اثربخشی و درنهایت بهره‌وری هر بخش طلب می‌کند(Mo et al,2020). به‌منظور افزایش کارایی صنایع، باید به ارزیابی عملکرد آن‌ها از طریق محاسبه کارایی پرداخت. یکی از مشکلات ارزیابی عملکرد صنایع تولید خروجی‌های نامطلوب همراه خروجی‌های مطلوب است که در ادبیات سنتی تنها مقادیر خروجی مطلوب در نظر گرفته می‌شود. نادیده گرفتن خروجی نامطلوب به‌منظور نادیده گرفتن آن‌ها در ارزیابی نهایی است که این می‌تواند منجر به نتایج اشتباه شود بنابراین در ارزیابی‌های جدید،خروجی‌های نامطلوب را نیز در نظر می‌گیرند و یک نوع کارایی جدید تحت عنوان زیست کارایی مطرح شده است. تحلیل پوششی داده‌ها روشی متداول است که از مفاهیم تحقیق در عملیات جهت اندازه‌گیری کارایی عملکرد هر

شرکت یا سازمان است. Farrell در سال ۱۹۵۷ ، به‌عنوان فردی پیشرو، با ایده گرفتن از مفهوم کاراییِ بهره‌ور در علوم مهندسی، الگوی جدیدی برای اندازه‌گیری کارایی یک واحد تولیدی، با چندین ورودی (منبع) و تنها یک خروجی (محصول)، پیشنهاد داد. او از نسبت میانگین وزنیِ ورودی‌ها به خروجیِ هر واحدِ تولیدی برای معرفی کاراییِ آن واحد استفاده نمود. Charnes و همکاران با الهام از الگوی پیشنهادیِ فارل اولین مدل تحلیل پوششی داده‌ها را در سال ۱۹۷۸ ارائه نمودند که به نام مدل CCR معروف شد در این مدل، برای محاسبه کارایی نسبی واجدهای تصمیم‌گیرنده (Decision making unit) ، نسبت مجموع موزون خروجی‌ها بر مجموع موزون ورودی‌ها، با اعمال محدودیت‌های خاصی بر مقادیر وزن‌ها، ماکزیمم می‌گردد. مدل‌های دیگر تحلیل پوششی داده‌ها به‌عنوان توسعه‌های مدل CCR به‌سرعت فرمول‌بندی شده و مورداستفاده قرار گرفتند(Amirteimoori et al,2024) . مزیت اصلی مدل DEA این است که ناکارآمدی‌ها را در اهداف واحد تولید آشکار می‌کند که در ابتدا با سطوح ناکارآمدی شناسایی می‌شوند. بهبود این اهداف می‌تواند منجر به اقدامات اصلاحی شود که به‌نوبه خود امکان حذف علل ناکارآمدی را فراهم می‌کند(Bozorgi et al,2021)

جنبه دیگری که می‌تواند در این زمینه مورد بهره‌برداری قرار گیرد، تجزیه‌وتحلیل جنبه‌های ناکارآمدی فنی است که نشان می‌دهد چگونه یک محصول معین می‌تواند کارایی خود را بدون افزودن ورودی‌ها یا فناوری‌های جدید افزایش دهد و درنتیجه به فرصتی برای بهبود کم‌هزینه منجر شود (de Oliveira et al,2023).

این در حالی است که در دنیای واقعی بسیاری از سیستم‌ها دارای ساختارهای مرکب و پیچیده‌ای متشکل از دو یا چند مرحله می‌باشند که عملکرد اجزاء این سیستم‌ها برکارایی کل تأثیر می‌گذارد. بدین منظور Fare & Grosskopf (۲۰۰۰) به معرفی مدل‌های تحلیل پوششی داده شبکه‌ای پرداختند. این مدل‌ها با تعریف نمودن روابط و متغیرهای میانی و همچنین با استفاده از زیر بخش‌های سری و موازی به ارزیابی کارایی سیستم‌های پیچیده می‌پردازند (Fare & Grosskopf, 2000) ازآنجایی‌که مدل‌های شبکه‌ای روابط داخلی

سیستم‌ها را در نظر می‌گیرند بنابراین می‌توانند عملکرد سیستم‌ها را به‌صورت واقعی‌تر نشان دهند. در مدل‌های شبکه‌ای عملکرد کل سیستم با در نظر گرفتن محدودیت‌های فرایندهای داخلی محاسبه می‌گردد و رابطه بین کارایی کل سیستم و کارایی فرآیندها برقرار می‌باشد. این در حالی است که در مدل‌های کلاسیک تحلیل پوششی داده‌ها چنانچه واحد تصمیم‌گیری دارای فرایندهای داخلی باشد، کارایی هر یک از فرایندهای داخلی و فرایند کل به‌صورت مستقل محاسبه می‌شود و رابطه‌ای بین کارایی کل سیستم و کارایی فرآیندها برقرار نمی‌باشد (Fukuyama & Weber,2010).KAO (۲۰۰۹) مدل‌های شبکه‌ای را به سه دسته مدل‌های سری، موازی و ترکی بی تقسیم کرد. کائو بیان نمود وقتی فعالیت‌ها در یک سیستم در امتداد یکدیگر قرار می‌گیرند، سیستم ساختار سری دارد و هرگاه فعالیت‌ها به‌صورت موازی در کنار یکدیگر قرار گیرند، سیستم ساختار موازی دارد. همچنین از ترکیب حالت سری و موازی حالت ترکیبی پدید می‌آید. برای محاسبه کارایی کل شبکه در حالت سری یا موازی معمولاً به ترتیب حاصل‌ضرب کارایی مراحل در یکدیگر و میانگین وزنی کارایی مراحل مورداستفاده قرار می‌گیرد. در یک ساختار سری یا موازی، زمانی یک واحد تصمیم‌گیری کارا است که تمامی زیر فرآیندهای آن کارا باشند. پس از معرفی مدل‌های تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای، مطالعات زیادی در این زمینه انجام گرفت. بنابر نکات گفته‌شده تفاوت اصلی رویکرد جعبه سیاه و رویکرد شبکه به روابط داخلی سیستم‌ها خلاصه می‌گردد. در سال‌های اخیر توجه ویژه‌ای به نقش عوامل نامطلوب در مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها شده است. Lio and Leo (۲۰۰۷)کار با خروجی‌های نامطلوب را به‌صورت زیر طبقه‌بندی نمودند: روش اول چشم‌پوشی از خروجی‌های نامطلوب است. روش دوم محدود کردن گسترش خروجی‌های نامطلوب یا در نظر گرفتن خروجی‌های نامطلوب به‌صورت یک مدل تحلیل پوششی داده‌های غیرخطی است. روش سوم در نظر گرفتن خروجی‌های نامطلوب به‌عنوان ورودی یا با علامت منفی در خروجی و یا اعمال یک تبدیل نزولی یکنوا است. در چند سال اخیر محققان با در نظر گرفتن نقش عوامل نامطلوب در فرآیندهای تولیدی، از مدل‌های تحلیل پوششی شبکه‌ای برای

اندازه‌گیری کارایی استفاده نمودند. در سال‌های اخیر سیر تکاملی عوامل نامطلوب به سمت استفاده از عوامل نامطلوب جهت تولید عوامل مطلوب می‌باشد. برای نمونه در یک رویکرد جدید., Wu و همکاران (۲۰۱۶) یک شبکه تعاملی متشکل از دو مرحله را در نظر گرفتند که مرحله اول خروجی نامطلوب را به مرحله دوم وارد می‌کند و درنهایت مرحله دوم خروجی مطلوب را تولید می‌کند و درواقع از خروجی‌های نامطلوب جهت تولید استفاده گردیده است.

بخش نفت و گاز مجموعه گسترده‌ای از فعالیت‌ها ازجمله اکتشاف، استخراج، پالایش و توزیع سوخت‌های فسیلی را در برمی‌گیرد (Craig& Quagliaroli, 2020). از سکوهای حفاری دریایی گرفته تا پالایشگاه‌های خشکی، این صنعت در مناطق مختلف جغرافیایی، اغلب در مناطق حساس به محیط‌زیست فعالیت می‌کند. عملیات آن برای برآوردن نیازهای جهانی انرژی محور است، بااین‌حال آن‌ها اغلب با زیستگاه‌های اکولوژیکی، زمین‌های بومی و جوامع تلاقی می‌کنند که منجر به ملاحظات پیچیده اجتماعی، زیست‌محیطی و اخلاقی می‌شود. در پرتو نگرانی‌های فزاینده پیرامون تغییرات آب و هوایی، آلودگی و برابری اجتماعی، ضرورت بخش نفت و گاز برای پذیرش نظارت بر محیط‌زیست و مسئولیت‌پذیری اجتماعی غیرقابل‌انکار شده است (Afolarin, 2022).

این اصول بر مسئولیت صنعت برای به حداقل رساندن ردپای اکولوژیکی آن، حمایت از شیوه‌های تجاری اخلاقی و کمک مثبت به جوامعی که در آن فعالیت می‌کند تأکید می‌کند. شرکت‌های نفت و گاز با ادغام نظارت محیطی و مسئولیت اجتماعی در استراتژی‌ها و عملیات خود، می‌توانند اثرات نامطلوب را کاهش و شهرت خود را افزایش دهند و پایداری بلندمدت را تقویت کنند (Agudelo et al, 2020). مرحله اکتشاف شامل شناسایی و ارزیابی ذخایر بالقوه نفت و گاز از طریق بررسی‌های زمین‌شناسی، آزمایش لرزه‌ای و حفاری اکتشافی است (Longxin& Zhifeng,2019; Jones,2018).

نگرانی‌های پایداری در این مرحله شامل اختلال در زیستگاه، استفاده از آب و خطر

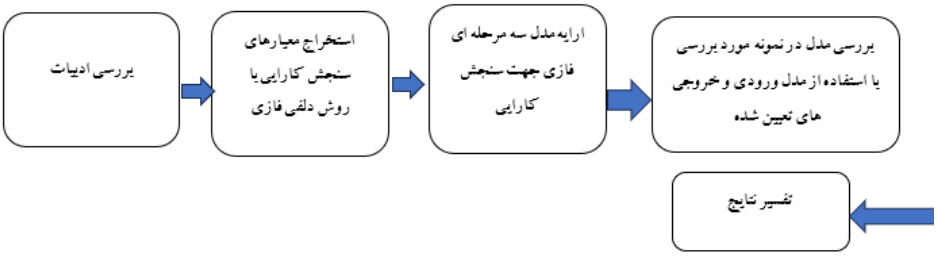
آلودگی محیطی ناشی از فعالیت‌های حفاری است. در طول مرحله حفاری، چاه‌ها برای استخراج نفت و گاز از مخازن زیرزمینی حفر می‌شوند. چالش‌های این مرحله شامل بهینه‌سازی راندمان حفاری، کاهش ضایعات حفاری و به حداقل رساندن خطر حوادث و نشت‌هایی است که می‌تواند به محیط‌زیست آسیب برساند (Tabatabaei et al., 2022). در مرحله تولید، نفت و گاز از چاه‌ها استخراج می‌شود و برای حمل‌ونقل و توزیع فرآوری می‌شود. نگرانی‌های پایداری در این مرحله شامل انتشار گازهای گلخانه‌ای، مصرف انرژی و مصرف آب در عملیات پالایش و فرآوری است (Fakhru'l-Razi, 2009).

فاز توزیع شامل انتقال نفت و گاز از تأسیسات تولید به مصرف‌کنندگان نهایی از طریق خطوط لوله، تانکرها و سایر روش‌های حمل‌ونقل است. چالش‌های پایداری در این مرحله شامل خطر نشت و نشت در طول حمل‌ونقل و همچنین مصرف انرژی مرتبط با زیرساخت‌های حمل‌ونقل است (Ali & Kumar, 2017). هر مرحله از تولید نفت و گاز چالش‌ها و نگرانی‌های پایداری منحصربه‌فردی را ارائه می‌کند، از اثرات زیست‌محیطی و کاهش منابع گرفته تا کارایی عملیاتی و ایمنی پرداختن به این چالش‌ها نیازمند راه‌حل‌ها و فناوری‌های نوآورانه ازجمله تکنیک‌های بهینه‌سازی برای بهبود عملکرد پایدار و به حداقل رساندن اثرات منفی بر محیط‌زیست و جامعه است (Jacks & Arinze, 2024).

مراکز بهره‌برداری نفت و گاز از طریق تأمین انرژی داخلی از واردات فرآورده‌های نفتی و به هدر رفتن درآمد ملی جلوگیری می‌کنند؛ اما بااین‌حال صنعت پالایش یک فعالیت صنعتی با مصرف بالای سوخت فسیلی و درنتیجه انتشار بالای، NO_2، SO_2و CO_2 می‌باشد. ازاین‌رو در ارزیابی عملکرد پالایشگاه‌ها نباید فقط به اندازه‌گیری کارایی اکتفا کرد، بلکه برای ارزیابی دقیق باید آلودگی به‌عنوان یک خروجی نامطلوب در اندازه‌گیری کارایی وارد و به‌عبارت‌دیگر، باید زیست -کارایی اندازه‌گیری شود. در ایران در زمینه زیست کارایی مطالعات محدود هستند و تاکنون برای مراکز بهره‌برداری نفت و گاز به‌طور خاص زیست کارایی در سه مرحله اصلی از استخراج تا انتقال نفت به پالایشگاه‌ها با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌های سه مرحله‌ای در شرایط عدم اطمینان اندازه‌گیری

نشده است. در بخش ۲ به بررسی پیشینه پژوهش، در بخش سوم روش و مدل پژوهش جهت محاسبه کارایی واحدهای تصمیم‌گیرنده اراده می‌شود. در بخش چهارم تجزیه‌وتحلیل داده‌ها و نهایتاً در بخش پنجم به جمع‌بندی، نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادها پرداخته است. مراحل این تحقیق در شکل زیر به‌اختصار نشان داده شده است:

شکل ۱: مراحل انجام تحقیق



پیشینه پژوهش

Mohammadzadeh et al. (2024) به ارزیابی عملکرد انرژی، عملکرد اقتصادی و زیست‌محیطی با رویکرد یکپارچه تحلیل پوششی داده‌ها و نظریه بازی پرداختند. این تحقیق باهدف ارزیابی عملکرد انرژی، اقتصادی و زیست‌محیطی کشورهای منتخب صادرکننده منابع انرژی با رویکرد یکپارچه تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) و نظریه بازی انجام شد. روش‌شناسی این تحقیق شامل روش‌های فوق کارایی و متقاطع نیز برای رتبه‌بندی کشورهای کارآمد قبل از مرحله همکاری استفاده شد. سپس در مرحله همکاری، هر کشور با استفاده از روش تئوری بازی‌های تعاونی و ارزش شپلی بررسی شد. مدل به‌دست‌آمده پیاده‌سازی شد و رتبه کشورهای کارآمد در روش فوق‌کارایی و کارآمدی متقاطع (قبل از همکاری) و روش ارزش شپلی (پس از همکاری) با یکدیگر مقایسه شدند. نتایج نشان داد که قطر و یمن بالاترین، لبنان و اردن کمترین بازده انرژی را دارند. کویت، قطر و ترکمنستان بالاترین بازده اقتصادی، ایران و ترکیه کمترین بازده اقتصادی را دارند. امارات و قطر بیشترین، ایران و اردن کمترین کارایی زیست‌محیطی را دارند.

de Oliveira et al,(2023) به تحلیل کارایی پالایشگاه‌های نفت با استفاده از تحلیل

پوششی داده‌های پنجره‌ای ، تحلیل خوشه‌ای و شاخص بهره‌وری مالامکوییست پرداختند. در این کار از روش تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) برای ارائه اهداف بهبود واحدهای تولیدی بر اساس شاخص‌های کارایی استفاده شده است. علاوه بر این، مدل تحلیل پوششی داده‌های پنجره‌ای ، ادغام‌شده با شاخص مالمکوییست و تحلیل خوشه‌ای، برای ارزیابی کارایی و عواملی که تفاوت‌های بین پالایشگاه‌ها را در تعدادی از بازه‌های زمانی ، استفاده شد. تجزیه‌وتحلیل عددی با داده‌های جمع‌آوری‌شده از ۱۲ پالایشگاه نفت برزیل بین سال‌های ۲۰۱۲ تا ۲۰۲۰، نشان داد که میزان تولید و کارایی واحدها در طی سال‌ها افزایش رو به رشدی داشته است.

Sueyoshi et al.(2020) ، به ارزیابی عملکرد عملیاتی نیروگاه‌های برق ژاپن و کره جنوبی با استفاده از اندازه‌گیری غیر شعاعی پرداختند . پژوهشگران رویکردی جدید از DEA برای اندازه‌گیری عملکرد ارائه نمودند که با استفاده از دسترسی‌پذیری‌های مدیریتی و طبیعی جهت سنجش بهتر کارایی نیروگاه‌های برق ارائه گردید؛ که این رویکرد ابتدا "صفر" باید در مجموعه‌ای از داده‌ها کنترل کند و سپس ضرایب را بدون هیچ‌گونه اطلاعات قبلی محدود نماید تا قابلیت اطمینان تجربی افزایش یابد.

Dalei et al.(2020) کارایی دوازده پالایشگاه نفت هند را از سال ۲۰۱۱ تا ۲۰۱۶ با استفاده از DEA-BCC ورودی گرا و مدل توبیت ارزیابی کرد.در این مطالعه، هیچ پالایشگاهی به‌طور کامل کارآمد نبود و تنها سه پالایشگاه دارای نرخ بازدهی بالای ۹۵ درصد بودند. عواملی که به‌عنوان راه‌حل‌های بالقوه اشاره شد، امکان‌سنجی منابع انرژی تجدیدپذیر و کاهش تولید نفت با محتوای گوگرد بالا بود.

Atris.(2020) بررسی عملکرد عملیاتی ۶۹۶ واحد در پالایشگاه‌های نفت و گاز از سال ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۷، به چهار خوشه جهانی (ایالات‌متحده آمریکا و کانادا، اروپا، آسیا-اقیانوسیه و آفریقا و خاورمیانه)، با استفاده از ورودی-تقسیم شد. DEA گرا و DEA-DA (تحلیل تمایز). نتایج نشان داد که خوشه ایالات‌متحده و کانادا نسبت به سه خوشه دیگر عملکرد بهتری داشتند و این عملکرد نزدیک به عملیات شرکت‌های نفتی آمریکایی با

ادغام عمودی، افزایش سود و ریسک پایین بود.

Wang et al.(2019) کارایی نوآوری تکنولوژیکی (TIE) ده پالایشگاه شرکت نفت داکینگ از سال ۲۰۱۲ تا ۲۰۱۵ با استفاده از مدل ورودی‌گرایانه DEA-BCC و شاخص Malmquist مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که شرکت دارای سطح بالایی از TIE بوده و TFP آن هر سال کاهش یافته است. علاوه بر این، مشخص شد که پیشرفت فناوری بیشتر از کارایی فن‌آوری جامع کاهش یافته است که نشان می‌دهد کاهش TFP عمدتاً به دلیل پیشرفت ناکافی فن‌آوری بوده است.

Azadeh et al.(2017) تأثیر متقابل مهندسی تاب‌آوری و عوامل مدیریتی و سازمانی را در ۴۱ پالایشگاه گاز با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها و مدل‌های اماری اندازه‌گیری کردند.

Khalili-Damghani et al. .(2015) یک مدل DEA برای حل مشکل بازده به مقیاس در نیروگاه‌های سیکل ترکیبی ارائه دادند که واحدهایی که برای تولید برق استفاده می‌شد به‌عنوان ورودی و واحدهایی که سوخت مصرف می‌کردند به‌عنوان خروجی‌های نامطلوب، مدل شدند.

SONG et al.(2015) از مدل شبکه DEA برای تقسیم امتیازات کارایی به دو زیرمجموعه استفاده کردند، بنابراین نتایج دقیق‌تری را بازخورد کردند. در چین، تغییرات در تولید و کارایی زیست‌محیطی در بیست شرکت نفت محلی مورد ارزیابی قرار گرفت. مطالعات ارزیابی زیست‌محیطی عضده و همکاران (۲۰۱۵) قابلیت استفاده از DEA را در مطالعات مربوط به سلامت، ایمنی و محیط‌زیست در یک پالایشگاه نفت نشان دادند و ویژگی‌های ارگونومیک را در کسب‌وکار بهبود بخشیدند.

Sueyoshi et al.(2014) کارایی زیست‌محیطی ۵۰ شرکت نفتی در ایالات‌متحده آمریکا از سال ۲۰۱۲ مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفت و آن‌ها را به شرکت‌های مستقل و یکپارچه تفکیک کرد. این رویکرد به تأیید پایداری شرکت‌ها کمک کرد، با توجه به اینکه شرکت‌های یکپارچه ازنظر پایداری شرکتی از شرکت‌های مستقل بهتر عمل کردند.

BARROS et al.(2014) کارایی و بهره‌وری را در نمونه‌ای از بلوک‌های نفتی در آنگولا از سال ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۸ تجزیه‌وتحلیل کردند. نتایج نشان می‌دهد که بلوک‌های نفتی آنگولا در طول دوره مورد تجزیه‌وتحلیل مقداری رشد در بهره‌وری را تجربه می‌کنند و بروز تکامل فن‌آوری مثبت بود.

LEE et al (2013) با استفاده از DEA و تجزیه‌وتحلیل چند معیاره، فناوری‌های انرژی را در برابر افزایش قیمت نفت ارزیابی کردند. امتیاز نسبی کارایی فناوری انرژی در برابر افزایش قیمت نفت می‌تواند اطلاعات اساسی برای تصمیم‌گیرندگان باشد تا بدانند چگونه منابع را به‌طور مؤثر تخصیص دهند.

ZHANG et al. (2013) کارایی ۱۴ پایگاه داده عملیاتی پالایشگاه نفت را در تولید انبوه از سال ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۰ ارزیابی کردند. به این نتیجه رسیدند که بهره‌وری کل عوامل در صنعت بین‌المللی فرآورده‌های نفتی کاهش می‌یابد، نرخ اتلاف ورودی ۲۸,۴ درصد است و علاوه بر این، راندمان مقیاس پایین و راندمان فنی پایین کارایی کل را کاهش می‌دهد.

Francisco et al.(2012) شاخصی برای تجزیه‌وتحلیل کارایی زیست‌محیطی ده پالایشگاه برزیلی با استفاده از مدل‌های DEA-CCR و BCC ایجاد شد. نهاده‌های مورداستفاده عبارت بودند از «درصد بیکاری کارخانه در حال بهره‌برداری» و «میزان آب مصرفی» و محصولات «حجم تولید پالایشگاه» و «پساب تولیدشده، مطلوب و نامطلوب» بود.

در جدول (۱) ذیل خلاصه‌ای از مهم‌ترین پژوهش‌های انجام‌شده در صنعت نفت همراه با روش، ورودی و خروجی‌های استفاده‌شده به‌طور خلاصه بیان‌شده است.

جدول ۱. سوابق موضوعی تحقیق

محققان	روش کار	شرح مقاله	ورودی‌ها	خروجی‌ها
Atris(2020)	DEA	بررسی کارایی عملیاتی پالایشگاه‌ها و یک ارزیابی رتبه‌ای مبتنی بر کارایی با	-مجموع کارکنان -دارایی‌های - کل سرمایه‌گذاری‌های	-مجموع درآمد خالص -درآمد -ارزش کل سازمانی

محققان	روش کار	شرح مقاله	ورودی‌ها	خروجی‌ها
		استفاده از مجموعه پانل داده‌های نامتعادل متشکل از پالایشگاه‌های نفت و گاز در چهار منطقه جهانی (ایالات‌متحده و کانادا، اروپا، آسیا-اقیانوسیه، آفریقا و خاورمیانه) از ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۷.	لقدی و کوتاه‌مدت -کل بدهی	
Azadeh et al(2017)	DEA و مدل‌های آماری	این محققان تأثیر متقابل مهندسی تاب‌آوری و عوامل مدیریتی و سازمانی را در ۴۱ پالایشگاه گاز اندازه‌گیری کردند.	-مدیریت تعهد - یادگیری - اطلاع - انعطاف‌پذیری - خودسازمان‌دهی - افزونگی	-عوامل مدیریتی - عوامل سازمانی
Li et al(2017)	DEA	این مطالعه عملکرد پایدار ۱۵ پالایشگاه را در کشور چین بررسی کرده است.	-نسبت دارایی به بدهی - مصرف انرژی جامع در واحد خروجی - هزینه کل هر واحد - انتشار زباله‌های جامد در واحد خروجی - انتشار فاضلاب در واحد خروجی - انتشار گازهای زائد در واحد خروجی - نرخ جابجایی کارکنان	-بازگشت دارایی - گردش دارایی - شدت سرمایه‌گذاری در علم و فناوری - پرسنل تحقیق و توسعه - نرخ جامع کالا - هزینه حفاظت از محیط‌زیست به ازای هر ۱۰ هزار یوان خروجی‌های ۱ نرخ دفع ۲ نرخ مشارکت اجتماعی ۳ درآمد به ازای هر سرمایه.
Azadehet al(2015)	-DEA - تجزیه‌وتحلیل اجزای اصلی	این مطالعه یک رویکرد ترکیبی را برای ارزیابی عملکرد ۵ پالایشگاه گاز در ایران طی دوره زمانی ۲۰۰۵-	-تعداد پرسنل - مجموع هزینه‌ها (به‌جز بهای تمام‌شده کالای فروخته‌شده (COGS)	- بازگشت به فروش - سود عملیاتی - درآمد خالص - بازگشت دارایی

محققان	روش کار	شرح مقاله	ورودی‌ها	خروجی‌ها
	(PCA) - تاکسونومی عددی (NTX) - شبکه عصبی مصنوعی (ANN) - روش‌های آماری (T-test)	۲۰۰۹ ارائه کرد.	- هزینه تحصیل پرسنل - هزینه تحقیق و توسعه - دارایی‌های ثابت غیرجاری - گردش سهام - نسبت گردش دارایی - نسبت گردش دارایی‌های جاری - میزان مصرف سوخت پالایشگاه. مقدار گازترش یا شیرین دریافتی	- بازگشت سرمایه - مقدار گاز ارسالی به مشعل. مقدار گازترش یا شیرین دریافتی - ظرفیت عملیاتی تقسیم بر ظرفیت اسمی - ظرفیت عملیاتی هر واحد تولید LPG تقسیم بر ظرفیت طراحی هر تولید LPG - ظرفیت عملیاتی هر واحد کنترل تبرید و نقطه شبنم تقسیم بر ظرفیت طراحی هر واحد تبرید و کنترل نقطه شبنم - ظرفیت عملیاتی هر واحد تولید گوگرد تقسیم بر ظرفیت طراحی هر واحد تولید گوگرد - ظرفیت عملیاتی هر واحد تثبیت مایعات تقسیم بر ظرفیت طراحی هر واحد تثبیت مایعات - ظرفیت عملیاتی هر واحد آبگیری تقسیم بر ظرفیت طراحی هر واحد آبگیری.
Francisco et al(2012)	-DEA	این مطالعه کارایی زیست‌محیطی ۱۰ پالایشگاه نفت در بخش دولتی برزیل را در سال ۲۰۰۴ ارزیابی کرد.	-درصد بیکاری کارخانه بهره‌برداری - میزان آب مصرفی	مطلوب: (حجم تولید پالایشگاه) - نامطلوب: (پساب تولیدشده)

محققان	روش کار	شرح مقاله	ورودی‌ها	خروجی‌ها
Al-Najjar et al(2012)	-DEA	این مطالعه کارایی نسبی ۱۲ پالایشگاه نفت در عراق را طی دوره ۲۰۰۹-۲۰۱۰ اندازه‌گیری کرد. این مطالعه نشان داد که اتلاف یا استفاده ناکافی از منابع در پالایشگاه‌های ناکارآمد وجود دارد.	-نفت خام - نیروی کار - برق - زمین	- نفتا - گازوئیل - نفت سفید - نفت سیاه
Mekaroonreung (2010)	DEA بازده به مقیاس متغیر	این مطالعه کارایی فنی ۱۱۳ پالایشگاه نفت ایالات‌متحده را در طی دوسال، ۲۰۰۶-۲۰۰۷ بررسی کرد. آن‌ها دریافتند که پالایشگاه‌های داخلی می‌توانند بدون توجه به فرضیات مختلف DEA کارایی را بهبود بخشند. علاوه بر این، مقررات زیست‌محیطی میزان خروجی‌های بالقوه مطلوب تولیدشده توسط برخی از تأسیسات را کاهش داد.	- تقطیر معادل به‌عنوان نماینده سرمایه - انرژی - نفت خام	- گازوئیل - تقطیر - انتشار سمی

اگرچه مطالعات گوناگونی در زمینه ارزیابی عملکرد پالایشگاه‌ها و زنجیره تأمین پایین‌دستی آن‌ها که شامل مراکز بهره‌برداری است، انجام گردیده، اما به نظر می‌رسد که پژوهش‌های چندان جامعی در مورد ارزیابی عملکرد مراکز بهره‌برداری نفت و گاز به‌منظور کاهش آلاینده‌های زیست‌محیطی اجرانشده و برای ارزیابی کارایی مراکز بهره‌برداری نفت و گاز در سه فرآیند فرعی وابسته، از مدل مسئله برنامه‌ریزی خطی ناپارامتریک DEA فازی (LPP) استفاده شده است. از سوی دیگر، مدل‌سازی سنتی DEA قطعی و دقیق هستند.

DEA فازی برای زمانی که متغیرهای به دلایل شرایط اقتصادی یا عوامل کلان به‌طور سالانه تغییر می‌کنند، استفاده می‌شود؛ بنابراین، برای غلبه بر عدم قطعیت، کارایی در هر مرحله به‌عنوان یک عدد فازی مثلثی مدل‌سازی می‌شود. در مقابل، سیستم بسته DEA فازی برای جلوگیری از گنجاندن متغیرهای اضافی در هر مرحله به‌عنوان ورودی به مرحله بعدی در نظر گرفته می‌شود که ممکن است هدف را در هر زیر فرآیند تغییر دهد. روش پیشنهادی عملکرد هر زیرفرآیند را ارزش‌گذاری و نتایج DEA معمولی را برای هر سه مرحله از هر DMU مشخص می‌کند. این مطالعه اولین مطالعه در نوع خود است که به‌طور جامع کارایی عملکرد زیست‌محیطی در بخش بهره‌برداری نفت و گاز در ایران را با استفاده از مدل سه مرحله‌ای DEA فازی بسته با حضور خروجی‌های نامطلوب بررسی می‌کند از سوی دیگر داده‌های میانی تاکنون فقط به‌صورت داده‌های مطلوب در نظر گرفته شده است و داده‌های نامطلوب میانی مورد مباحثه قرار نگرفته است که در این پژوهش به آن پرداخته شده است.

روش پیشنهادی[1]

در این پژوهش قصد داریم عملکرد **n** واحد تصمیم‌گیرنده را به‌صورت نسبی ارزیابی و مقایسه نماییم. عملکرد هر واحد مبتنی بر سه گروه از عامل‌ها، شامل **m** ورودی، **s** خروجی مطلوب و **w** خروجی نامطلوب ارزیابی می‌گردد. با در نظر داشتن خروجی‌های نامطلوب و اصل دسترسی‌پذیری ضعیف از نمادگذاری‌های زیر جهت فرمول‌بندی مدل پیشنهادی استفاده می‌شود:

جدول ۲. اندیس‌ها، متغیرها و پارامترها

J : تعداد واحدهای تصمیم‌گیرنده	w_{rj}^{L}: کران پایین r امین خروجی نامطلوب j امین واحد تصمیم‌گیرنده مرحله دوم	η_n: وزن n امین خروجی مطلوب مرحله سوم
I : تعداد ورودی‌های مرحله اول	w_{rj}^{M}: کران میانی r امین خروجی نامطلوب	α_1: پارامتر مرحله اول

1. Method

	j امین واحد تصمیم‌گیرنده مرحله دوم	برای تعیین کران پایین کارایی
B: تعداد خروجی‌های نامطلوب مرحله اول	w_{rj}^{U}: کران بالای r امین خروجی نامطلوب j امین واحد تصمیم‌گیرنده مرحله دوم	β_1: پارامتر مرحله اول برای تعیین کران میانی کارایی
T: تعداد خروجی‌های مطلوب مرحله اول- ورودی‌های مرحله دوم (شاخص میانی)	f_{sj}^{L} : کران پایین s امین شاخص میانی j امین واحد تصمیم‌گیرنده مرحله دوم به سوم (خروجی مرحله دوم و ورودی مرحله سوم)	δ_1: پارامتر مرحله اول برای تعیین کران بالای کارایی
R: تعداد خروجی‌های نامطلوب مرحله دوم	f_{sj}^{M} : کران میانی s امین شاخص میانی j امین واحد تصمیم‌گیرنده مرحله دوم به سوم (خروجی مرحله دوم و ورودی مرحله سوم)	α_2: پارامتر مرحله دوم برای تعیین کران پایین کارایی
S: تعداد خروجی‌های مطلوب مرحله دوم- ورودی‌های مرحله سوم (شاخص میانی)	f_{sj}^{U} : کران بالای s امین شاخص میانی j امین واحد تصمیم‌گیرنده مرحله دوم به سوم (خروجی مرحله دوم و ورودی مرحله سوم)	β_2: پارامتر مرحله دوم برای تعیین کران میانی کارایی
Q: تعداد ورودی‌های مرحله سوم	x_{qj}^{3L}: کران پایین q امین ورودی j امین واحد تصمیم‌گیرنده مرحله سوم	δ_2: پارامتر مرحله دوم برای تعیین کران بالای کارایی
N: تعداد خروجی‌های مطلوب مرحله سوم	x_{qj}^{3M}: کران میانی q امین ورودی j امین واحد تصمیم‌گیرنده مرحله سوم	α_3: پارامتر مرحله سوم برای تعیین کران پایین کارایی
D: تعداد خروجی‌های نامطلوب مرحله سوم	x_{qj}^{3U}: کران بالای q امین ورودی j امین واحد تصمیم‌گیرنده مرحله سوم	β_3: پارامتر مرحله سوم برای تعیین کران میانی کارایی
x_{ij}^{1L}: کران پایین i امین ورودی j امین واحد تصمیم‌گیرنده مرحله اول	v_{nj}^{L}: کران پایین n امین خروجی مطلوب j امین واحد تصمیم‌گیرنده مرحله سوم	δ_3: پارامتر مرحله سوم برای تعیین کران بالای کارایی
x_{ij}^{1M}: کران میانی i امین ورودی j امین واحد تصمیم‌گیرنده مرحله اول	v_{nj}^{M}: کران میانی n امین خروجی مطلوب j امین واحد تصمیم‌گیرنده مرحله سوم	E_o^{*L}: کران پایین کارایی فازی
x_{ij}^{1U}: کران بالای i امین ورودی j امین واحد تصمیم‌گیرنده مرحله اول	v_{nj}^{U}: کران بالای n امین خروجی مطلوب j امین واحد تصمیم‌گیرنده مرحله سوم	E_o^{*M}: کران میانی کارایی فازی

u_{bj}^{L}: کران پایین b امین خروجی نامطلوب j امین واحد تصمیم‌گیرنده مرحله اول	y_{dj}^{L}: کران پایین d امین خروجی نامطلوب j امین واحد تصمیم‌گیرنده مرحله سوم	E_o^{*U}: کران بالای کارایی فازی
u_{bj}^{M}: کران میانی b امین خروجی نامطلوب j امین واحد تصمیم‌گیرنده مرحله اول	y_{dj}^{M}: کران میانی d امین خروجی نامطلوب j امین واحد تصمیم‌گیرنده مرحله سوم	$E_o^{*Overall}$: کارایی
u_{bj}^{U}: کران بالای b امین خروجی نامطلوب j امین واحد تصمیم‌گیرنده مرحله اول	y_{dj}^{U}: کران بالای d امین خروجی نامطلوب j امین واحد تصمیم‌گیرنده مرحله سوم	
z_{tj}^{L}: کران پایین t امین شاخص میانی j امین واحد تصمیم‌گیرنده مرحله اول به دوم (خروجی مرحله اول و ورودی مرحله دوم)	μ_s: وزن s امین شاخص میانی مرحله دوم–سوم (خروجی مرحله دوم و ورودی مرحله سوم)	
z_{tj}^{M}: کران میانی t امین شاخص میانی j امین واحد تصمیم‌گیرنده مرحله اول به دوم (خروجی مرحله اول و ورودی مرحله دوم)	ζ_q: وزن q امین ورودی مرحله سوم	
z_{tj}^{U}: کران بالای t امین شاخص میانی j امین واحد تصمیم‌گیرنده مرحله اول به دوم (خروجی مرحله اول و ورودی مرحله دوم)	λ_d: وزن d امین خروجی نامطلوب مرحله سوم	
γ_i: وزن i امین ورودی مرحله اول	η_n: وزن n امین خروجی مطلوب مرحله سوم	
κ_b: وزن b امین خروجی نامطلوب مرحله اول	α_1: پارامتر مرحله اول برای تعیین کران پایین کارایی	
φ_t: وزن t امین شاخص میانی مرحله اول–دوم (خروجی مرحله اول و ورودی مرحله دوم)	β_1: پارامتر مرحله اول برای تعیین کران میانی کارایی	
ρ_r: وزن r امین خروجی نامطلوب مرحله دوم	δ_1: پارامتر مرحله اول برای تعیین کران بالای کارایی	
λ_d: وزن d امین خروجی نامطلوب مرحله سوم	α_2: پارامتر مرحله دوم برای تعیین کران پایین کارایی	

فازی مثلثی:

اگر Y یک مجموعه و B به مجموعه فازی با تابع عضویت به شرح: $\mu_B [Y\rightarrow[0,1]$ است:

$$\begin{cases} \text{IF } y\in Y \text{ ,۱(Y)= } \mu_B \\ \text{IF } y\notin Y \text{ ,۰} \\ \text{iF y is partly in Y (۰،۱)} \end{cases} \quad (1)$$

در این پژوهش از فازی مثلثی جهت ارزیابی کارایی استفاده می‌شود. تابع عضویت فازی مثلثی و رتبه‌بندی آن یک عدد فازی که با (B = (b1, b2, b3 مشخص می‌شود که در آن b1, b2, b3∈R یک عدد فازی مثلثی است که تابع عضویت آن به صورت μB(Y) نشان داده می‌شود.

$$\begin{cases} (y- b_1). (b_2- b_1), b_1<y< b_2= \mu_B (Y) \\ (b_3- y). (b_3- b_2), b_2<y< b_3 \end{cases} \quad (2)$$

نتایج فازی به‌طور کلاسیک به قطعی تبدیل می‌شوند، زیرا محاسبات فازی نمی‌توانند در بسیاری از شیوه‌های زندگی واقعی استفاده شوند. ازآنجایی‌که نمرات کارایی واحدهای تصمیم‌گیری قطعی نه یک یا چند مقدار فازی است جهت فازی‌زدایی کردن از میانگین درجه‌بندی یکپارچه‌سازی استفاده شده است. ازآنجایی‌که این تکنیک بازنمایی پرکاربردترین روش فازی‌زدایی در ادبیات موجود است، پیچیدگی و خسته‌کننده بودن عملیات عظیم تابع عضویت فازی اصلی را کاهش می‌دهد (Raj et al, 2023)

$$E_o^{*Overall} = \frac{E_o^{*L} + 4E_o^{*M} + E_o^{*U}}{6} \quad (3)$$

بنابر آنچه بیان‌شده، فرم کلی مدل در حالت غیر فازی به‌صورت ذیل می‌باشد:

$$\xi_1 + \xi_2 + \xi_3 = 1$$

مدل فوق برای حالت فازی به ۳ مدل زیر تبدیل می‌شود:

$$\zeta_(d=1)\text{^}D \text{▒} \ 〖\lambda_d \ y_dj\ 〗 \ \geq 0, @\&\varphi_t, \gamma_i, \mu_s, \rho_r, \eta_n, \lambda_d, \zeta_q, \kappa_b \geq 0, \forall t, i, s, r, n, d, q, b.) \quad (4)$$

$$E_o^{*U} = Max\alpha_1.\left(\frac{\sum_{t=1}^{T}\varphi_t z_{to}^{U}-\sum_{b=1}^{B}\kappa_b u_{bo}^{L}}{\sum_{i=1}^{I}\gamma_i x_{io}^{1L}}\right)+\alpha_2.$$
$$\left(\frac{\sum_{s=1}^{S}\mu_s f_{so}^{U}-\sum_{r=1}^{R}\rho_r w_{ro}^{L}}{\sum_{t=1}^{T}\varphi_t z_{to}^{L}}\right)+\alpha_3.\left(\frac{\sum_{n=1}^{N}\eta_n v_{no}^{U}-\sum_{d=1}^{D}\lambda_d y_{do}^{L}}{\sum_{s=1}^{S}\mu_s f_{so}^{L}++\sum_{q=1}^{Q}\zeta_q x_{qo}^{3L}}\right)$$
$$S.t.$$
$$\frac{\sum_{t=1}^{T}\varphi_t z_{tj}^{U}-\sum_{b=1}^{B}\kappa_b u_{bj}^{L}}{\sum_{i=1}^{I}\gamma_i x_{ij}^{1L}}\le 1, j=1,\dots,J,$$
$$\frac{\sum_{s=1}^{S}\mu_s f_{sj}^{U}-\sum_{r=1}^{R}\rho_r w_{rj}^{L}}{\sum_{t=1}^{T}\varphi_t z_{tj}^{L}}\le 1, j=1,\dots,J, \qquad (5)$$
$$\frac{\sum_{n=1}^{N}\eta_n v_{nj}^{U}-\sum_{d=1}^{D}\lambda_d y_{dj}^{L}}{\sum_{s=1}^{S}\mu_s f_{sj}^{L}+\sum_{q=1}^{Q}\zeta_q x_{qj}^{3L}}\le 1, j=1,\dots,J,$$
$$\sum_{t=1}^{T}\varphi_t z_{tj}^{L}-\sum_{b=1}^{B}\kappa_b u_{bj}^{U}\ge 0, j=1,\dots,J,$$
$$\sum_{s=1}^{S}\mu_s f_{sj}^{L}-\sum_{r=1}^{R}\rho_r w_{rj}^{U}\ge 0, j=1,\dots,J,$$
$$\sum_{n=1}^{N}\eta_n v_{nj}^{L}-\sum_{d=1}^{D}\lambda_d y_{dj}^{U}\ge 0, j=1,\dots,J,$$
$$\varphi_t,\gamma_i,\mu_s,\rho_r,\eta_n,\lambda_d,\zeta_q,\kappa_b\ge 0,\forall t,i,s,r,n,d,q,b.$$

$$E_o^{*M} = Max\alpha_1.\left(\frac{\sum_{t=1}^{T}\varphi_t z_{to}^{M}-\sum_{b=1}^{B}\kappa_b u_{bo}^{M}}{\sum_{i=1}^{I}\gamma_i x_{io}^{1M}}\right)+$$
$$\alpha_2.\left(\frac{\sum_{s=1}^{S}\mu_s f_{so}^{M}-\sum_{r=1}^{R}\rho_r w_{ro}^{M}}{\sum_{t=1}^{T}\varphi_t z_{to}^{M}}\right)+\alpha_3.\left(\frac{\sum_{n=1}^{N}\eta_n v_{no}^{M}-\sum_{d=1}^{D}\lambda_d y_{do}^{M}}{\sum_{s=1}^{S}\mu_s f_{so}^{M}++\sum_{q=1}^{Q}\zeta_q x_{qo}^{3M}}\right)$$
$$S.t.$$
$$\frac{\sum_{t=1}^{T}\varphi_t z_{tj}^{U}-\sum_{b=1}^{B}\kappa_b u_{bj}^{L}}{\sum_{i=1}^{I}\gamma_i x_{ij}^{1L}}\le 1, j=1,\dots,J,$$
$$\frac{\sum_{s=1}^{S}\mu_s f_{sj}^{U}-\sum_{r=1}^{R}\rho_r w_{rj}^{L}}{\sum_{t=1}^{T}\varphi_t z_{tj}^{L}}\le 1, j=1,\dots,J, \qquad (6)$$ (۱۴)
$$\frac{\sum_{n=1}^{N}\eta_n v_{nj}^{U}-\sum_{d=1}^{D}\lambda_d y_{dj}^{L}}{\sum_{s=1}^{S}\mu_s f_{sj}^{L}+\sum_{q=1}^{Q}\zeta_q x_{qj}^{3L}}\le 1, j=1,\dots,J,$$
$$\sum_{t=1}^{T}\varphi_t z_{tj}^{L}-\sum_{b=1}^{B}\kappa_b u_{bj}^{U}\ge 0, j=1,\dots,J,$$
$$\sum_{s=1}^{S}\mu_s f_{sj}^{L}-\sum_{r=1}^{R}\rho_r w_{rj}^{U}\ge 0, j=1,\dots,J,$$
$$\sum_{n=1}^{N}\eta_n v_{nj}^{L}-\sum_{d=1}^{D}\lambda_d y_{dj}^{U}\ge 0, j=1,\dots,J,$$
$$\varphi_t,\gamma_i,\mu_s,\rho_r,\eta_n,\lambda_d,\zeta_q,\kappa_b\ge 0,\forall t,i,s,r,n,d,q,b.$$

$$E_o^{*L} = Max\delta_1.\left(\frac{\sum_{t=1}^{T}\varphi_t z_{to}^{L} - \sum_{b=1}^{B}\kappa_b u_{bo}^{L}}{\sum_{i=1}^{I}\gamma_i x_{io}^{1U}}\right) + \delta_2.\left(\frac{\sum_{s=1}^{S}\mu_s f_{so}^{L} - \sum_{r=1}^{R}\rho_r w_{ro}^{U}}{\sum_{t=1}^{T}\varphi_t z_{to}^{U}}\right) + \delta_3.\left(\frac{\sum_{n=1}^{N}\eta_n v_{no}^{L} - \sum_{d=1}^{D}\lambda_d y_{do}^{U}}{\sum_{s=1}^{S}\mu_s f_{so}^{U} + \sum_{q=1}^{Q}\zeta_q x_{qo}^{3U}}\right)$$

$$\begin{aligned}
&S.t.\\
&\frac{\sum_{t=1}^{T}\varphi_t z_{tj}^{U} - \sum_{b=1}^{B}\kappa_b u_{bj}^{L}}{\sum_{i=1}^{I}\gamma_i x_{ij}^{1L}} \le 1, j = 1,\dots,J,\\
&\frac{\sum_{s=1}^{S}\mu_s f_{sj}^{U} - \sum_{r=1}^{R}\rho_r w_{rj}^{L}}{\sum_{t=1}^{T}\varphi_t z_{tj}^{L}} \le 1, j = 1,\dots,J,\\
&\frac{\sum_{n=1}^{N}\eta_n v_{nj}^{U} - \sum_{d=1}^{D}\lambda_d y_{dj}^{L}}{\sum_{s=1}^{S}\mu_s f_{sj}^{L} + \sum_{q=1}^{Q}\zeta_q x_{qj}^{3L}} \le 1, j = 1,\dots,J,\\
&\sum_{t=1}^{T}\varphi_t z_{tj}^{L} - \sum_{b=1}^{B}\kappa_b u_{bj}^{U} \ge 0, j = 1,\dots,J,\\
&\sum_{s=1}^{S}\mu_s f_{sj}^{L} - \sum_{r=1}^{R}\rho_r w_{rj}^{U} \ge 0, j = 1,\dots,J,\\
&\sum_{n=1}^{N}\eta_n v_{nj}^{L} - \sum_{d=1}^{D}\lambda_d y_{dj}^{U} \ge 0, j = 1,\dots,J,\\
&\varphi_t, \gamma_i, \mu_s, \rho_r, \eta_n, \lambda_d, \zeta_q, \kappa_b \ge 0, \forall t, i, s, r, n, d, q, b.
\end{aligned} \tag{7}$$

با توجه به این‌که $\delta_1+\delta_2+\delta_3=1, \beta_1+\beta_2+\beta_3=1, \alpha_1+\alpha_2+\alpha_3=1$ **برای خطی سازی مسئله فرض می‌کنیم:**

$$\alpha_1 = \frac{\sum_{t=1}^{T}\varphi_t z_{to}^{L}}{\sum_{i=1}^{I}\gamma_i x_{io}^{L} + \sum_{t=1}^{T}\varphi_t z_{to}^{L} + \sum_{s=1}^{S}\mu_s f_{so}^{L} + \sum_{q=1}^{Q}\zeta_q x_{qo}^{3L}}$$

$$\alpha_2 = \frac{\sum_{t=1}^{T}\varphi_t z_{to}^{L}}{\sum_{i=1}^{I}\gamma_i x_{io}^{L} + \sum_{t=1}^{T}\varphi_t z_{to}^{L} + \sum_{s=1}^{S}\mu_s f_{so}^{L} + \sum_{q=1}^{Q}\zeta_q x_{qo}^{3L}}$$

$$\alpha_3 = \frac{\sum_{s=1}^{S}\mu_s f_{so}^{L} + \sum_{q=1}^{Q}\zeta_q x_{qo}^{3L}}{\sum_{i=1}^{I}\gamma_i x_{io}^{L} + \sum_{t=1}^{T}\varphi_t z_{to}^{L} + \sum_{s=1}^{S}\mu_s f_{so}^{L} + + \sum_{q=1}^{Q}\zeta_q x_{qo}^{3L}}$$

$$\beta_1 = \frac{\sum_{t=1}^{T} \varphi_t z_{to}^{M}}{\sum_{i=1}^{I} \gamma_i x_{io}^{M} + \sum_{t=1}^{T} \varphi_t z_{to}^{M} + \sum_{s=1}^{S} \mu_s f_{so}^{M} + \sum_{q=1}^{Q} \zeta_q x_{qo}^{3M}}$$

$$\beta_2 = \frac{\sum_{t=1}^{T} \varphi_t z_{to}^{M}}{\sum_{i=1}^{I} \gamma_i x_{io}^{M} + \sum_{t=1}^{T} \varphi_t z_{to}^{M} + \sum_{s=1}^{S} \mu_s f_{so}^{M} + \sum_{q=1}^{Q} \zeta_q x_{qo}^{3M}}$$

$$\beta_3 = \frac{\sum_{s=1}^{S} \mu_s f_{so}^{M} + \sum_{q=1}^{Q} \zeta_q x_{qo}^{3M}}{\sum_{i=1}^{I} \gamma_i x_{io}^{M} + \sum_{t=1}^{T} \varphi_t z_{to}^{M} + \sum_{s=1}^{S} \mu_s f_{so}^{M} + \sum_{q=1}^{Q} \zeta_q x_{qo}^{3M}}$$

$$\delta_1 = \frac{\sum_{t=1}^{T} \varphi_t z_{to}^{U}}{\sum_{i=1}^{I} \gamma_i x_{io}^{U} + \sum_{t=1}^{T} \varphi_t z_{to}^{U} + \sum_{s=1}^{S} \mu_s f_{so}^{U} + \sum_{q=1}^{Q} \zeta_q x_{qo}^{3U}}$$

$$\delta_2 = \frac{\sum_{t=1}^{T} \varphi_t z_{to}^{U}}{\sum_{i=1}^{I} \gamma_i x_{io}^{U} + \sum_{t=1}^{T} \varphi_t z_{to}^{U} + \sum_{s=1}^{S} \mu_s f_{so}^{U} + \sum_{q=1}^{Q} \zeta_q x_{qo}^{3U}}$$

$$\delta_3 = \frac{\sum_{s=1}^{S} \mu_s f_{so}^{U} + \sum_{q=1}^{Q} \zeta_q x_{qo}^{3U}}{\sum_{i=1}^{I} \gamma_i x_{io}^{U} + \sum_{t=1}^{T} \varphi_t z_{to}^{U} + \sum_{s=1}^{S} \mu_s f_{so}^{U} + \sum_{q=1}^{Q} \zeta_q x_{qo}^{3U}}$$

فرم خطی مدل‌های (۴)، (۵) و (۶):

$$E_o^{*U} = Max \sum_{t=1}^{T} \varphi_t z_{to}^U - \sum_{b=1}^{B} \kappa_b u_{bo}^U + \sum_{s=1}^{S} \mu_s f_{so}^U - \sum_{r=1}^{R} \rho_r w_{ro}^L + \sum_{n=1}^{N} \eta_n v_{no}^U - \sum_{d=1}^{D} \lambda_d y_{do}^L$$

$$S.t.$$

$$\sum_{i=1}^{I} \gamma_i x_{io}^L + \sum_{t=1}^{T} \varphi_t z_{to}^L + \sum_{s=1}^{S} \mu_s f_{so}^L + \sum_{q=1}^{Q} \zeta_q x_{qo}^{3L} = 1,$$

$$\sum_{t=1}^{T} \varphi_t z_{tj}^U - \sum_{i=1}^{I} \gamma_i x_{ij}^L - \sum_{b=1}^{B} \kappa_b u_{bj}^L \le 0, j = 1, \dots, J,$$

$$\sum_{s=1}^{S} \mu_s f_{sj}^U - \sum_{r=1}^{R} \rho_r w_{rj}^L - \sum_{t=1}^{T} \varphi_t z_{tj}^L \le 0, j = 1, \dots, J, \qquad (8)$$

$$\sum_{n=1}^{N} \eta_n v_{nj}^U - \sum_{d=1}^{D} \lambda_d y_{dj}^L - \sum_{s=1}^{S} \mu_s f_{sj}^L - \sum_{q=1}^{Q} \zeta_q x_{qj}^{3L} \le 0, j = 1, \dots, J,$$

$$\sum_{t=1}^{T} \varphi_t z_{tj}^L - \sum_{b=1}^{B} \kappa_b u_{bj}^U \ge 0, j = 1, \dots, J,$$

$$\sum_{s=1}^{S} \mu_s f_{sj}^L - \sum_{r=1}^{R} \rho_r w_{rj}^U \ge 0, j = 1, \dots, J,$$

$$\sum_{n=1}^{N} \eta_n v_{nj}^L - \sum_{d=1}^{D} \lambda_d y_{dj}^U \ge 0, j = 1, \dots, J,$$

$$\varphi_t, \gamma_i, \mu_s, \rho_r, \eta_n, \lambda_d, \zeta_q, \kappa_b \ge 0, \forall t, i, s, r, n, d, q, b.$$

$$E_o^{*M} = Max \sum_{t=1}^{T} \varphi_t z_{to}^M - \sum_{b=1}^{B} \kappa_b u_{bo}^M + \sum_{s=1}^{S} \mu_s f_{so}^M - \sum_{r=1}^{R} \rho_r w_{ro}^M + \sum_{n=1}^{N} \eta_n v_{no}^M - \sum_{d=1}^{D} \lambda_d y_{do}^M$$

$$S.t.$$

$$\sum_{i=1}^{I} \gamma_i x_{io}^M + \sum_{t=1}^{T} \varphi_t z_{to}^M + \sum_{s=1}^{S} \mu_s f_{so}^M + \sum_{q=1}^{Q} \zeta_q x_{qo}^{3M} = 1,$$

$$\sum_{t=1}^{T} \varphi_t z_{tj}^U - \sum_{i=1}^{I} \gamma_i x_{ij}^L - \sum_{b=1}^{B} \kappa_b u_{bj}^L \leq 0, j = 1, \ldots, J,$$

$$\sum_{s=1}^{S} \mu_s f_{sj}^U - \sum_{r=1}^{R} \rho_r w_{rj}^L - \sum_{t=1}^{T} \varphi_t z_{tj}^L \leq 0, j = 1, \ldots, J, \quad (9)$$

$$\sum_{n=1}^{N} \eta_n v_{nj}^U - \sum_{d=1}^{D} \lambda_d y_{dj}^L - \sum_{s=1}^{S} \mu_s f_{sj}^L - \sum_{q=1}^{Q} \zeta_q x_{qj}^{3L} \leq 0, j = 1, \ldots, J,$$

$$\sum_{t=1}^{T} \varphi_t z_{tj}^L - \sum_{b=1}^{B} \kappa_b u_{bj}^U \geq 0, j = 1, \ldots, J,$$

$$\sum_{s=1}^{S} \mu_s f_{sj}^L - \sum_{r=1}^{R} \rho_r w_{rj}^U \geq 0, j = 1, \ldots, J,$$

$$\sum_{n=1}^{N} \eta_n v_{nj}^L - \sum_{d=1}^{D} \lambda_d y_{dj}^U \geq 0, j = 1, \ldots, J,$$

$$\varphi_t, \gamma_i, \mu_s, \rho_r, \eta_n, \lambda_d, \zeta_q, \kappa_b \geq 0, \forall t, i, s, r, n, d, q, b.$$

$$E_o^{*L} = Max \sum_{t=1}^{T} \varphi_t z_{to}^L - \sum_{b=1}^{B} \kappa_b u_{bo}^U + \sum_{s=1}^{S} \mu_s f_{so}^L - \sum_{r=1}^{R} \rho_r w_{ro}^U + \sum_{n=1}^{N} \eta_n v_{no}^L - \sum_{d=1}^{D} \lambda_d y_{do}^U$$

$$S.t.$$

$$\sum_{i=1}^{I} \gamma_i x_{io}^U + \sum_{t=1}^{T} \varphi_t z_{to}^U + \sum_{s=1}^{S} \mu_s f_{so}^U + \sum_{q=1}^{Q} \zeta_q x_{qo}^{3U} = 1,$$

$$\sum_{t=1}^{T} \varphi_t z_{tj}^U - \sum_{i=1}^{I} \gamma_i x_{ij}^L - \sum_{b=1}^{B} \kappa_b u_{bj}^L \le 0, j = 1, \dots, J,$$

$$\sum_{s=1}^{S} \mu_s f_{sj}^U - \sum_{r=1}^{R} \rho_r w_{rj}^L - \sum_{t=1}^{T} \varphi_t z_{tj}^L \le 0, j = 1, \dots, J, \qquad (10)$$

$$\sum_{n=1}^{N} \eta_n v_{nj}^U - \sum_{d=1}^{D} \lambda_d y_{dj}^L - \sum_{s=1}^{S} \mu_s f_{sj}^L - \sum_{q=1}^{Q} \zeta_q x_{qj}^{3L} \le 0, j = 1, \dots, J,$$

$$\sum_{t=1}^{T} \varphi_t z_{tj}^L - \sum_{b=1}^{B} \kappa_b u_{bj}^U \ge 0, j = 1, \dots, J,$$

$$\sum_{s=1}^{S} \mu_s f_{sj}^L - \sum_{r=1}^{R} \rho_r w_{rj}^U \ge 0, j = 1, \dots, J,$$

$$\sum_{n=1}^{N} \eta_n v_{nj}^L - \sum_{d=1}^{D} \lambda_d y_{dj}^U \ge 0, j = 1, \dots, J,$$

$$\varphi_t, \gamma_i, \mu_s, \rho_r, \eta_n, \lambda_d, \zeta_q, \kappa_b \ge 0, \forall t, i, s, r, n, d, q, b.$$

مقدار کارایی کل سیستم که به‌صورت زیر دیفازی می‌شود:

$$E_o^{*Overall} = \frac{E_o^{*L} + 4E_o^{*M} + E_o^{*U}}{6} \qquad (۱۱)$$

روش‌شناسی تحقیق

انجام تحقیق به روش کتابخانه‌ای و اسنادی بوده و از روش ناپارامتریک به کمک نرم‌افزار گمز استفاده شده است. برای این تحقیق اطلاعات و آمار موردنیاز از واحد مدیریت برنامه‌ریزی مراکز بهره‌برداری نفت و گاز کشور جمع‌آوری‌شده است. داده‌های مورداستفاده در این تحقیق با استفاده از روش دلفی فازی انتخاب گردید، روش دلفی فازی که توسط Ishikawaو همکاران (۱۹۹۳) معرفی شد، یک رویکرد ارتباطی ساختاریافته است که از نظریه مجموعه‌های فازی و روش دلفی در ارزیابی ترجیحات زبانی خبرگان در هنگام تصمیم‌گیری تشکیل شده است ، زیرا نظرات کارشناسان به دلیل هزینه‌های اجرایی بالا و خطر فیلتر کردن نظرات متخصصان منحصربه‌فرد توسط سامان دهندگان، همواره در همگرایی با رویکرد دلفی مرسوم کمتر استفاده می‌شد. برای حل برخی از عدم قطعیت‌ها از پانل اجماع دلفی، FDM که ترکیبی از پانل اجماع دلفی و نظریه مجموعه فازی (FST) است و درجه عضویت برای تعیین تابع عضویت هر شرکت‌کننده استفاده می‌شود. لذا FDM ممکن است برای ارزیابی اهمیت پارامترها و غربالگری معیارهای اصلی استفاده شود(Bouzon et al,2016). در گام اول، جهت تعیین معیارهای کلیدی ارزیابی عملکرد مراکز بهره‌برداری از میان ۳۵ معیار به‌عنوان ورودی و ۳۳ معیار به‌عنوان خروجی با استفاده از ادبیات تحقیق استخراج و جهت انتخاب مهم‌ترین معیارهای ورودی و خروجی از روش دلفی فازی استفاده شده است. اولین مرحله از این فرایند، انتخاب خبرگان است. با توجه به حوزه پژوهش از ۲۰خبره در حوزه صنعت نفت و پالایش و اساتید دانشگاه استفاده شد. در گام بعد، پرسشنامه‌ها برای خبرگان ارسال و پس از تکمیل جمع‌آوری و نتایج حاصل از نظرات دور اول در قالب پرسشنامه مجدداً برای آن‌ها ارسال شد تا پس از بررسی نتایج مرحله ابتدایی و دریافت بازخورد، نظرات خود را مجدداً ارائه دهند. پس از جمع‌آوری و تحلیل نظرات خبرگان در دور دوم، اختلاف میانگین بررسی می‌شود که اگر این اختلاف کمتر از ۲,۰ باشد، اجماع حاصل و مراحل دلفی فازی به اتمام رسیده است. در غیر این صورت، مجدداً تحلیل نتایج این دور نیز برای خبرگان ارسال خواهد شد. این

رفت‌وبرگشت‌ها تا آنجا ادامه می‌یابد که خبرگان در مورد تمام معیارها به اجماع برسند. اگر در این رفت‌وبرگشت‌ها خبرگان تصمیم به‌اضافه معیاری بگیرند، این معیار در دور بعد به پرسشنامه اضافه‌شده و نظرات در مورد این معیار اخذ می‌شود. در انتها به‌منظور تأیید و غربالگری معیارها از طریق مقایسه مقدار ارزش اکتسابی هر معیار با مقدار آستانه صورت می‌پذیرد. مقدار آستانه از چند طریق محاسبه می‌شود که اصولاً مقدار ۷,۰ به‌عنوان مقدار آستانه در نظر گرفته شده است(Movahedi et al,2023). برای این کار ابتدا باید مقادیر فازی مثلثی نظرهای خبرگان محاسبه‌شده و سپس برای محاسبه میانگین نظرات n پاسخ‌دهنده، میانگین فازی آن‌ها برآورد شود. در این مطالعه برای تبدیل واژگان زبانی به اعداد فازی مثلثی از جدول شماره ۳ به شرح زیر استفاده شد.

جدول ۳. واژگان زبانی و ارزش فازی آن‌ها بر اساس طیف ۵ گزینه‌ای لیکرت

عبارت کلامی	ارزش فازی
تأثیر خیلی زیاد	(۱، ۰,۷۵، ۰,۷۵)
تأثیر زیاد	(۱، ۰,۷۵، ۰,۵۰)
تأثیر متوسط	(۰,۷۵، ۰,۵۰، ۰,۲۵)
تأثیر کم	(۰,۵۰، ۰,۲۵، ۰,۰۰)
تأثیر خیلی کم	(۰,۲۵، ۰,۰۰، ۰,۰۰)

در مرحله بعد با استفاده از مدل شبکه‌ای تحلیل پوششی داده‌های فازی به بررسی و ارزیابی کارایی واحدهای مراکز بهره‌برداری نفت و گاز با اصل دسترسی‌پذیری ضعیف پرداخته خواهد شد.

یافته‌ها

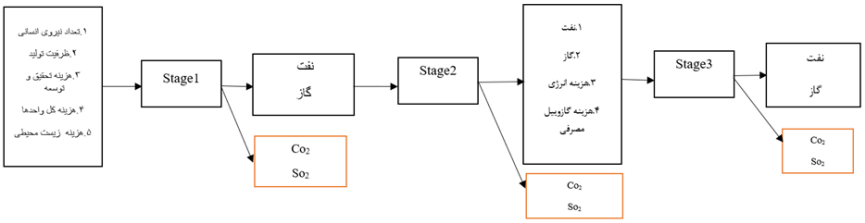
در دور اول روش دلفی فازی، ابتدا ضمن مطالعه و بررسی ادبیات پژوهش و دستاوردهای پژوهش‌های پیشین و با مطالعه و بررسی دقیق مفاهیم ورودی و خروجی‌های موردنظر در ارزیابی کارایی واحدهای بهره‌برداری نفت و گاز و موارد مرتبط با آن از چندین منظر که شامل ورودی‌ها، خروجی‌های مطلوب و خروجی‌های نامطلوب بود، موردبررسی قرار

گرفت و از بین ۳۵ ورودی و ۳۳ خروجی و تعیین اولویت یا اهمیت شاخص‌های مختلف، با استفاده از پرسشنامه به جمع‌آوری آرای خبرگان پرداخته شد. در پرسشنامه تدوین‌شده به‌منظور تعیین اهمیت نسبی هر شاخص از مقیاس پنج گزینه‌ای لیکرت استفاده شده است. در هر منظر، شاخص‌هایی که دارای بیشترین میانگین اهمیت بودند، برگزیده شدند. نتایج بررسی پرسشنامه‌ها نشان داد که از میان ۳۵ ورودی و ۳۳ خروجی، ورودی‌های مرحله اول عبارت‌اند از: تعداد نیروی انسانی، هزینه‌های تحقیق و توسعه، هزینه کل واحدها و هزینه حفاظت از محیط‌زیست و همچنین ظرفیت تولید. خروجی‌های مرحله اول که درواقع ورودی‌های مرحله دوم هستند، شامل نفت و گاز خواهند. همچنین خروجی‌های مرحله دوم که به‌نوعی ورودی‌های مرحله سوم هستند، شامل نفت، گاز، برق یا گازوییل مصرفی توربین‌ها، هزینه‌های پرداخت انرژی می‌باشند. ضمن اینکه در پاره‌ای از موارد خروجی‌های مرحله دوم می‌تواند شامل گازهای آلاینده نیز باشد. درنهایت خروجی مرحله سوم نیز شامل آلودگی‌های زیست‌محیطی (co2، so2،)، گاز و نفت خالص خواهد بود. دارای اهمیت بالاتری نسبت به سایر شاخص‌ها هستند. در دور دوم، به‌منظور محاسبه میزان اهمیت معیارها برای ارزیابی عملکرد مراکز بهره‌برداری نفت از دیدگاه خبرگان مجدداً پرسشنامه‌ای برای ۲۰ خبره دانشگاهی ارسال و از آن‌ها نظرات خود را بیان کردند. با توجه به این‌که در این دور تفاوت میانگین نظرات خبرگان کم‌تر از ۲,۰ است، اجماع حاصل معیارهای بالا به‌عنوان معیارهای ضروری برای ارزیابی عملکرد مراکز بهره‌برداری نفت مشخص شد که در جدول (۴) و خلاصه آماری ورودی‌ها و خروجی‌های ۹ مرکز بهره‌برداری نفت و گاز در استان خوزستان و منطقه مسجد سلیمان در جدول (۵) نشان داده شده‌اند.

جدول ٤. نتایج دور دوم روش دلفی فازی جهت انتخاب معیارهای ارزیابی کارایی مراکز بهره‌برداری نفت

کد معیار	معیار- ارزش فازی	ارزش زبانی: خیلی کم (۰،۰،۰/۲۵)	کم (۰،۰/۲۵،۰/۵۰)	متوسط (۰/۲۵،۰/۵۰،۰/۷۵)	زیاد (۰/۵۰،۰/۷۵،۱)	خیلی زیاد (۰/۷۵،۰/۷۵،۱)	میانگین نظرات خبرگان	تفاوت میانگین نظرات خبرگان	تأیید/رد
۱	مجموع کارکنان	۴	۷	۵	۴	۰	۰/۵	۰/۸	تأیید
۲	-دارایی‌های	۳	۵	۵	۵	۲	۰/۶	۰/۱	رد
۳	- کل سرمایه‌گذاری‌های نقدی و کوتاه‌مدت	۰	۱	۴	۸	۷	۰/۶	۰/۱۱	رد
۴	-کل بدهی	۱	۱	۴	۶	۸	۰/۹	۰/۱	رد
۵	نسبت دارایی به بدهی	۳	۱	۴	۳	۱	۰/۴	۰/۰۹	رد
۶	- مصرف انرژی جامع در واحد خروجی	۴	۵	۵	۶	۱	۰/۶	۰/۱	رد
۷	- هزینه کل هر واحد	۱	۰	۲	۷	۱۰	۰/۸	۰/۱۲	تأیید
۰		۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	
۰		۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	
۰		۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	
۶۶	ارزش کل سازمانی	۷	۴	۵	۴	۰	۰/۵	۰/۱	رد
۶۷	حجم تولید	۱	۱	۶	۷	۵	۰/۹	۰/۱	تأیید
۶۸	- انتشار سمی (CO_2، SO_2)	۱	۲	۲	۷	۸	۰/۸	۰/۱	تأیید

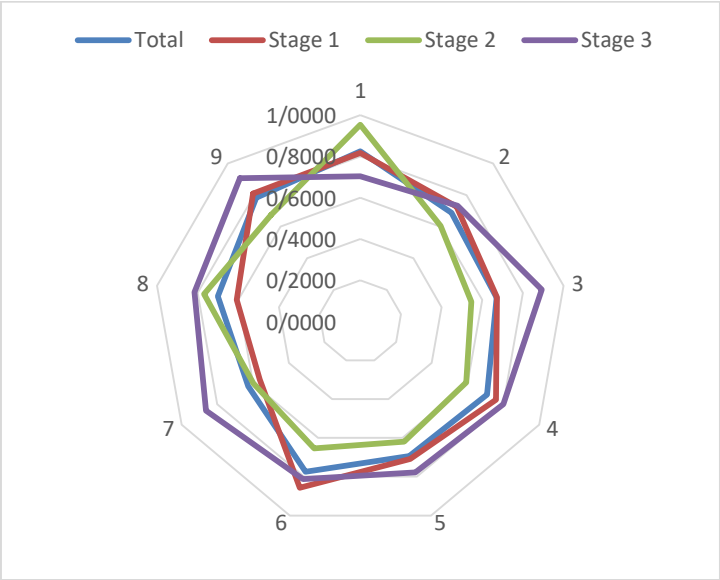
شکل ۲. ورودی‌ها و خروجی‌های مدل سه مرحله‌ای



جدول ۵. متغیرها موردنظر خبرگان جهت ارزیابی کارایی مراکز بهره‌برداری نفت

متغیرها	واحد اندازه‌گیری	میانگین	ماکزیمم	مینیمم	انحراف معیار
تعداد نیروی انسانی	نفر	۲۲/۷۸۵۹	۹۸۹۲	۵۲۰۸	۴۰۷/۱۶۹۹
هزینه‌های تحقیق و توسعه	میلیارد تومان	۲۲/۴۰۸۲	۷۲/۴۶۸۹	۴/۳۶۸۵	۳۴۶۸/۳۳۲
هزینه کل واحدها	میلیارد تومان	۸۸۹/۱۳۳۲۵۸	۴۱/۱۶۳۳۲۸	۹/۱۰۶۱۳۴	۳۲۲۷/۱۷۹۱۴
هزینه حفاظت از محیط زیست	میلیاردتومان	۸۸۸/۳۲	۹۵/۳۷	۴۳/۲۷	۱۰۷۱/۳
ظرفیت تولید	بشکه	۶/۶۳۶۷۰۳۴۷۲	۶۹۳۹۲۰۱۱	۵۹۲۰۸۰۴۷	۹۴/۳۶۳۰۴۴۰
نفت مرحله دوم	لیتر	۱/۶۱۵۳۵۵۲۲۷	۶۷۸۹۲۰۲۷۵	۴۴۰۵۹۱۵۹۸	۹۲/۶۵۴۵۱۰۴۸
گاز مرحله دوم	لیتر	۴۴/۴۲۶۴۹۸	۴۷۹۹۲۱	۳۶۳۱۰۴	۷۴۱/۳۵۳۳۳
گازوییل مصرفی توربین‌ها	بی تی یو	۴۴/۴۵۴۲۵۵۳۱	۶۸۹۹۴۰۵۱	۳۲۹۶۹۰۸۲	۳۶۰/۱۰۷۰۵۹۲۳
هزینه‌های پرداخت انرژی	میلیون تومان	۸۹/۴۸۶۷	۵۳۱/۷۷۳۳	۸۵۳/۲۵۵۷	۷۳۵/۱۸۶۸
میزان انتشار co_2	کیلوگرم	۲۴/۱۴۲۹۵۶۰	۷۸۸۰/۲۴۷۱۲۱۸	۱۹۸۹/۱۲۲۳۷۹	۳۰۶/۸۵۴۴۴۰
میزان انتشار so2	کیلوگرم	۵۷/۶۵۴۸۸۲۵	۲۲/۱۰۰۵۴۴۵۲	۱۸۶۲/۲۳۹۷۶۳	۲۹/۳۱۱۶۳۲۸
نفت خالص	بشکه	۱/۴۱۵۳۵۵۲۲۷	۴۹۹۲۰۲۷۵	۲۸۰۵۹۱۵۹۸	۹۲/۴۲۴۵۱۰۴۸
گاز خالص	لیتر	۴۲۵۳۹	۴۷۵۹۵	۳۷۲۴۲	۸۰۴/۴۰۴۱

شکل۳. کارایی واحدها



جدول ٦. کارایی واحدها در حالت فازی

	Total			EOL			EOM			EOU		
	EOL	EOM	EOU	Stage1	Stage2	Stage3	Stage1	Stage2	Stage3	Stage1	Stage2	Stage3
۱	۰/۷۴۴۱	۰/۸۱۱	۰/۹۵۸۳	۰/۷۱۷۷	۰/۹۱۳۴	۰/۶۰۹۴	۰/۷۹۴۷	۰/۹۵۱۱	۰/۶۸۵۴	۱	۱	۰/۸۶۷۶
۲	۰/۶۳۵۵	۰/۶۸۴	۰/۷۴۹۴	۰/۶۸۴۲	۰/۵۵۶۱	۰/۶۵۰۲	۰/۷۲۵۸	۶۰۹۱	۷۱۲۸	۰/۷۷۱۹	۰/۶۳۸۳	۸۹۳۹/۰
۳	۰/۶۱۲۶	۰/۶۶۹۸	۰/۷۲۸۶	۰/۵۹۴	۰/۵۲۲۱	۰/۸۳۲۲	۰/۶۷۳۷	۰/۵۴۸۵	۰/۸۸۰۶	۰/۷۴۱۴	۰/۵۶۵۶	۱
۴	۰/۶۶۶۴	۰/۷۰۵۸	۰/۷۶۷۸	۰/۷۲۴۵	۰/۵۴۷۷	۰/۷۳۱	۰/۷۴۹۶	۰/۵۹۷۶	۰/۷۸۹۲	۰/۸۲۸۱	۰/۶۱۳۷	۰/۹۱۳۸
۵	۰/۶۳۰۸	۰/۶۸۹	۰/۷۷۳۲	۰/۶۴۴۳	۰/۵۷۵۴	۰/۶۸۵۳	۰/۶۹۹۵	۰/۶۱۹۷	۰/۷۷۶۷	۰/۸۱۰۹	۰/۶۶۳۶	۰/۸۷۷۲
۶	۰/۷۰۴۷	۰/۷۷۴۶	۰/۸۴۰۸	۰/۷۲۱۸	۰/۶۳۹۶	۰/۷۶۹	۰/۸۵۶۱	۰/۶۵۴	۰/۸۱۳۳	۱	۰/۶۷۱۵	۰/۸۴۹۲
۷	۰/۵۶۶۵	۰/۶۲۵۶	۰/۶۹۰۳	۰/۵۱۰۷	۰/۵۵۳۵	۰/۷۵۳	۰/۵۶۴۲	۰/۵۹۵۴	۰/۸۵۹۲	۰۶۰۶۹/	۰/۶۵۷۸	۰/۹۹۵
۸	۰/۶۵۳	۰/۷۰۰۸	۰/۷۵۴۱	۰/۵۶۳۹	۰/۷۳۸۵	۰/۷۳۹۵	۰/۶۰۷۷	۰/۷۶۶۶	۰/۸۱۴۶	۰/۶۵۰۵	۰/۸۰۸۵	۰/۸۹۸۱
۹	۰/۷۱۶۴	۰/۷۷۵۲	۰/۸۸۴۸	۰/۷۰۹۳	۰/۶۴۹۵	۰/۸۲۸	۰/۷۸۶۷	۰/۶۷۴۳	۰/۹۰۳۲	۱	۰/۶۹۳۶	۱

جدول ۷. کارایی واحدها در حالت دیفازی در مراحل مختلف و کارایی نهایی

واحد	Total	Stage 1	Stage 2	Stage 3
۱	۰/۸۲۴۴	۰/۸۱۶۱	۰/۹۵۳۰	۰/۷۰۳۱
۲	۰/۶۸۶۸	۰/۷۲۶۶	۰/۶۰۵۱	۰/۷۳۲۶

واحد	Total	Stage 1	Stage 2	Stage 3
۳	۰/۶۱۰۷	۰/۶۷۱۷	۰/۵۴۷۰	۰/۸۹۲۴
۴	۰/۷۰۹۶	۰/۷۵۸۵	۰/۵۹۲۰	۰/۸۰۰۳
۵	۰/۶۹۳۳	۰/۷۰۸۹	۰/۶۱۹۶	۰/۷۷۸۲
۶	۰/۷۷۴۰	۰/۸۵۷۷	۰/۶۵۴۵	۰/۸۱۱۹
۷	۰/۶۲۶۵	۰/۵۶۲۴	۰/۵۹۸۸	۰/۸۶۴۱
۸	۰/۷۰۱۷	۰/۶۰۷۵	۰/۷۶۸۹	۰/۸۱۶۰
۹	۰/۷۸۳۷	۰/۸۰۹۴	۰/۶۷۳۴	۰/۹۰۶۸

در جدول ۷، نتایج محاسبات کارایی برای مراکز بهره‌برداری نفت و گاز آورده شده است و همان‌طور که مشاهده می‌شود، هیچ‌یک از مراکز بهره‌برداری از کارایی یک برخوردار نیستند؛ و بیشترین کارایی مرتبط به واحد ۱ با مقدار ۰/۸۲۴۴ می‌باشد. اگرچه کارایی کل از کارایی تک‌تک مراحل حاصل می‌شود. در مرحله اول مقدار کارایی برابر ۰/۸۱۶۱ و در مرحله دوم ۰/۹۵۳۰ بود اما کاهش کارایی در مرحله سوم که مقدار ۰/۷۰۳۱ بود منجر به کاهش کارایی واحد شد، بنابراین لازم است واحد یک در مرحله سوم بهره‌برداری و پالایش نفت اقدامات لازم را انجام دهد تا سبب افزایش کارایی شود.

همچنین کمترین کارایی مرتبط به واحدهای ۷،۳ و ۲ می‌باشد؛ که در هریک از این واحدها کارایی مراحل یک و پو سبب کاهش کارایی شده است؛ بنابراین با توجه به کاهش کارایی واحدها در هر مرحله نیاز است که تمهیدات لازم مرتبط با همان مرحله در هریک از واحدها اجرا شود. یکی از مهم‌ترین دلایل عدم کارایی واحدها تحریم‌ها جهت خرید و تجهیز ماشین‌آلات و تجهیزات مرتبط با بهره‌برداری نفت جام و تولید نفت و گاز خالص از مواد استخراج‌شده از زیرزمین است.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

این تجزیه‌وتحلیل از جنبه‌های مختلف به تحقیقات فعلی کمک می‌کند، زیرا استفاده از ترکیب این تکنیک‌ها را برای تجزیه‌وتحلیل بهره‌وری و کارایی و حمایت از مدیران در تصمیم‌گیری‌هایشان ممکن می‌سازد. همچنین، این تجزیه‌وتحلیل راه‌هایی را برای

پیشرفت‌های جدیدی باز می‌کند که می‌تواند شامل تحلیل‌های چندمعیاره با جنبه‌های زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی باشد که در جنبه کارایی توسعه‌یافته در این کار ادغام شده‌اند. آگاهی از عملکرد مراکز بهره‌برداری بر اساس دوره‌های زمانی در یک کشور معین، اولین گام برای اندیشیدن به اقدامات پایدار است. یک پالایشگاه بدون حداقل کارایی در عملیات نمی‌تواند مسئولیت زیست‌محیطی داشته باشد.

در این مقاله، به استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای فازی و با در نظر گرفتن خروجی‌های نامطلوب با اصل دسترسی‌پذیری ضعیف، کارایی مراکز بهره‌برداری نفت و گاز استان خوزستان اندازه‌گیری شد. با توجه به محاسبه‌های این تحقیق، مشخص شد که هیچ‌یک از مراکز بهره‌برداری نفت و گاز کارا نیستند و از نظر زیست‌محیطی آلودگی زیادی را همراه دارند؛ اما کارایی واحد شماره ۱ بالاتر از بقیه واحدها است و کارایی کل از کارایی سه مرحله دیگر حاصل می‌گردد که تأثیر زیادی بر کارایی کل دارد. علت بالاتر بودن عدد کارایی این واحد را می‌توان به تجهیزات، هزینه‌ها و میزان تولید مرکز نسبت داد.

با استخراج بی‌رویه از چاه‌های نفت، در حال حاضر خوراک اکثر مراکز بهره‌برداری نفت سنگین است. برای بهبود عملکرد، بهتر است به تجهیزات استخراج و پالایش نفت خام سنگین توجه شود یا در ابتدا نفت سنگین را به نفت سبک پالایش کنند. یکی از مهم‌ترین عوامل کاهش کارایی مراکز بهره‌برداری، استفاده از گازوئیل در ماشین‌آلات جهت تسویه نفت سنگین است که یکی از مهم‌ترین عوامل آلودگی زیست‌محیطی به شمار می‌آید. با جایگزینی گاز طبیعی یا گاز مایع، می‌توان درصد آلودگی را کاهش داد.

از سوی دیگر، میزان استخراج نفت خام برای مصرف داخلی بیش از نیاز است و این موضوع تا حدی سبب کاهش کارایی مراکز می‌گردد. بنابراین، جهت افزایش کارایی واحدها و کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی، پیشنهاد می‌شود که مراکز بهره‌برداری بیشتری احداث گردد و از تجهیزات مدرن‌تر و سازگار با محیط زیست استفاده شود تا میزان آلودگی به حداقل برسد. ابزار دقیق و سیستم‌های کنترل پیشرفته به‌عنوان ابزارهای

کلیدی در دستیابی به این اهداف دوگانه ظاهر شده‌اند و اپراتورها را قادر می‌سازند تا فرآیندهای تولید را بهینه کنند، ایمنی را افزایش دهند و از انطباق با مقررات اطمینان حاصل کنند.

سیستم‌های ابزار دقیق و کنترل در هر مرحله از تولید نفت و گاز، از اکتشاف و حفاری گرفته تا پالایش و توزیع، نقش مهمی ایفا می‌کنند. این سیستم‌ها نظارت و کنترل در زمان واقعی پارامترهای کلیدی مانند دما، فشار، نرخ جریان و ترکیب شیمیایی را فراهم می‌کنند و به اپراتورها اجازه می‌دهند تا تصمیمات آگاهانه‌ای بگیرند که تولید را بهینه کرده و زمان خرابی را به حداقل می‌رسانند. علاوه بر این، سیستم‌های پیشرفته می‌توانند ناهنجاری‌ها و خرابی‌های احتمالی تجهیزات را زود تشخیص دهند و امکان تعمیر و نگهداری پیشگیرانه را فراهم کنند و خطر خاموشی پرهزینه را کاهش دهند.

یکی از مزایای اولیه سیستم‌های ابزار دقیق و کنترل پیشرفته، توانایی آنها در بهبود فرآیند بهینه‌سازی است. با پایش و تحلیل مستمر داده‌های تولید، این سیستم‌ها می‌توانند ناکارآمدی‌ها و مناطق برای بهبود را شناسایی کرده و منجر به افزایش نرخ تولید و کاهش هزینه‌های عملیاتی شوند. در مورد هزینه‌های نیروی انسانی و تحقیق و توسعه، می‌توان ادعا کرد که با توجه به تحریم‌ها و کاهش ظرفیت صادرات و عدم توانایی کشور در پالایش نفت سنگین به سبک و مشتقات نفتی، درآمدهای حاصل پاسخگوی هزینه‌های مرتبط با نیروی انسانی و تعمیرات و نگهداری ماشین‌آلات قدیمی نیست و بنابراین در طی مراحل گوناگون با کاهش کارایی همراه است.

محصولی که در تأسیسات جدیدتر تولید می‌شود، با تکنیک‌های تست غیر مخرب برای ارزیابی سلامت مشخص می‌شود. این کنسرسیوم همچنین می‌تواند آلیاژهای فولادی و تاریخچه‌های فرآوری جایگزین را که منجر به بهبود عملکرد حین خدمت می‌شود، ارزیابی کند. ممنوعیت نواربندی برای حفظ کیفیت محصول برای پیچ و مهره‌های زیر دریا نیز قابل‌بازنگری است.

در پایان، لازم است اشاره شود، بهره‌برداری نفت جهت صادرات و استفاده داخلی

امری اجتناب‌ناپذیر است ازاین‌رو صرفاً به دلیل ایجاد آلاینده‌ها نمی‌توان فرایند را کاهش یا متوقف کرد، بلکه باید با به‌کارگیری تجهیزات مناسب و جدید و به‌روز دنیا فرایند بهره‌برداری و استخراج نفت را به سمت حداقل تولید انتشار آلاینده‌های سمی سوق داد. درنهایت می‌توان از فیلترهای تصفیه‌کننده جهت انتشار حداقلی آلاینده‌های مضر و کاهش سروصدای ناشی از ماشین‌آلات و تجهیزات جهت کاهش آلودگی‌های صوتی بهره جست.

این پژوهش مانند سایر پژوهش‌ها با چالش‌ها و محدودیت‌هایی همراه بود که مهم‌ترین آن‌ها دسترسی به اطلاعات در مورد گازهای گلخانه‌ای و هزینه‌های هر واحد بود. از سوی دیگر اطلاعات در مقطعی از زمان موردبررسی قرار گرفته است بنابراین پیشنهاد می‌شود از روش پنل دیتا در بازه زمانی ۱۰ سال به بررسی کارایی واحدها پرداخته شود. در نظر گرفتن جنبه‌های زیست‌محیطی و اجتماعی در این تحلیل در نظر گرفته نشد، زیرا نیاز به ارزیابی ذهنی از تصمیم‌گیرندگان و متخصصان و تعریف معیارهای مربوطه برای قابل‌اعتمادتر کردن توسعه آن‌ها دارند.

پیشنهاد می‌گردد به بررسی عوامل اجتماعی و پایدار در صنعت نفت و گاز به‌ویژه مراکز بهره‌برداری و زنجیره تأمین این صنعت با رویکردهای دیگر تحلیل پوششی داده‌ها ازجمله مالمکوییست پرداخته شود. آگاهی از عملکرد مراکز بهره‌برداری بر اساس دوره‌های زمانی در یک کشور معین، اولین گام برای اندیشیدن به اقدامات پایدار است همچنین در اکثر دوره‌های مورد تجزیه‌وتحلیل، بین داده‌های کارایی فنی، با سود و زیان بین دوره‌ها در هر پالایشگاه تفاوت‌های زیادی وجود خواهد داشت، پیشرفت تکنولوژی تغییرات گسسته‌تری را در ارزش‌ها ارائه می‌کند. ارتقای چشم‌انداز استراتژیک برای فرهنگ ایمنی در سراسر صنعت نفت و گاز دیگر پیشنهاد جهت تحقیقات آتی می‌باشد. این شامل جمع‌آوری و انتشار اطلاعات در مورد عملکرد اتصال‌دهنده‌ها، خرابی‌ها و اشتباهات در بخش‌های مختلف و استفاده از این اطلاعات برای هدایت اولویت‌ها، نقشه راه افزایش کارایی مراکز می‌باشد.

تحقیق و توسعه فرصت‌های نوآوری خاص که پتانسیل ارتقای قابل‌توجهی قابلیت اطمینان اتصال‌دهنده‌های دریایی و ماشین‌آلات استخراج نفت در خدمات حیاتی را دارند، بنابراین نیازمند تحقیق و بررسی بیشتری است.

تعارض منافع

تعارض منافع ندارم.

ORCID

Mehrab Hasanvand **https://orcid/org/0009-0006-0870-8187**
Mohammad Taleghani **https://orcid/org/0000-0001-6086-348X**
Behrouz Fathi- Vajargah **https://orcid/org/0000-0002-2403-9271**

منابع

۱. موحدی، م.، همایون فر، م.، فدایی اشکیکی، م.، صوفی، م.(۱۴۰۲). توسعه یک مدل مبتنی بر نگاشت شناختی فازی جهت تحلیل عملکرد شرکت‌های بورس اوراق بهادار. *فصلنامه بورس اوراق بهادار*، دوره ۱۶، شماره ۶۱، اردیبهشت ۱۴۰۲، صص ۵۷-۹۰.

References

2. Afolarin, A.E., (2022). *Redefining the Corporate Responsibility of Fossil Fuel Corporations Towards the Attainment of a Clean Economy*. Available at SSRN 4202798. https:..doi.org.10.1016.j.uncres .2024.100127
3. Agudelo, M.A.L., Johannsdottir, L. and Davidsdottir, B., (2020). *Drivers that motivate energy companies to be responsible. A systematic literature review of Corporate Social Responsibility in the energy sector*. Journal of cleaner production, 247, p.119094. https:..doi.org.10.1016.j.jclepro.2019.119094
4. Ali, B., & Kumar, A. (2017). *Development of life cycle water footprints for oil sands-based transportation fuel production*. Energy, 131, 41-49. https: doi.org.10.1016.j.energy.2017.05.021
5. Al-Najjar, S.M. and Al-Jaybajy, M.A. (2012), *Application of data envelopment analysis to measure the technical efficiency of oil refineries: a case study***.** International Journal of Business Administration, Vol. 3 No. 5, pp. 64-77. https:..doi.org. 10.5430.ijba.v3n5p64
6. Amirteimoori,A., Allahviranloo,T., Ibrahim Khalaf,O., Algburi,S., Nematizadeh,M., Hamam,H. (2024). *Sustainability assessment in the presence of undesirable outputs: A stochastic slack-based data envelopment analysis approach. Research square*. https:.. doi.org.10.21203.rs.3.rs-3942354.v1
7. Arinze,C., Jacks,B. (2024). *A COMPREHENSIVE REVIEW ON AI-DRIVEN OPTIMIZATION TECHNIQUES ENHANCING SUSTAINABILITY IN OIL AND GAS PRODUCTION PROCESSES*. Engineering Science & Technology Journal, Volume 5, Issue 3, March 2024. DOI: https:..doi.org.10.51594.estj.v5i3.950
8. Arinze,C.A; Jacks,B.S. (2024). *A COMPREHENSIVE REVIEW ON AI-DRIVEN OPTIMIZATION TECHNIQUES ENHANCING SUSTAINABILITY IN OIL AND GAS PRODUCTION PROCESSES*..Engineering Science & Technology Journal, Volume 5,

Issue 3, March 2024. DOI: 10. 51594.estj. v5i3.950. https:..doi.org. 10.51594.estj.v5i3.950

9. Atris, A.M. (2020) *Assessment of oil refinery performance: Application of data envelopment analysis-discriminant analysis*. Resource. Policy 2020, 65, 101543.. https: doi.org.10. 1016.j. resourpol.2019.101543.
10. Azadeh, A., Roohani, A., Motevali Haghighi, S (2015). *Performance optimization of gas refineries by ANN and DEA based on financial and operational factors*. World. J. Eng. 12 (2), 109–134. https:..doi.org.10.1260.1708-5284.12.2.109
11. Azadeh, A., Salehi, V., Mirzayi, M., Roudi, E., (2017). *Combinatorial optimization of resilience engineering and organizational factors in a gas refinery by a unique mathematical programming approach*. Hum. Factors Ergon. Manuf. 27, 53–65.
12. Azadeh, A.; SERAJ, O.; ASADZADEH, S. M.; SABERI, M. (2012) *An integrated fuzzy regression-data Envelopment Analysis algorithm for optimum oil consumption estimation with ambiguous data*. Applied soft computing. Vol.12, 2012, p.2614-2630. https:..doi.org.10.1016.j.asoc.2012.03.026
13. BARROS, C.P.; ASSAF, A. (2009). *Bootstrapped efficiency measures of oil blocks in Angola*. Energy Policy. Vol.37, 2009. p.4098-4103. https:..doi.org.10.1016.j.enpol.2009.05.007
14. Bevilacqua, M. and Braglia, M. (2002), *Environmental efficiency analysis for ENI oil refineries*. Journal of Cleaner Production, Vol. 10 No. 1, pp. 85-92. https:..doi.org.10.1016.S0959-6526(01)00022-1
15. Bezerra,p., Marques Vieira,M., Rodrigues de Almeida,M. (2017). *COMPARATIVE ANALYSIS ABOUT THE APPLICATION OF METHODS OF THE DATA ENVELOPMENT ANALYSIS (DEA) IN THE OIL INDUSTRY*. International Journal of Engineering Sciences & Research Technology. DOI: 10. 5281.zenodo.345699. https:..doi.org.10.21919.remef.v17i2.718
16. Bouzon, M., Govindan, K., Rodriguez, C. M. T., & Campos, L. M. S. (2016). *Identification and analysis of reverse logistics barriers using fuzzy Delphi method and AHP*. *Resources*, Conversation and Recycle, 1 – 16. https: doi.org. 10.1016.j. resconrec.2015.05.021. DOI: 10.1016.j.resconrec.2015.05.021
17. Bozorgi Gerdvisheh, F., Soufi,M., Amirteimoori, *A., Homayounfar.M(2023). Efficiency Analysis of Banking Sector in Presence of Undesirable Factors Using Data Envelopment Analysis*.Advances in Mathematical Finance and Applications 8 (2), 589-604. https:..doi.org.10.22034.amfa.2022.1950209.1684

18.Charnes, A., Cooper, W., Rhodes, E., *Measuring efficiency of decision making units*. European Journal of Operational Research 2., 1978, 429–444. https:..doi.org.10.1016.0377-2217(78)90138-8

19.Craig, J. and Quagliaroli, F. (2020). *The oil & gas upstream cycle: Exploration activity*. In EPJ Web of Conferences (Vol. 246, p. 00008). EDP Sciences. https:..doi.org.10.1051.epjconf.202024600008

20.Dalei, N.N.; Joshi, J.M. (2020). *Estimating technical efficiency of petroleum refineries using DEA and tobit model: An India perspective.* Computer. Chem. Engineering., 142, 107047. 10.1016.j.compchemeng.2020.107047

21.ElAlfy, A., Palaschuk, N., El-Bassiouny, D., Wilson, J. and Weber, O. (2020). *Scoping the evolution of corporate social responsibility (CSR) research in the sustainable development goals (SDGs) era.* Sustainability, 12(14), p.5544. https:..doi.org. 10.3390.su12145544

22.Eller, S.L., Hartley, P.R. and Medlock, K.B. III (2011). *Empirical evidence on the operational efficiency of national oil companies*.Empirical Economics, Vol. 40 No. 3, pp. 623-643. DOI: 10.1007.s00181-010-0349-8

23.Fakhru'l-Razi, A., Pendashteh, A., Abdullah, L.C., Biak, D.R.A., Madaeni, S.S., & Abidin, Z.Z. (2009). *Review of technologies for oil and gas produced water treatment.* Journal of Hazardous Materials, 170(2-3), 530-551. doi: 10.1016.j.jhazmat.2009.05.044.

24.Fare, R., Grosskopf, S., Lovell, K., Pasurka, C. (2000). *Multilateral productivity comparisons when some outputs are undesirable: a nonparametric approach*. The Review of Economics and Statistics 71.90–98. https:..doi.org.10.1080.00036846.2010.498368

25.Francisco, C., Almeida, M., Silva, D., (2012). *Efficiency in Brazilian refineries under different DEA technologies regular paper*. International Journal of Engineering Business Management. 4 (35), 1–11. DOI: 10.5772.52799

26.Fukuyama,H., Weber,A. (2010). *A slacks-based inefficiency measure for a two-stage system with bad outputs*. Omega,Volume 38, Issue 5, October 2010, Pages 398-409, https:..doi.org.10.1016.j. omega.2009.10.006

27.Ishikawa, A; Amagasa, M; Shiga, T; Tomizawa, G; Tatsuta, R & Mieno, H. (1993).*The max–min Delphi method and fuzzy Delphi method via fuzzy integration*. *Fuzzy Sets and Systems*, 55, 241–253. https:..doi.org.10.1016.0165-0114(93)90251-C

28.Jones, C.M. (2018). *The oil and gas industry must break the paradigm of the current exploration model*. Journal of Petroleum Exploration and

Production Technology, 8, 131-142. https:..doi.org.10.1007.s13202-017-0395-2

29.KAO, C., Liu.c. (2009). *Data envelopment analysis with imprecise data: an application of Taiwan machinery firms*. International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based SystemsVol. 13, No. 02, pp. 225-240 (2009), https:..doi.org.10.1142.S0218488505003412

30.Khalili-Damghani, K., Tavana, M., Haji-Saami, E. (2015). *A data envelopment analysis model with interval data and undesirable output for combined cycle power plant performance assessment*. Expert Systems with Applications, 42(2), 760–773. https:..doi.org. 10.1016.j.eswa.2014.08.02

31.LEE, Seong K.; MOGI, Gento; HUI, K.S. (2013). *A fuzzy analytic hierarchy process. Data Envelopment Analysis hybrid model for efficiently allocating energy R&D resources*: In the case of energy technologies against high oil prices. Renewable and Sustainable Energy Reviews. May, 2013, Vol.21, p.347-355. DOI: 10.1016.j.rser.2012.12.067

32.Li, H., Dong, K., Sun, R., Yu, J., Xu, J., (2017). *Sustainability assessment of refining enterprises using a DEA-based model.* Sustainability 9 (620), 1–15. https:..doi.org.10.3390.su9040620

33.Longxin, M.U., & Zhifeng, J.I. (2019). *Technological progress and development directions of PetroChina overseas oil and gas exploration*. Petroleum Exploration and Development, 46(6), 1088-1099. https:..doi.org.10.1016.S1876-3804(19)60265-X

34.Mekaroonreung, M., Johnson, A.L., (2010). *Estimating the efficiency of American petroleum refineries under varying assumptions of the disposability of bad outputs. Int. J. Energy Sect.* Manag. 4 (3), 356–398, 2010. DOI:10.1108.17506221011073842

35.Mo,R., Huang,H., Yang,L. (2020).*An Interval Efficiency Measurement in DEA When considering Undesirable Outputs*. Hindawi Complexity Volume 2020, Article ID 7161628, 12 pages. DOI: 10.1155.2020.7161628

36.Mohammadzadeh, M., Navabakhsh M., Hafezalkotob. A (2024). *Performance Evaluating Energy, Economic and Environmental Performance with an Integrated Approach of Data Envelopment Analysis and Game Theory*. IJE TRANSACTIONS B: Applications Vol. 37, No. 05, (May 2024) 959-973. 10.5829.ije.2024.37.05b.13

37.Movahedi,M., Homayounfar,M., Fadaei Eshkiki,M., Soufi,M. (2023). *Development of a model based on fuzzy cognitive mapping to analyze the performance of stock exchange firms.* Securities & Exchange

Organization, Research, Development & Islamic Studies (RDIS) Journal of Securities and Exchange, Spring 2023, V. 16, No.61, pp. 57-90. http: dx.doi.org.10.22034.JSE.2022.11688.178.

38. Oliveira, M.S.d.; Lizot, M.; Siqueira, H.; Afonso, P.; Trojan, F. (2023). *Efficiency Analysis of Oil Refineries Using DEA Window Analysis, Cluster Analysis, and Malmquist Productivity Index*. Sustainability 2023, 15, 13611. https: doi.org. 10.3390.su151813611

39. Raj, A. and Samuel, C. (2023).*Assessing and overcoming the barriers for healthcare waste management in India: an integrated AHP and Fuzzy TOPSIS approach*, Journal of Health Organization *and Management*, Vol. 37 No. 6.7, pp. 483-501. https:..doi.org.10.1108.JHOM-09-2022-0264.

40. SONG, Malin; ZHANG, Jie; WANG Shuhong. (2015). *Review of the network environmental efficiencies of listed petroleum enterprises in China*. Renewable and sustainable energy reviews. Vol.43, 2015, p.65- 71. DOI: 10.1016.j.rser.2014.11.050.

41. Sueyoshi, T.; Jingjing Qu., Aijun Li., Chunping Xie. (2014) *Understanding the efficiency evolution for the Chinese provincial power industry: A new approach for combining data envelopment analysis-discriminant analysis with an efficiency shift across periods.* Journal of Cleaner Production,Volume 277. https.// doi.org.10.1016.j.jclepro.2020.12237.

42. Sueyoshi, T.; Wang, D. (2014). *Sustainability development for supply chain management in U.S. petroleum industry by DEA environmental assessment*. Energy Econ. 2014, 46, 360–374. DOI: 10.1016.j.eneco.2014.09.022.

43. Tabatabaei, M., Kazemzadeh, F., Sabah, M., & Wood, D.A. (2022). *Sustainability in natural gas reservoir drilling: A review on environmentally and economically friendly fluids and optimal waste management*. Sustainable Natural Gas Reservoir and Production Engineering, 269-304. DOI: 10.1016.B978-0-12-824495-1.00008-5

44. Wang, Y. Q., Zhu, Z. W., & Liu, Z. B. (2019). *Evaluation of Technological Innovation Efficiency of Petroleum Companies Based on BCC-Malmquist Index Model*. Journal of Petroleum Exploration and Production Technology, 9, 2405-2416. https:..doi.org.10.1007.s13202-019-0618-9

45. Wu J, Liang L, Yang F, Yan H. (2016). *Bargaining game model in the evaluation of decision-making units*. Expert Systems with Applications. 2016;36(3):4357-62. https:..doi.org.10.1016.j.eswa.2009.05.001

46.ZHANG, Hai Xia; PAN, Cai Xin; DONG, Xiu-cheng. (2013). *Study on refined oil operating efficiency of international oil companies.* International Business, 2013. DOI: 10.1016.j.enpol.2020.111491

47.Zohuri, B. (2023). *Navigating the Global Energy Landscape Balancing Growth, Demand, and Sustainability*. Journal of Mathematics science Apllication and Engineering, 2(7). DOI: https:..doi.org.10.30574.ijsra.2024.11.1.0029

References (In Persian)

1. Movahedi,M., Homayounfar,M., Fadaei Eshkiki,M., Soufi,M. (2023). *Development of a Model Based on Fuzzy Cognitive Mapping to Analyze the Performance of Stock Exchange Firms*. Securities & Exchange Organization, Research, Development & Islamic Studies (RDIS) Journal of Securities and Exchange, Spring 2023, V. 16, No.61, pp. 57(In Persian)

استناد به این مقاله: حسنوند، مهراب.، طالقانی، محمد.، فتحی واجارگاه، بهروز. (۱۴۰۳). طراحی مدل شبکه‌ای فازی به‌منظور ارزیابی کارایی مراکز بهره‌برداری نفت و گاز کشور مبتنی بر خروجی‌های نامطلوب، *مطالعات مدیریت صنعتی*، *۲۲(۷۴)*، ۱۷۵-۲۱۹. DOI: 10.22054/jims.2024.81623.2930

Industrial Management Studies is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.