Industrial Management Studies
Vol. 21, No.70, Fall 2023; P 89-127
jims.atu.ac.ir
DOI: 10.22054/jims.2023.72780.2848

ATU PRESS

Original Research
Accepted: 01/08/2023
Received: 25/02/2023
eISSN: 2476-602X
ISSN: 2251/8029

Efficiency Assessment and Managerial Ability Analysis of the Regional Electricity Transmission Sector in the Presence of Contextual Variables

Maryeh Nematizadeh — PhD Candidate, Department of Applied Mathematics, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht, Iran

Alireza Amirteimoori * — Professor, Department of Applied Mathematics, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht, Iran

Sohrab Kordrostami — Professor, Department of Mathematics, Lahijan Branch, Islamic Azad University, Lahijan, Iran

Leila Khoshandam — Assistant Professor, Department of Applied Mathematics, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht, Iran

Abstract

The electricity industry plays a pivotal role in a country's economic growth and development. Therefore, it is imperative to assess its performance and identify the strengths and weaknesses of its different sectors, such as production, transmission, and distribution, to enhance economic growth in diverse areas. Given the significance of the transmission sector, this research focuses on analyzing and evaluating the performance of 16 regional electricity companies in Iran from 1390 to 1398, with the aim of comprehending the impact of contextual variables on efficiency. To achieve this, the study will utilize two techniques - Data Envelopment Analysis (DEA) and Ordinary Least Squares (OLS) - to determine the efficiency score and estimate the effect of contextual variables on efficiency, respectively. In the first stage, the DEA technique is employed to calculate the technical efficiency of each company, considering their specific inputs and outputs. In the second stage, the logarithm of the efficiency scores

* Corresponding Author: ateimoori@iaurasht.ac.ir

How to Cite: Nematizadeh, M., Amirteimoori, A., Kordrostami, S., Khoshandam, L. (2023). Efficiency Assessment and Managerial Ability Analysis of the Regional Electricity Transmission Sector in the Presence of Contextual Variables, *Industrial Management Studies, 21(70),* 89-127.

obtained is regressed on contextual variables to establish their effect on efficiency. The residual derived from the regression is referred to as managerial ability. Finally, the companies are ranked based on their modified efficiency after removing the impact of contextual variables.

Introduction

The electricity industry comprises three key sectors: production, transmission, and distribution. It stands as one of the most crucial economic infrastructures in the country, exerting significant influence on industrial, agricultural, service, and other sectors. Undoubtedly, the growth of the electricity industry drives the nation's economic development and progress, contributing to the prosperity and comfort of its citizens (Tavassoli et al., 2020). Consequently, analyzing and examining the growth trajectory of each sector across different years becomes pivotal in mitigating adverse effects and fostering progress within this domain.

In recent years, numerous researchers have conducted studies in this field. Some have independently evaluated each production, transmission, and distribution sector, while others have adopted a comprehensive approach by considering the integrated three-stage network structure. The research background highlights that the transmission sector has received less attention from researchers than other sectors. This is noteworthy because, following electricity production, the transmission process and energy accessibility to consumers are paramount. The absence of proper energy transfer can result in consumer dissatisfaction, financial losses, and stagnation within the competitive economic market. Therefore, identifying the strengths and weaknesses of the transmission sector's performance and comparing regional electricity transmission companies can effectively help enhance the performance level of each.

One technique that has captured researchers' attention for evaluating the electricity industry's performance is the data envelopment analysis (DEA) technique. DEA is a non-parametric method used to assess the performance of homogeneous units, considering multiple inputs and outputs. It was initially introduced in 1978 by Charnes et al. The initial model was built upon the assumption of constant returns to scale. Subsequently, Banker et al. (1984) extended it by presenting a model under the assumption of returns to a variable scale.

Importantly, traditional DEA models evaluate a system's performance based on specific inputs and outputs consumed and produced by the unit. However, various factors, such as contextual variables, managerial ability, and skill, can significantly influence performance and productivity. A crucial point to consider is that managerial abilities are not always overtly visible. This lack of direct visibility can impede accurate measurement. Hence, recognizing these variables among the existing indicators and assessing their influence on the performance and efficiency of each unit holds particular significance. This procedure enhances the precision of evaluation and opens avenues for delivering enhanced solutions aimed at improving the system's overall performance.

Methodology

The objective of this study is to analyze and evaluate the performance of Iran's regional electricity transmission sector while considering contextual variables and establishing a ranking methodology based on managerial ability. This perspective enables the identification of strengths and weaknesses in the system's structure from various angles and offers appropriate solutions for enhancement. To accomplish this, the first step involves identifying all variables within the transmission section, encompassing inputs, outputs, and contextual factors. Subsequently, we determine the technical efficiency of each regional power transmission company, taking into account specific inputs and outputs, using meta-frontier technology. The concept of meta-frontier in DEA measures the gap or distance between decision-making units (DMUs) across different boundaries. This approach assumes a unified boundary for all subgroups, enabling efficiency estimation based on a single boundary (Battese, 2004; O'Donnell, 2008). Its primary advantage lies in resolving the challenge of evaluating efficiency at varying levels. As a result, meta-frontier technology enhances the precision of evaluating regional power companies over multiple periods. After assessing the efficiency of each regional electricity transmission company, we employ the linear regression method to estimate the impact of contextual variables on efficiency, subsequently yielding a measure of managerial ability. Ultimately, we introduce a method for ranking each company based on managerial ability. The advantage of the proposed method is that, in addition to reviewing and analyzing the technical efficiency of each of the companies in the

regional electricity transmission sector during different periods, it will be possible to evaluate the managerial ability of each of the companies. Such a perspective allows for companies to be compared from different dimensions. Moreover, providing a new ranking criterion based on managerial ability also facilitates a better and more accurate comparison.

Results

In this study, the performance of Iran's regional power companies was analyzed and evaluated from two systems and management perspectives during the years 1390-1398. Additionally, a new rating criterion based on managerial ability was presented to compare the performance of companies during 9 time periods. In this regard, firstly, the technical efficiency of 16 regional electricity companies during 9 time periods was calculated based on the inputs of the number of employees and receiving energy from neighboring companies and the outputs of sending energy to neighboring companies and delivering energy to distribution companies, using meta-frontier technology and the DEA approach. Then, the effect of contextual variables, such as line length, transformer capacity, and loss magnitude, on the efficiency score of each company was estimated using the ordinary least squares method (OLS). Furthermore, the managerial ability of each company was determined during different periods. Ultimately, a ranking criterion was established based on the results of technical efficiency after removing the effect of contextual variables.

Conclusion

The results of efficiency measurements over 9 time periods indicate that the highest and lowest average efficiencies were observed in the years 1390 and 1398, respectively. Furthermore, it's evident that, in general, the performance of Iran's 16 regional electricity companies exhibited a consistent upward trend from 1390 to 1398. Among the 16 evaluated companies, the Guilan regional electricity company consistently achieved the highest level of efficiency across all 9 time periods, reflecting its strong performance. Conversely, the Fars regional electricity company consistently had the lowest efficiency, indicating its weaker performance compared to other companies. When analyzing the companies' performance by year, it's noteworthy that the Tehran regional electricity company secured the highest rank in 1390, 1391,

and 1394, while the Fars regional electricity company held the top spot in the remaining years. In contrast, the Sistan regional electricity company consistently displayed the lowest performance throughout all periods. The assessment of management performance over the 9 time periods indicates that the Kerman regional electricity company demonstrated superior performance from 1390 to 1393, whereas the Guilan regional electricity company excelled from 1394 to 1398, outperforming other companies. Conversely, the Gharb regional electricity company exhibited weaker performance compared to its counterparts. Additionally, the results of the regression analysis highlight a positive relationship between the efficiency score and two variables: line length and transformer capacity. Conversely, the relationship with loss magnitude is observed to be inversely correlated.

Keywords: Data Envelopment Analysis, Ordinary Least Squares, Efficiency, Contextual Variable, Managerial Ability, Ranking.

مقاله پژوهشی

تاریخ ارسال: ۱۴۰۱/۱۲/۰۶

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۵/۱۰

ISSN: 2251/8029

eISSN: 2476-602X

مطالعات مدیریت صنعتی

سال بیست و یکم، شماره ۶۹، تابستان ۱۴۰۲، ص ۸۹ تا ۱۲۷

jims.atu.ac.ir

DOI: 10.22054/jims.2023.72780.2848

ارزیابی کارایی و تحلیل توان مدیریتی بخش انتقال برق منطقه‌ای با حضور متغیرهای زمینه‌ای

ماریه نعمتی‌زاده — دانشجوی دکتری، گروه ریاضی کاربردی، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران

علیرضا امیرتیموری * — استاد، گروه ریاضی کاربردی، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران

سهراب کردرستمی — استاد، گروه ریاضی کاربردی، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان، ایران

لیلا خوش‌اندام — استادیار، گروه ریاضی کاربردی، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران

چکیده

صنعت برق یکی از صنایع مهم و اساسی در جهت رشد و توسعه اقتصادی کشور به شمار می‌آید. ازاین‌رو ارزیابی عملکرد این صنعت و شناخت نقاط قوت و ضعف هر یک از بخش‌های آن اعم از بخش تولید، انتقال و توزیع می‌تواند موجب بهبود رشد اقتصادی در زمینه‌های مختلف شود. با توجه به اهمیت بخش انتقال، در مطالعه حاضر عملکرد ۱۶ شرکت برق منطقه‌ای ایران طی سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۸ با توجه به اثر متغیرهای زمینه‌ای بر کارایی مورد تحلیل و ارزیابی قرار می‌گیرد. در این راستا از دو تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها و حداقل مربعات معمولی به ترتیب جهت تعیین امتیاز کارایی و تخمین اثر متغیرهای زمینه‌ای بر کارایی استفاده می‌شود. به این منظور در مرحله نخست، کارایی تکنیکی هر یک از شرکت‌ها با توجه به ورودی‌ها و خروجی‌های مختص آن‌ها بر اساس تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها محاسبه می‌شود. در مرحله دوم لگاریتم مقدار کارایی به‌دست‌آمده بر روی متغیرهای زمینه‌ای رگرسیون می‌شود تا میزان اثر آن‌ها بر کارایی تعیین گردد. باقی‌مانده حاصل از رگرسیون صورت گرفته تحت عنوان توان مدیریتی معرفی می‌شود. در پایان با

* نویسنده مسئول: ateimoori@iaurasht.ac.ir

توجه به کارایی اصلاح‌شده پس از حذف اثر متغیرهای زمینه‌ای معیاری برای رتبه‌بندی شرکت‌ها ارائه می‌شود.

کلیدواژه‌ها: تحلیل پوششی داده‌ها، حداقل مربعات معمولی، کارایی، متغیر زمینه‌ای، توان مدیریتی، رتبه‌بندی.

مقدمه

صنعت برق متشکل از سه بخش تولید، انتقال و توزیع یکی از مهم‌ترین زیربناهای اقتصادی در کشور می‌باشد که تأثیرگذاری چشمگیری بر بخش‌های صنعتی، کشاورزی، خدماتی و غیره دارد. درواقع رشد صنعت برق منجر به توسعه و پیشرفت اقتصادی کشور شده و درنتیجه رفاه و آسایش را برای مردم فراهم می‌سازد (توسلی و همکاران، ۲۰۰۰). ازاین‌رو تحلیل و بررسی روند رشد هر یک از بخش‌ها طی سال‌های مختلف کمک شایانی به کاهش اثرات مخرب و افزایش روند پیشرفت در این عرصه می‌نماید. در سال‌های گذشته مطالعات بسیاری توسط محققین در این زمینه صورت گرفته است که برخی از آن‌ها به‌صورت مجزا به ارزیابی هر یک از بخش‌های تولید، انتقال و توزیع پرداخته‌اند درحالی‌که برخی دیگر با در نظر گرفتن ساختار شبکه‌ای، سه بخش نام‌برده را به‌صورت یکپارچه مورد تحلیل و ارزیابی قرار دادند. پیشینه پژوهش نشان می‌دهد که در مطالعات هر یک از بخش‌های سه‌گانه صنعت برق، بخش انتقال نسبت به بخش‌های دیگر کمتر موردتوجه محققین قرار گرفته است. این در حالی است که پس از تولید برق، انتقال و چگونگی دسترسی به انرژی توسط مصرف‌کنندگان بسیار حائز اهمیت است؛ زیرا عدم انتقال درست انرژی نه‌تنها موجب نارضایتی مصرف‌کنندگان خواهد بود بلکه سبب بروز خسارت‌های مالی و رکود بازار رقابتی و اقتصادی نیز خواهد شد؛ بنابراین، شناسایی نقاط قوت و ضعف عملکرد بخش انتقال و مقایسه شرکت‌های انتقال برق منطقه‌ای می‌تواند کمک مؤثری برای ارتقا و بهبود سطح عملکرد هر یک از آن‌ها باشد.

یکی از تکنیک‌هایی که در راستای ارزیابی عملکرد صنعت برق موردتوجه محققین قرارگرفته تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها[1] می‌باشد. تحلیل پوششی داده‌ها یک روش ناپارامتری چند معیاره برای ارزیابی عملکرد واحدهای متجانس شامل چندین ورودی و خروجی است که در سال 1978 توسط Charnes et al. با ارائه مدلی تحت فرض بازده به مقیاس ثابت مطرح شد و پس‌ازآن با ارائه مدلی تحت فرض بازده به مقیاس متغیر توسط Banker et al. (1984) توسعه یافت. این نکته قابل‌توجه است که تمامی مدل‌های کلاسیک

1. Data Envelopment Analysis (DEA)

تحلیل پوششی داده‌ها عملکرد هر سیستم را بر اساس ورودی‌ها و خروجی‌های خاصی که توسط آن واحد مصرف و تولید می‌شوند تحلیل و ارزیابی می‌نمایند. این در حالی است که عوامل دیگری چون متغیرهای زمینه‌ای[1]، تلاش و مهارت مدیر نیز می‌توانند بر عملکرد و بهره‌وری آن تأثیر داشته باشند. در حقیقت عملکرد هر سیستم متأثر از خروجی‌های تولیدشده توسط آن و تلاش و مهارت‌های مدیر می‌باشد اما نکته قابل‌توجه این است که تلاش‌های مدیریت به‌طور مستقیم قابل‌مشاهده نیست و این غیرقابل‌مشاهده بودن می‌تواند منجر به ناتوانی در اندازه‌گیری آن شود. ازاین‌رو شناسایی چنین متغیرهایی از میان شاخص‌های موجود و تعیین میزان اثری که بر عملکرد و مقدار کارایی هر واحد می‌گذارند از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، چراکه این امر سبب می‌شود ارزیابی با دقت بالاتری انجام گیرد و امکان ارائه راهکار بهتر در راستای بهبود عملکرد سیستم را فراهم نماید.

بنابراین، هدف مطالعه پیش رو تحلیل و ارزیابی عملکرد بخش انتقال برق منطقه‌ای ایران در حضور متغیرهای زمینه‌ای و ارائه یک روش رتبه‌بندی مبتنی بر توان مدیریتی می‌باشد. چنین دیدگاهی این امکان را فراهم می‌نماید که نقاط قوت و ضعف ساختار سیستم از جنبه‌های مختلف شناسایی‌شده و راهکار مناسبی جهت بهبود آن فراهم شود. ازاین‌رو، نخست تمامی متغیرهای بخش انتقال متشکل از ورودی، خروجی و متغیرهای زمینه‌ای شناسایی می‌شود. سپس، کارایی تکنیکی هر یک از شرکت‌های بخش انتقال برق منطقه‌ای با توجه به ورودی‌ها و خروجی‌های مختص آن‌ها تحت تکنولوژی فرا-مرز[2] تعیین می‌شود.

مفهوم فرا-مرز در تحلیل پوششی داده‌ها بر این اساس استوار است که فاصله یا شکاف میان واحدهای تصمیم‌گیرنده را در مرزهای مختلف اندازه‌گیری می‌نماید. ازاین‌رو، مرزی واحد برای تمام زیرگروه‌ها در نظر گرفته و تخمین کارایی بر اساس یک مرز واحد انجام می‌شود. (O'Donnell, 2008; Battese, 2004). مزیت اصلی آن نیز رفع مشکل تعیین مقدار کارایی واحدها در سطوح مختلف می‌باشد؛ بنابراین، تکنولوژی فرا-مرز امکان ارزیابی شرکت‌های برق منطقه‌ای طی چند دوره زمانی را با دقت بیشتری فراهم می‌سازد. پس از

1. Contextual variables
2. Meta-frontier

تعیین مقدار کارایی هر یک از شرکت‌های انتقال برق منطقه‌ای، بر اساس روش رگرسیون خطی اثر متغیرهای زمینه‌ای بر کارایی تخمین زده‌شده و معیاری برای توان مدیریتی ارائه می‌شود. در انتها روشی برای رتبه‌بندی هر یک از شرکت‌ها بر اساس توان مدیریتی معرفی می‌گردد. مزیت روش پیشنهادی این است که علاوه بر بررسی و تحلیل کارایی تکنیکی هر یک از شرکت‌های بخش انتقال برق منطقه‌ای طی دوره‌های زمانی مختلف، امکان ارزیابی توان مدیریتی هر یک از شرکت‌ها نیز فراهم خواهد بود. چنین دیدگاهی سبب می‌شود مقایسه شرکت‌ها از ابعاد مختلفی صورت گیرد. علاوه بر این، ارائه یک معیار جدید رتبه‌بندی بر اساس توان مدیریتی نیز امکان مقایسه بهتر و دقیق‌تری فراهم می‌نماید.

بر این اساس پس از مرور برخی از مطالعاتی که در زمینه ارزیابی صنعت برق بر اساس رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها صورت گرفته، به ارائه روشی به‌منظور ارزیابی کارایی تکنیکی و توان مدیریتی واحدهای تصمیم‌گیرنده (شرکت‌های برق منطقه‌ای) و رتبه‌بندی آن‌ها پرداخته می‌شود. سپس عملکرد ۱۶ شرکت بخش انتقال برق منطقه‌ای ایران مطابق با رویکرد پیشنهادی مورد تحلیل و ارزیابی قرار می‌گیرد.

پیشینه پژوهش

در راستای مشاهده هرچه‌بهتر شکاف تحقیقاتی، ابتدا به‌مرور مطالعاتی که با استفاده از رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها در زمینه صنعت برق صورت گرفته پرداخته می‌شود، سپس به برخی مطالعات در زمینه ارزیابی توان مدیریتی اشاره می‌شود.

فلاحی و احمدی (۱۳۸۴) رشد بهره‌وری بخش توزیع صنعت برق ایران را بر اساس شاخص مالم کوئیست و رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها بررسی و ارزیابی نمودند. کاظمی متین و عزیزی (۱۳۹۱) عملکرد برق منطقه‌ای ایران را بر اساس همان رویکرد در حضور عوامل غیرقابل‌کنترل طی ۲۰ سال بررسی کردند. خسروی و شاهرودی (۱۳۹۳) عملکرد شرکت‌های برق منطقه‌ای را با استفاده از شبکه دو مرحله‌ای متشکل از دو بخش طرح و توسعه و بهره‌برداری تحلیل و ارزیابی نمودند. پس‌ازآن سلیمی و کرامتی (۱۳۹۴) بر اساس رویکرد سه مرحله‌ای کارایی نسبی بخش‌های تولید، انتقال و توزیع شرکت‌های برق منطقه‌ای

ایران را تعیین نمودند. امانی و باقرزاده (۱۳۹۷) نیز بر اساس رویکرد تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای کارایی شرکت‌های برق منطقه‌ای ایران را مورد ارزیابی قرار دادند. خسروی و همکاران (۱۴۰۰) نیز با ارائه یک مدل تلفیقی از دوسوتوانی سازمانی و تکنیک تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای عملکرد شرکت‌های برق منطقه‌ای ایران را تحلیل و ارزیابی نمودند. رادسر و همکاران (۱۴۰۰) با استفاده از تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای عملکرد ۱۶ برق منطقه‌ای شامل سه بخش تولید، انتقال و توزیع ایران را بررسی نمودند. پورعلیزاده و همکاران (۱۴۰۰) نیز با استفاده از دو فرض دسترسی‌پذیری آزاد و مدیریتی به ارزیابی پایداری زنجیره تأمین صنعت برق ایران شامل ۵ مرحله و ۱۵ بخش پرداختند. خسروی و همکاران (۱۴۰۱) با ارائه یک مدل شبکه‌ای سه مرحله‌ای عملکرد بخش‌های سه گانه تولید، انتقال و توزیع صنعت برق ایران را ارزیابی نمودند. وجه تمایز روش پیشنهادی آن‌ها توجه به ناهمگونی بخش‌های سه گانه صنعت برق و ارائه مدلی است که با توجه به این مطلب به ارزیابی کارایی کل سیستم و هر یک از بخش‌های آن پرداخته است.

از دیگر مطالعات صورت گرفته در این زمینه می‌توان به ارزیابی عملکرد نیروگاه‌های آبی، بادی و حرارتی در ترکیه بر اساس رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها توسط Sarica and Or (2007) اشاره نمود. Liu et al. (2010) نیز کارایی تولید برق نیروگاه‌های اصلی حرارتی در تایوان را طی سال‌های ۲۰۰۴ تا ۲۰۰۶ با استفاده از تکنیک نام‌برده محاسبه کردند. توسلی و همکاران (2015) بر اساس رویکرد مبتنی بر متغیرهای کمکی تحلیل پوششی داده‌ها روشی برای ارزیابی کارایی شرکت‌های توزیع برق پیشنهاد نمودند. هم‌چنین عمرانی و همکاران (2015) برای دستیابی به نتایجی با دقت ارزیابی بالاتر، تئوری نظریه بازی چانه‌زنی و تکنیک‌های تحلیل پوششی داده‌ها و تجزیه‌وتحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA) را ترکیب نموده و بر اساس رویکرد پیشنهادی، ۳۷ شرکت توزیع برق ایران را ارزیابی نمودند. Munisam and Arabi (2015) با استفاده از شاخص مالم کوئیست تغییرات بهره‌وری ۴۹ نیروگاه حرارتی ایران در سه دسته مختلف حرارتی، گاز و سیکل ترکیبی طی هشت دوره زمانی را بررسی نمودند. خلیلی دامغانی و شهمیر (2015) با استفاده از تحلیل پوششی داده‌های دو

مرحله‌ای ۱۴ ناحیه تولید و انتقال برق ایران را طی سال‌های ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۲ مورد ارزیابی قرار دادند. Halkos and Plimis (2018) کارایی بخش تولید برق ایالات‌متحده را با استفاده از تحلیل پوششی داده‌های پنجره‌ای تخمین زدند سپس بر اساس تکنیک ناپارامتری رابطه میان کارایی و رشد اقتصادی را تعیین کردند. ارزیابی عملکرد بخش توزیع برق بر اساس تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای با ترکیب دو ساختار متوالی و موازی توسط توسلی و همکاران (2020) نیز صورت گرفت. Navaro-Chávez et al. (2020) با در نظر گرفتن ظرفیت تولید نیروگاه، واحدهای تولید برق، انرژی دریافتی در انتقال، خطوط انتقال، برق دریافتی در توزیع، خطوط توزیع، ظرفیت تبدیل، تعداد پست، برق دریافتی در فروش و تعداد کارگران به‌عنوان ورودی و توان الکتریکی تولیدشده، توان الکتریکی منتقل‌شده، توان الکتریکی توزیع‌شده و توان الکتریکی فروخته‌شده به‌عنوان خروجی کارایی صنعت برق مکزیک طی سال‌های ۲۰۰۸ الی ۲۰۱۵ را با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها ارزیابی نمودند. Sueyoshi et al. (2020) با استفاده از دو مفهوم دسترسی‌پذیری آزاد و مدیریتی مدلی مبتنی بر تحلیل پوششی داده‌ها طراحی نموده و به ارزیابی عملکرد صنعت برق چین طی سال‌های ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۵ پرداختند. با توجه به نقش کلیدی انرژی در رشد اقتصادی، Moshin et al. (2021) با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها عملکرد بخش انرژی ۴۸ کشور در ۵ منطقه مختلف را مورد ارزیابی قرار دادند و به این نتیجه دست یافتند که کشورهای نپال، بنگلادش و سنگاپور بهترین و ازبکستان بدترین عملکرد را در بهبود بهره‌وری انرژی داشته‌اند. خدادادی پور و همکاران (2021) نیز با استفاده از تحلیل پوششی داده‌های تصادفی یک مدل رتبه‌بندی ارائه نمودند و رویکرد پیشنهادی خود را برای ارزیابی ۳۲ نیروگاه حرارتی کشور آنگولا به کار بردند.

تعیین اثر متغیرهای زمینه‌ای و هم‌چنین توان و مهارت مدیر بر عملکرد واحدهای تصمیم‌گیرنده و میزان بهره‌وری در سال‌های گذشته به روش‌های مختلفی توسط محققین صورت گرفته است که به‌طورکلی این روش‌ها به‌صورت تک مرحله‌ای و یا دو مرحله‌ای می‌باشند. روش‌های تک مرحله‌ای بر اساس روش‌های پارامتری و روش‌های دو مرحله‌ای

ترکیبی از روش‌های پارامتری و ناپارامتری می‌باشند که در ادامه به‌مرور برخی از آن‌ها می‌پردازیم.

Murti et al. (1996) کارایی مدیریتی را با توجه به رابطه کارایی تولید و بازاریابی تخمین زدند. Bertrant and Schoar (2003) اثر ثابت مدیریت را با استفاده از داده‌های تابلویی تعیین نمودند. Wang and Schmidt (2002) با استفاده از روش تک مرحله‌ای و دو مرحله‌ای اثر متغیرهای زمینه‌ای بر مقدار کارایی را محاسبه نمودند. آن‌ها به این مطلب نیز اشاره داشتند که روش‌های تک مرحله‌ای برای نمونه‌های محدود مناسب می‌باشند درحالی‌که روش دو مرحله‌ای برای تعداد نمونه‌های بالا نتیجه بهتری را ارائه می‌دهد. در ادامه، Simar and Wilson (2007) در تأیید Wang and Schmidt (2002) از روش مونت کارلو استفاده نموده و نشان دادند که روش دو مرحله‌ای برای تخمین اثر متغیرهای زمینه‌ای بر کارایی بهتر از روش تک مرحله‌ای عمل می‌نماید. پس‌ازآن Banker and Natarajan (2008, 2018) به این مهم دست یافتند که وقتی ورودی‌ها و خروجی‌های یک واحد بر اساس تابع تولید با خاصیت یکنواخت افزایشی و مقعر تولید شوند تکنیک دو مرحله‌ای متشکل از روش تحلیل پوششی داده‌ها برای تعیین کارایی[1] و رگرسیون[2] مقدار کارایی به‌دست‌آمده بر روی متغیرهای زمینه‌ای بر اساس روش حداقل مربعات معمولی[3] می‌تواند تقریب دقیق‌تری از اثر متغیرهای زمینه‌ای بر کارایی را نشان دهد. Banker et al. (2010) عملکرد بانک‌های کره را طی سال‌های بحرانی ۲۰۰۵-۱۹۹۵ بر اساس روش ترکیبی حداقل مربعات معمولی و تحلیل پوششی داده‌ها مورد تحلیل و بررسی قرار دادند. Demerjian et al. (2012) یک روش دو مرحله‌ای را برای اندازه‌گیری توان مدیریتی[4] بر اساس رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها ارائه نمودند. به‌این‌ترتیب که ابتدا کارایی هر واحد را بر اساس ورودی و خروجی آن مطابق با رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها تعیین نمودند. سپس اثر متغیرهای زمینه‌ای را از کارایی حذف نموده و توان مدیریتی را محاسبه کردند. Banker and Park

1. Efficiency
2. Regression
3. Ordinary Least Squares
4. Managerial Ability

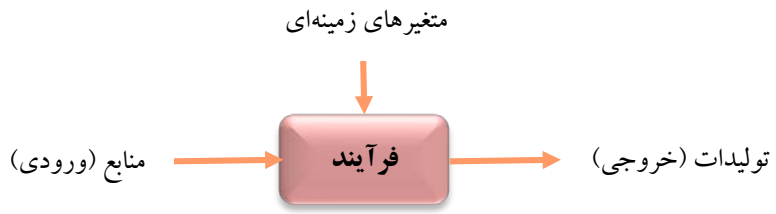
(2020) در ادامه کار Banker and Natarajan (2008) و Demerjian et al. (2012) نشان دادند که باقی‌مانده‌های حاصل از رگرسیون میان لگاریتم کارایی و متغیرهای زمینه‌ای مقدار خوبی برای توان مدیریتی می‌باشد. به تازگی Banker et al. (2022) صنعت بیمه ایران و هند را از نظر توان مدیریتی مورد مطالعه و بررسی قرار دادند.

با توجه به پیشینه پژوهش مشاهده می‌شود که در عمده مطالعات، بخش‌های سه گانه صنعت برق به‌صورت یکپارچه در نظر گرفته‌شده و با استفاده از تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای به ارزیابی آن پرداخته شده است. مطالعاتی هم که تنها محدود به یکی از بخش‌ها شده است متمرکز بر بخش‌های تولید و توزیع بوده و به عملکرد بخش انتقال توجهی نشده است. هم‌چنین در هیچ‌یک از مطالعات، توان مدیریتی هیچ‌یک از بخش‌های سه گانه موردبررسی قرار نگرفته است. ازاین‌رو، شکاف تحقیقاتی فوق انگیزه‌ای برای ارائه تحقیق حاضر را فراهم نمود.

ارزیابی عملکرد واحدهای تصمیم‌گیرنده با حضور متغیرهای زمینه‌ای

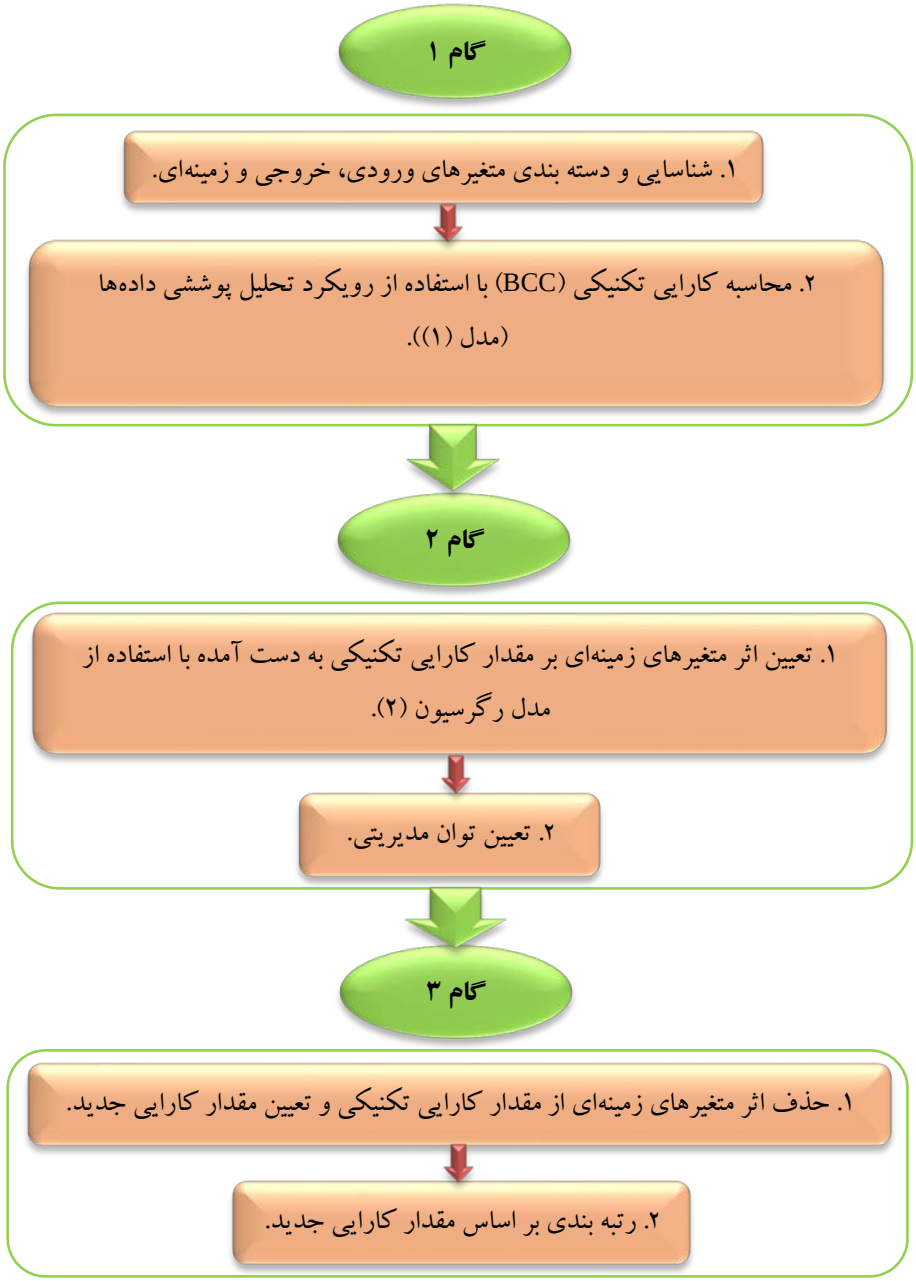
همان‌طور که می‌دانیم ارزیابی عملکرد هر فرآیند بر اساس منابع و تولیدات آن صورت می‌گیرد. این در حالی است که عوامل دیگری چون متغیرهای زمینه‌ای، تلاش و مهارت مدیر و موارد مشابه نیز می‌توانند بر عملکرد یک فرآیند تأثیرگذار باشند (شکل ۱). ازاین‌رو شناسایی چنین متغیرهایی و تعیین میزان اثر آن‌ها بر عملکرد فرآیند می‌تواند کمک شایانی به شناخت نقاط قوت و ضعف آن از دیدگاه‌های مختلف نماید و سبب افزایش دقت در ارزیابی عملکرد شود. در حقیقت با تعیین میزان اثر چنین شاخص‌هایی بر کارایی که قابل‌مشاهده نیستند می‌توان عملکرد هر واحد را به‌درستی ارزیابی نمود به‌گونه‌ای که امکان تمایز میان واحدهای کارا نیز فراهم شود.

شکل ۱. نگاه سیستمی به فرآیند تولید



بر این اساس به‌طور خلاصه در این بخش نخست به کمک تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها کارایی تکنیکی هر یک از واحدهای تصمیم‌گیرنده بر اساس ورودی‌ها و خروجی‌های مختص آن محاسبه می‌گردد. سپس با استفاده از روش حداقل مربعات معمولی اثر متغیرهای زمینه‌ای بر میزان کارایی تخمین زده می‌شود. سرانجام توان مدیریتی هر یک از واحدها تعیین و معیاری برای رتبه‌بندی ارائه می‌شود. فرآیند اجرای روش پیشنهادی در قالب شکل ۲ قابل‌مشاهده است.

شکل ۲. الگوریتم روش پیشنهادی



تشریح مراحل الگوریتم فوق در گام‌های ذیل به‌تفصیل بیان می‌گردد.

گام اول: تعیین کارایی تکنیکی بر اساس رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها

فرض کنید J واحد تصمیم‌گیرنده $DMU_j\ (j=1,...,J)$ شامل بردارهای ورودی $x_j=(x_{1j},...,x_{Ij})\geq 0$، خروجی $y_j=(y_{1j},...,y_{Rj})\geq 0$ و بردار متغیرهای زمینه‌ای $z_j=(z_{1j},...,z_{Sj})$ داشته باشیم. در این صورت تکنولوژی تولید با توجه به ورودی‌ها و خروجی‌های مختص هر واحد بر اساس اصول موضوعه‌ای چون شمول مشاهدات، دسترسی‌پذیری آزاد، تحدب و کمینه برونیابی تحت بازده به مقیاس متغیر توسط Banker et al. (1984) به‌صورت ذیل معرفی شد:

$$T_{VRS}=\left\{(x,y):\sum_{j=1}^{J}\lambda_j x_{ij}\leq x_{io},\sum_{j=1}^{J}\lambda_j y_{rj}\geq y_{ro},\sum_{j=1}^{J}\lambda_j=1,\lambda_j\geq 0,\forall i,r,j\right\}$$

بر اساس تکنولوژی معرفی‌شده مدل کارایی سنجی برای ارزیابی واحد تحت ارزیابی DMU_o به فرم زیر ارائه گردید:

$$\begin{aligned}
&\varphi_o^*=Max\ \varphi_o\\
&s.t.\\
&\sum_{j=1}^{J}\lambda_j x_{ij}\leq x_{io}, && i=1,...,I,\\
&\sum_{j=1}^{J}\lambda_j y_{rj}\geq \varphi_o y_{ro}, && r=1,...,R, \qquad (1)\\
&\sum_{j=1}^{J}\lambda_j=1,\\
&\lambda_j\geq 0, && j=1,...,J.
\end{aligned}$$

مدل کارایی سنجی فوق یک مدل شعاعی خروجی- محور است به‌طوری‌که مقدار هدف آن دارای کران پایین یک می‌باشد $(\varphi_o^* \geq ۱)$. λ_j به ازای هر j متغیر مربوط به واحد مجازی ترکیبی می‌باشد که مقدار نامنفی دارد.

تعریف ۱- واحد تحت ارزیابی DMU_o کارا نامیده می‌شود اگر و تنها اگر مقدار هدف مدل (۱) برابر با یک باشد $(\varphi_o^* = ۱)$ در غیر این صورت واحد موردنظر ناکارا خوانده می‌شود.

گام دوم: تعیین اثر متغیرهای زمینه‌ای و توان مدیریتی

همان‌طورکه پیش‌تر نیز بیان شد متغیرهای زمینه‌ای در مجموعه امکان تولید حضور ندارند اما بر روی عملکرد واحدهای تصمیم‌گیرنده تأثیرگذار هستند. ازاین‌رو تعیین میزان اثر آن‌ها بر عملکرد واحدهای تصمیم‌گیرنده بسیار حائز اهمیت می‌باشد. در این مرحله بر اساس رویکرد پیشنهادی Banker and Natarajan (2008, 2018) مدل رگرسیون خطی زیر برای تعیین میزان اثر متغیرهای زمینه‌ای بر مقدار کارایی واحد تصمیم‌گیرنده DMU_o استفاده می‌شود:

$$Log(\varphi_o^*) = \beta_. + \sum_{s=۱}^{S} \beta_s z_{so} + \varepsilon_o \qquad (۲)$$

در رابطه فوق، $Log(\varphi_o^*)$ لگاریتم در مبنای ده مقدار کارایی تکنیکی BCCواحد تحت ارزیابی DMU_o می‌باشد. $z_{so} : s = ۱,...,S$ها متغیرهای زمینه‌ای و پارامتر $\beta_s : s = ۱,...,S$ نیز تخمینی از میزان تأثیرگذاری متغیر زمینه‌ای sام بر مقدار کارایی (φ_o^*) می‌باشد. مثبت بودن ضرایب β_s حاکی از این مطلب است که متغیر زمینه‌ای موردنظر با مقدار کارایی ارتباط مستقیم داشته و مقدار منفی نیز ارتباط معکوس میان آن‌ها را نشان می‌دهد. هم‌چنین رابطه فوق دربردارنده این مفهوم است که یک واحد تغییر در متغیر زمینه‌ای sام به میزان $(e^{\beta_s} - ۱) \times ۱۰۰$ تغییر در مقدار کارایی ایجاد می‌نماید. در مدل رگرسیون

فوق، متغیر زمینه‌ای و مقدار کارایی به ترتیب متغیرهای مستقل و وابسته در نظر گرفته شده‌اند. مقدار باقی‌مانده حاصل از رگرسیون (ε_o) نیز معیار مناسبی برای اندازه توان مدیریتی می‌باشد (Banker and Park (2020)).

گام سوم: رتبه‌بندی

پس‌ازاینکه لگاریتم مقدار کارایی به‌دست‌آمده از گام نخست بر متغیرهای زمینه‌ای در گام دوم رگرسیون شد باقی‌مانده‌های به‌دست‌آمده از مقادیر کارایی حاصل از مدل (۱) حذف می‌شوند. مقادیر به‌دست‌آمده معیاری برای رتبه‌بندی هر یک از واحدها در نظر گرفته می‌شود.

مثال کاربردی

همان‌طور که می‌دانیم وظیفه اصلی شرکت‌های برق منطقه‌ای، انتقال انرژی به مراکز توزیع است. ازاین‌رو هدف اصلی، انتقال بیشترین میزان انرژی برق با کم‌ترین هدررفت به سایر بخش‌ها می‌باشد؛ بنابراین در این مطالعه با هدف افزایش خروجی (ارسال انرژی به شرکت‌های هم‌جوار و تحویل انرژی به شرکت‌های توزیع) عملکرد ۱۶ شرکت برق منطقه‌ای طی سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۸ بر اساس رویکرد پیشنهادی تحلیل و بررسی می‌گردد. بدین ترتیب ورودی‌ها، خروجی‌ها و متغیرهای زمینه‌ای به‌صورت زیر دسته‌بندی می‌شوند:

- **ورودی‌ها**

-تعداد کارکنان (نفر): تعداد افراد شاغل در بخش انتقال شرکت‌های برق منطقه‌ای است.

-دریافت انرژی از شرکت‌های هم‌جوار (میلیون کیلووات ساعت): میزان انرژی‌ای که هر منطقه از شرکت‌های هم‌جوار خود دریافت می‌نماید.

- **خروجی‌ها**

-ارسال انرژی به شرکت‌های هم‌جوار (میلیون کیلووات ساعت): میزان انرژی‌ای که به شرکت‌های هم‌جوار ارسال می‌شود.

-تحویل انرژی به شرکت‌های توزیع (میلیون کیلووات ساعت): میزان انرژی‌ای که به شرکت‌های توزیع تحویل داده می‌شود.

- **متغیرهای زمینه‌ای**

-طول خطوط (کیلومتر): میانگین طول واقعی هادی یک مدار از پست مبدأ تا پست مقصد می‌باشد.

-ظرفیت ترانسفورماتور (مگاوات آمپر): ظرفیت نامی ایستگاه برق بر اساس مجموع قدرت ظاهری ترانسفورماتورهای نصب‌شده در آن می‌باشد.

-تلفات: تلفاتی که در تجهیزات و خطوط انتقال یک شبکه یا سیستم معین پدیدار می‌شود.

-متغیر ظاهری زمان: شاخصی که برای نقش و اثر زمان نشان داده می‌شود که دارای دو مقدار صفر و یک است. این متغیر برای سالی که مورد ارزیابی قرار می‌گیرد مقدار یک و باقی سال‌ها مقدار صفر را اختیار می‌نماید. در حقیقت متغیرهای ظاهری زمان ماتریسی با تعداد ستون‌هایی برابر با تعداد دوره‌ها می‌سازند که دارای مقادیر صفر و یک می‌باشد.

خلاصه آماری شاخص‌های موردنظر در جدول ۱ قابل‌مشاهده می‌باشد.

جدول ۱. خلاصه آماری شاخص‌های ورودی، خروجی و متغیرهای زمینه‌ای

سال	شاخص‌های آماری	تعداد کارکنان	دریافت انرژی از شرکت‌های هم‌جوار	ارسال انرژی به شرکت‌های هم‌جوار	تحویل انرژی به شرکت‌های توزیع	طول خطوط	ظرفیت ترانسفورماتور	تلفات
۱۳۹۰	مینیمم	356	241.00	39.00	2262.00	2075.00	4823.00	2.01
	میانه	965.50	3551.00	3636.50	8724.00	7852.50	14407.50	2.47
	ماکزیمم	2608	11311.00	10177.00	37055.00	13911.00	49594.00	4.22
	میانگین	1112.13	4370.44	4370.44	11112.25	7176.31	16912.69	2.68
	انحراف معیار	635.23	3409.47	2773.74	8576.72	3101.49	11817.52	0.63
-	مینیمم	338	298.20	55.00	2354.58	2080.00	4958.00	1.93

سال	شاخص‌های آماری	تعداد کارکنان	دریافت انرژی از شرکت‌های هم‌جوار	ارسال انرژی به شرکت‌های هم‌جوار	تحویل انرژی به شرکت‌های توزیع	طول خطوط	ظرفیت ترانسفورماتور	تلفات
	میانه	941	3661.25	3753.00	9287.50	8031.50	15507.00	2.59
	ماکزیمم	2423	13390.96	11897.00	38399.48	14267.00	50221.00	4.10
	میانگین	1071.69	4748.25	4748.25	11697.14	7363.44	17949.75	2.72
	انحراف معیار	581.88	3860.15	3221.86	8920.44	3122.84	12442.37	0.58
۱۳۹۲	مینیمم	363	300.00	99.00	2468.07	2158.00	4973.00	1.96
۱۳۹۲	میانه	994	3284.00	3324.50	9701.52	8138.00	16175.50	2.42
۱۳۹۲	ماکزیمم	2363	13230.00	13568.00	40290.82	14321.00	50521.00	4.08
۱۳۹۲	میانگین	1124.06	4722.63	4722.63	12154.48	7444.69	18552.31	2.63
۱۳۹۲	انحراف معیار	573.19	3850.65	3336.72	9198.23	3163.03	12448.24	0.58
۱۳۹۳	مینیمم	345	294.00	133.00	2530.00	2211.00	5423.00	1.50
۱۳۹۳	میانه	934	2970.50	3759.00	10362.50	8213.50	17227.50	2.20
۱۳۹۳	ماکزیمم	2358	14724.00	11464.00	42193.00	14529.00	52893.00	4.03
۱۳۹۳	میانگین	1104.69	5031.63	5031.63	12819.06	7283.19	19381.63	2.33
۱۳۹۳	انحراف معیار	573.53	4478.30	3061.62	9754.22	3318.76	12847.49	0.59
۱۳۹۴	مینیمم	329	82.15	264.00	2464.00	2244.00	5438.00	1.42
۱۳۹۴	میانه	905.50	2829.43	4176.63	10603.50	8079.00	17309.00	2.16
۱۳۹۴	ماکزیمم	2551	14157.10	9989.16	43297.00	14697.00	53849.00	3.14
۱۳۹۴	میانگین	1099.81	4808.53	4808.53	13233.53	7601.13	19838.13	2.23
۱۳۹۴	انحراف معیار	615.25	4362.14	2947.77	10087.51	3182.14	12929.18	0.43
۱۳۹۵	مینیمم	316	188.00	113.00	2533.63	2291.00	5738.00	1.43
۱۳۹۵	میانه	906	3043.50	4566.00	10854.01	8204.00	18333.00	2.18

سال	شاخص‌های آماری	تعداد کارکنان	دریافت انرژی از شرکت‌های هم‌جوار	ارسال انرژی به شرکت‌های هم‌جوار	تحویل انرژی به شرکت‌های توزیع	طول خطوط	ظرفیت ترانسفورماتور	تلفات
	ماکزیمم	2523	15826.00	14140.00	45360.89	14882.00	55093.00	3.81
	میانگین	1046.38	5469.69	5469.69	13660.95	7704.44	20616.50	2.24
	انحراف معیار	590.80	5037.07	3777.64	10537.77	3264.15	13262.56	0.50
۱۳۹۶	مینیمم	298	198.41	47.00	2686.00	2307.00	5778.00	1.54
	میانه	913	3137.46	4617.37	11344.44	8213.50	18904.50	2.17
	ماکزیمم	2462	15722.48	14828.49	47269.10	14791.00	57462.00	3.67
	میانگین	1040.38	5418.68	5418.66	14596.66	7749.81	21262.75	2.27
	انحراف معیار	574.43	4717.86	3947.89	11012.75	3256.24	13615.52	0.42
۱۳۹۷	مینیمم	289	268.00	33.00	2700.00	2330.00	5953.00	1.25
	میانه	886.50	2840.00	4796.00	11200.50	8645.00	19875.50	2.18
	ماکزیمم	2392	16918.00	14353.00	47001.00	15031.00	59611.00	3.67
	میانگین	1004.13	5880.38	5880.38	14488.69	7915.06	21977.88	2.24
۱۳۹۷	انحراف معیار	556.81	5297.22	4273.21	10831.36	3337.45	13942.22	0.47
۱۳۹۸	مینیمم	271	363.00	325.00	2885.00	2330.00	6353.00	1.61
	میانه	831.50	3845.50	4667.50	11829.00	8619.20	21057.75	2.16
	ماکزیمم	2334	14636.00	17511.00	49958.00	14924.10	60555.50	3.36
	میانگین	967.44	5978.38	5978.38	15230.38	7886.16	23152.93	2.18
	انحراف معیار	548.77	4732.84	4837.69	11378.21	3315.22	14466.05	0.37

با توجه به مقادیر شاخص‌های موجود در جدول ۱، کارایی تکنیکی (BCC) و قیاسی (SE) ۱۴۴ شرکت برق منطقه‌ای طی ۹ دوره زمانی (۱۳۹۰-۱۳۹۸) تحت فرا-مرز تعیین گردید که

خلاصه نتایج آن در جدول ۲ قابل‌مشاهده است. این نکته قابل‌توجه است که کارایی قیاسی از تقسیم کارایی حاصل از مدل‌های CCR و BCC در جهت مقایسه بهتر کارایی تکنیکی به‌دست آمده است. هم‌چنین مقادیر کارایی در فاصله صفر و یک تعیین شده‌اند.

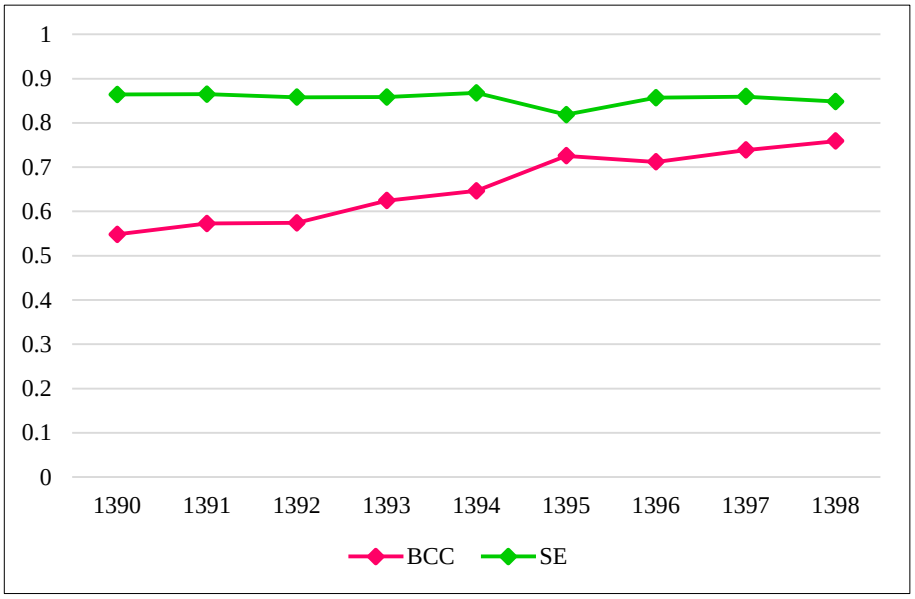
جدول ۲. خلاصه آماری نتایج حاصل از کارایی تکنیکی (BCC) و قیاسی (SE)

مدل	شاخص آماری	۱۳۹۰	۱۳۹۱	۱۳۹۲	۱۳۹۳	۱۳۹۴	۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۷	۱۳۹۸
BCC	مینیمم	0.2211	0.2389	0.2385	0.2617	0.2901	0.3080	0.3055	0.2744	0.2689
	میانه	0.6232	0.5801	0.5089	0.5730	0.5750	0.7647	0.7522	0.8341	0.8261
	ماکزیمم	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
	میانگین	0.5480	0.5727	0.5742	0.6244	0.6463	0.7257	0.7119	0.7384	0.7588
	انحراف معیار	0.2269	0.2423	0.2506	0.2379	0.2486	0.2409	0.2562	0.2712	0.2654
SE	مینیمم	0.6620	0.6142	0.6021	0.5921	0.6036	0.2820	0.6142	0.5849	0.5930
	میانه	0.9146	0.8979	0.8736	0.8937	0.9500	0.9303	0.9246	0.9214	0.8885
	ماکزیمم	1.0000	1.0000	0.9953	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
	میانگین	0.8641	0.8647	0.8579	0.8583	0.8675	0.8185	0.8568	0.8592	0.8481
	انحراف معیار	0.1232	0.1235	0.1208	0.1340	0.1378	0.2063	0.1360	0.1487	0.1356

همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود کم‌ترین امتیاز کارایی تکنیکی (BCC) و قیاسی (SE) به ترتیب متعلق به سال‌های ۱۳۹۰ و ۱۳۹۵ می‌باشد. هم‌چنین بیشترین مقدار کارایی تکنیکی در تمامی دوره‌ها برابر یک می‌باشد به این معنا که حداقل یک شرکت در هر دوره کارا بوده است. این در حالی است که بیشترین مقدار کارایی قیاسی طی سال‌های مختلف نشان می‌دهد که در سال ۱۳۹۲ هیچ شرکتی کارا نبوده است. در خصوص متوسط کارایی تکنیکی اگرچه این مقدار در سال ۱۳۹۶ نسبت به سال قبل خود به میزان کمی کاهش یافته است اما به‌طورکلی یک روند افزایشی و رو به رشد را برای عملکرد شرکت‌ها طی ۹ دوره زمانی نشان می‌دهد. در حقیقت هر چه مقدار متوسط کارایی به‌دست‌آمده مقداری نزدیک به یک اختیار کند به معنای عملکرد بهتر شرکت‌ها در دوره مربوطه می‌باشد. بر این اساس

بهترین و بدترین عملکرد شرکت‌ها طی ۹ دوره مربوط به سال‌های ۱۳۹۸ و ۱۳۹۰ بوده است. متوسط کارایی قیاسی برخلاف متوسط کارایی تکنیکی طی ۹ دوره روند نوسانی داشته است به‌طوری‌که کم‌ترین و بیشترین مقدار آن به ترتیب متعلق به سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۴ می‌باشد. مقادیر انحراف معیار نیز نشان می‌دهد که بیشترین و کم‌ترین پراکندگی مقادیر کارایی تکنیکی در سال‌های ۱۳۹۷ و ۱۳۹۰ و مشابه آن برای کارایی قیاسی در سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۰ رخ داده است. در شکل ۳ مقایسه متوسط کارایی تکنیکی و قیاسی به‌خوبی قابل‌مشاهده است.

شکل ۳. نمودار تغییرات متوسط کارایی تکنیکی (BCC) و قیاسی (SE)



همان‌طور که در شکل ۳ ملاحظه می‌شود برخلاف نمودار متوسط کارایی قیاسی که تقریباً شیب یکنواختی دارد نمودار تغییرات متوسط کارایی تکنیکی دارای شیب افزایشی می‌باشد. افت ناگهانی مقدار متوسط کارایی تکنیکی و قیاسی طی ۹ دوره در سال‌های ۱۳۹۶ و ۱۳۹۵ می‌باشد. اگرچه اختلاف این مقادیر با سال‌های مجاورشان خیلی زیاد نمی‌باشد ولی به‌خوبی مشهود است. هم‌چنین در شکل ۳ مشاهده می‌شود که اختلاف متوسط کارایی تکنیکی و

قیاسی طی سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۵ زیاد و پس از سال ۱۳۹۵ کاهش یافته است. درواقع بیشترین اختلاف مقدار در سال ۱۳۹۰ و کم‌ترین آن در سال ۱۳۹۸ می‌باشد.

پس از محاسبه کارایی تکنیکی ۱۶ شرکت برق منطقه‌ای طی ۹ دوره زمانی (۱۴۴ مشاهده) از طریق مدل BCC، لگاریتم در مبنای ده مقادیر کارایی تعیین و بر روی متغیرهای زمینه‌ای رگرسیون شد. باقی‌مانده حاصل تحت عنوان توان مدیریتی به دست آمد که نتایج آن به تفکیک دوره‌ها در جدول ۳ قابل‌مشاهده است. مقادیر مثبت و منفی در هر دوره به ترتیب بیانگر عملکرد خوب و ضعیف مدیر هر یک از شرکت‌ها می‌باشند. هر چه مقدار توان مدیریتی بیشتر باشد نشان از عملکرد خوب مدیر و هرچه این مقدار کمتر باشد نشان از عملکرد ضعیف مدیر دارد. به‌طورکلی عملکرد مدیران شرکت‌ها طی دوره‌های مختلف متفاوت بوده است؛ به‌عبارت‌دیگر عملکرد مدیران برخی از شرکت‌ها طی ۹ دوره رو به رشد، بعضی رو به افول و برخی دیگر به‌صورت نوسانی می‌باشد. به‌عنوان‌مثال عملکرد مدیریتی شرکت برق منطقه‌ای کرمان طی سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۳ و شرکت برق منطقه‌ای گیلان طی سال‌های ۱۳۹۴ تا ۱۳۹۸ نسبت به سایر شرکت‌ها بهتر بوده است. این در حالی است که عملکرد مدیر شرکت برق منطقه‌ای غرب طی ۹ دوره نسبت به سایر شرکت‌ها ضعیف بوده است.

جدول ۳. توان مدیریتی تحت فرا-مرز

شرکت برق منطقه‌ای	۱۳۹۰	۱۳۹۱	۱۳۹۲	۱۳۹۳	۱۳۹۴	۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۷	۱۳۹۸
آذربایجان	0.088161	0.088843	0.090352	0.022302	0.004721	-0.039596	0.006317	0.008545	0.009964
اصفهان	-0.022468	-0.051569	-0.036923	0.001220	0.059566	-0.014827	0.019948	0.038617	0.060016

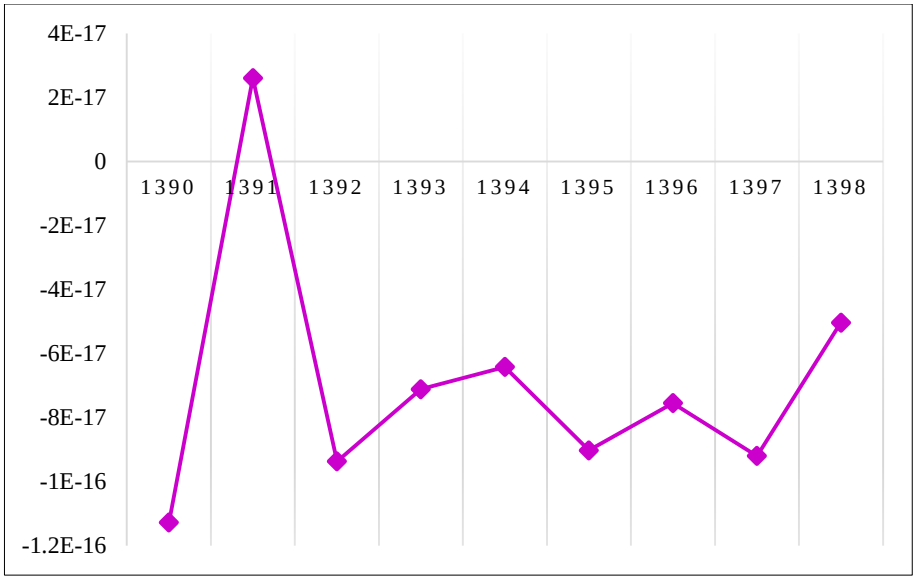
شرکت برق منطقه‌ای	۱۳۹۰	۱۳۹۱	۱۳۹۲	۱۳۹۳	۱۳۹۴	۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۷	۱۳۹۸
باختر	0.005003	0.091315	-0.017213	-0.116125	-0.107950	-0.019488	0.017399	0.117521	0.068249
تهران	0.012692	0.068052	0.060487	0.023990	0.023646	-0.047075	-0.009006	-0.047534	-0.023863
خراسان	0.141859	0.147127	0.131988	0.127708	0.145043	0.086520	0.085141	0.065243	0.012997
خوزستان	0.008189	-0.013544	-0.041025	-0.065905	-0.057293	-0.112953	-0.095372	-0.078096	0.014043
زنجان	-0.148856	-0.099174	-0.088844	-0.095487	-0.091865	-0.180772	-0.127171	-0.148933	-0.102542
سمنان	-0.100795	-0.186605	-0.063616	-0.088066	-0.188182	0.254949	-0.187402	-0.233039	-0.257436
سیستان	-0.108856	-0.108824	-0.101698	0.000460	-0.146304	-0.090020	-0.085966	-0.070208	-0.078391
غرب	-0.226810	-0.199708	-0.183720	-0.154362	-0.167958	-0.220489	-0.203641	-0.189478	-0.155544

شرکت برق منطقه‌ای	۱۳۹۰	۱۳۹۱	۱۳۹۲	۱۳۹۳	۱۳۹۴	۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۷	۱۳۹۸
فارس	-0.029831	-0.031952	0.046433	-0.013737	-0.058138	-0.070934	-0.060936	-0.072596	-0.083762
کرمان	0.265149	0.255512	0.244302	0.208075	0.213907	0.182050	0.208930	0.200159	0.181018
گیلان	0.200890	0.228210	0.214793	0.201123	0.295260	0.254959	0.325110	0.322311	0.315469
مازندران	0.107652	0.011454	-0.023113	0.027655	0.041057	-0.028895	0.035355	0.006780	-0.007389
هرمزگان	-0.017828	-0.035656	-0.072302	-0.077582	0.002867	-0.059715	-0.025474	-0.029402	-0.028390
یزد	-0.174151	-0.163483	-0.159902	-0.001267	0.031622	0.106285	0.096768	0.110111	0.075562
میانگین	-1.12757E-16	2.60209E-17	-9.36751E-17	-7.11237E-17	-6.41848E-17	-9.02056E-17	-7.54605E-17	-9.19403E-17	-5.0307E-17

نتایج به‌دست‌آمده برای متوسط توان مدیریتی طی ۹ دوره در سطر آخر جدول ۳ و شکل ۴ نشان می‌دهد که عملکرد مدیران به ترتیب در سال‌های ۱۳۹۱ و ۱۳۹۰ بهترین و بدترین وضعیت را داشته‌اند. هم‌چنین مثبت بودن مقدار متوسط توان مدیریتی در سال ۱۳۹۱ نیز نشان

می‌دهد که عملکرد مدیران شرکت‌ها در این دوره نسبت به دوره‌های دیگر خیلی بهتر بوده است. هم‌چنین شکل ۴ به‌خوبی بیانگر افت‌وخیزهای عملکرد مدیران طی دوره‌های مختلف می‌باشد.

شکل ۴. متوسط توان مدیریتی طی ۹ دوره زمانی



نتایج حاصل از رگرسیون لگاریتم در مبنای ده کارایی بر روی متغیرهای زمینه‌ای تحت فرا-مرز مطابق با گام دوم در جدول ۴ قابل‌مشاهده می‌باشد.

جدول ۴. نتایج رگرسیون لگاریتم کارایی بر روی متغیرهای زمینه‌ای

	ضرایب	خطای استاندارد	t- Stat	P-value
β_0	-0.155208	0.071413	-2.173391	0.031535
β_1	0.000019	0.000004	4.291082	0.000034
β_2	0.000004	0.000001	3.959608	0.000122
β_3	-0.127482	0.022485	-5.669736	0.000000
β_4	-0.014577	0.047519	-0.306753	0.759515
β_5	0.000000	0.000000	65535	-

	ضرایب	خطای استاندارد	t- Stat	P-value
$\beta_{۶}$	-0.014014	0.047544	-0.294766	-
$\beta_{۷}$	-0.007208	0.048233	-0.149450	0.881426
$\beta_{۸}$	-0.015927	0.048739	-0.326788	0.744346
$\beta_{۹}$	0.035899	0.048688	0.737314	0.462240
$\beta_{۱۰}$	0.022412	0.048574	0.461402	0.645270
$\beta_{۱۱}$	0.025470	0.048749	0.522478	0.602213
$\beta_{۱۲}$	0.027910	0.049084	0.568619	0.570581
Multiple R	0.7242			
R-Square	0.5245			
Adjusted R Square	0.4773			
Standard Error	0.1344			

در جدول فوق، $\beta_{۱}$، $\beta_{۲}$ و $\beta_{۳}$ به ترتیب نمایانگر ضرایب متغیرهای زمینه‌ای طول خطوط، ظرفیت ترانسفورماتور و تلفات و هم‌چنین $\beta_{۴}$ تا $\beta_{۱۲}$ به ترتیب نشان‌دهنده ضرایب متغیر ظاهری زمان دوره اول تا نهم می‌باشند.

مثبت بودن مقدار ضرایب ستون دوم جدول ۴ حاکی از این است که بین مقدار کارایی و متغیر زمینه‌ای موردنظر رابطه مستقیمی وجود دارد و مقدار منفی به معنای رابطه معکوس میان آن‌ها می‌باشد. مقدار صفر نیز نشان از بی‌اثر بودن متغیر موردنظر بر روی کارایی دارد. به‌عنوان‌مثال ضریب متغیر زمینه‌ای طول خطوط با مقدار $۱/۹\times۱۰^{-۵}$ به این معناست که با افزایش یک واحد از این متغیر مقدار کارایی به میزان $۱۰۰\times(e^{۱/۹\times۱۰^{-۵}}-۱)=۱/۹\times۱۰^{-۳}$ افزایش می‌یابد. اگرچه مثبت بودن این مقدار به معنای اثر مستقیم متغیر موردنظر بر روی کارایی است اما کوچک بودن مقدار آن نشان از تأثیر کم این متغیر بر روی مقدار کارایی دارد. از میان متغیرهای زمینه‌ای با مقدار مثبت، بیشترین اثرگذاری بر روی کارایی به متغیر ظاهری زمان دوره ۶ اختصاص یافته است. ضریب متغیر زمینه‌ای تلفات مقدار $-۰/۱۲۷۴۸۲$ را کسب نموده که منفی بودن آن به معنای اثر معکوس این متغیر بر مقدار کارایی می‌باشد. درواقع یک واحد افزایش این متغیر منجر به کاهش $۱۱/۹۶$ درصدی مقدار کارایی می‌شود.

مقدار R-Square نشان می‌دهد که رگرسیون موردنظر بیش از ۵۲٪ از مشاهدات را در برگرفته است که عدد نسبتاً خوبی است.

در گام سوم با حذف باقی‌مانده‌ها یا به عبارتی توان مدیریتی از مقدار کارایی بر اساس مقدار به‌دست‌آمده رتبه‌بندی صورت گرفت که نتایج آن به تفکیک ۹ دوره در جدول ۵ قابل ملاحظه می‌باشد.

جدول ۵. نتایج رتبه‌بندی تحت فرا-مرز

شرکت برق منطقه‌ای	۱۳۹۰	رتبه	۱۳۹۱	رتبه	۱۳۹۲	رتبه	۱۳۹۳	رتبه	۱۳۹۴	رتبه	۱۳۹۵	رتبه	۱۳۹۶	رتبه	۱۳۹۷	رتبه	۱۳۹۸	رتبه	میانگین	رتبه
آذربایجان	0.5364	6	0.5320	7	0.5383	6	0.5685	8	0.5607	10	0.6593	10	0.6655	9	0.6662	9	0.7237	8	0.6056	8
اصفهان	0.6690	3	0.7193	4	0.7204	4	0.7232	4	0.7620	4	0.8151	5	0.8333	4	0.8957	4	0.9400	5	0.7864	4
باختر	0.6168	5	0.5649	5	0.5261	8	0.6804	5	0.6813	6	0.7486	6	0.8040	6	0.8825	5	0.8499	6	0.7060	6
تهران	0.9037	1	0.9319	1	0.9395	2	0.9760	2	0.9764	1	1.0327	2	1.0090	2	1.0475	2	1.0239	2	0.9823	1
خراسان	0.8581	2	0.8529	2	0.8387	3	0.8723	3	0.8505	3	0.9135	3	0.9022	3	0.9348	3	0.9870	3	0.8900	3
خوزستان	0.5120	8	0.5529	6	0.5499	5	0.6151	7	0.6340	7	0.8369	4	0.8317	5	0.8750	6	0.9860	4	0.7104	5
زنجان	0.4704	11	0.4406	14	0.4426	14	0.4741	15	0.4820	15	0.5628	14	0.5412	14	0.5497	14	0.5533	14	0.5019	15

شرکت برق منطقه‌ای	۱۳۹۰	رتبه	۱۳۹۱	رتبه	۱۳۹۲	رتبه	۱۳۹۳	رتبه	۱۳۹۴	رتبه	۱۳۹۵	رتبه	۱۳۹۶	رتبه	۱۳۹۷	رتبه	۱۳۹۸	رتبه	میانگین	رتبه
سمنان	0.4355	13	0.4724	12	0.4404	15	0.5093	13	0.5039	13	0.7451	7	0.4929	15	0.5075	15	0.5263	15	0.5148	13
سیستان	0.3299	16	0.3477	16	0.3402	16	0.2612	16	0.4364	16	0.3980	16	0.4034	16	0.4141	16	0.4501	16	0.3757	16
غرب	0.5113	9	0.5260	8	0.5166	9	0.5428	11	0.5499	11	0.6010	12	0.5978	11	0.6054	11	0.6237	12	0.5638	11
فارس	0.6631	4	0.8411	3	0.9536	1	1.0137	1	0.9611	2	1.0703	1	1.0609	1	1.0726	1	1.0838	1	0.9689	2
کرمان	0.4331	14	0.4484	13	0.4500	12	0.5543	9	0.6330	8	0.7163	9	0.7911	7	0.7828	7	0.8190	7	0.6253	7
گیلان	0.4452	12	0.4873	10	0.4792	10	0.6284	6	0.7047	5	0.6391	11	0.6526	10	0.6565	10	0.6845	9	0.5975	9
مازندران	0.5174	7	0.5247	9	0.5293	7	0.5541	10	0.5204	12	0.5855	13	0.5695	12	0.6016	12	0.6290	11	0.5591	12
هرمزگان	0.3907	15	0.4359	15	0.4455	13	0.4965	14	0.4952	14	0.5598	15	0.5638	13	0.5623	13	0.6018	13	0.5057	14
یزد	0.4749	10	0.4843	11	0.4763	11	0.5205	12	0.5890	9	0.7271	8	0.6713	8	0.7611	8	0.6586	10	0.5959	10

همان‌طور که در جدول ۵ مشاهده می‌شود شرکت برق منطقه‌ای تهران در سال‌های ۱۳۹۰، ۱۳۹۱ و ۱۳۹۴ دارای رتبه ۱ و در دیگر سال‌ها شرکت برق منطقه‌ای فارس رتبه یک را به

خود اختصاص داده‌اند. این مطلب قابل‌توجه است که شرکت برق منطقه‌ای تهران در سال‌هایی که رتبه یک نداشته رتبه ۲ را به دست آورده است. در حقیقت در تمامی دوره‌ها این شرکت دارای رتبه‌های ۱ و ۲ می‌باشد. هم‌چنین شرکت برق منطقه‌ای سیستان در تمامی سال‌ها رتبه ۱۶ یعنی آخرین رتبه را داشته است. با توجه به ستون آخر جدول که رتبه‌بندی بر اساس میانگین کارایی ۹ دوره می‌باشد این مطلب قابل‌مشاهده است که شرکت‌های برق منطقه‌ای تهران، فارس و سیستان به ترتیب رتبه‌های ۱، ۲ و ۱۶ را کسب نموده‌اند. حال‌آنکه نتایج رتبه‌بندی بدون تفکیک دوره متفاوت از موارد فوق‌الذکر می‌باشد. به این صورت که شرکت برق منطقه‌ای گیلان اولین و دومین رتبه را در کل دارا می‌باشد و شرکت برق منطقه‌ای فارس آخرین رتبه در کل را کسب نموده است.

نتیجه‌گیری

در دنیای مدرن امروز انرژی الکتریسیته (برق) نقش مهمی در ادامه حیات یک کشور دارد به‌طوری‌که رشد آن منجر به توسعه و پیشرفت اقتصادی کشور شده و درنتیجه رفاه و آسایش را برای مردم فراهم می‌سازد. صنعت برق متشکل از سه بخش تولید، انتقال و توزیع است که هرکدام از این سه بخش به‌نوبه خود از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند. ازاین‌رو، ارزیابی عملکرد صنعت برق موردتوجه محققین قرار گرفت. نکته قابل‌توجه این است که پیشینه پژوهش‌های صنعت برق بیشتر معطوف به بررسی عملکرد بخش‌های سه‌گانه صنعت برق ایران به‌صورت یکپارچه بوده است و مطالعات دیگر نیز تنها محدود به بررسی عملکرد بخش‌های تولید و توزیع شده است. با توجه به این‌که از میان سه بخش این صنعت، بخش انتقال یک بخش میانی و مهم می‌باشد که طی سال‌های گذشته نسبت به دو بخش دیگر کمتر موردتحقیق و بررسی قرار گرفته است ازاین‌رو، در این مطالعه عملکرد شرکت‌های برق منطقه‌ای ایران از دو دیدگاه سیستمی و مدیریتی طی سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۸ مورد تحلیل و ارزیابی قرار گرفت. علاوه‌براین یک معیار جدید رتبه‌بندی نیز بر اساس توان مدیریتی جهت مقایسه عملکرد شرکت‌ها طی ۹ دوره زمانی ارائه گردید.

در این راستا، ابتدا کارایی تکنیکی ۱۶ شرکت برق منطقه‌ای طی ۹ دوره زمانی با توجه به ورودی‌های تعداد کارکنان و دریافت انرژی از شرکت‌های هم‌جوار و خروجی‌های ارسال

انرژی به شرکت‌های هم‌جوار و تحویل انرژی به شرکت‌های توزیع تحت فرا-مرز بر اساس رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها محاسبه شد. سپس اثر متغیرهای زمینه‌ای چون طول خطوط، ظرفیت ترانسفورماتور و میزان تلفات بر امتیاز کارایی هر یک از شرکت‌ها به کمک روش حداقل مربعات معمولی تخمین زده شد و توان مدیریتی هر یک از آن‌ها طی دوره‌های مختلف تعیین گردید. در انتها با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از کارایی تکنیکی پس از حذف اثر متغیرهای زمینه‌ای معیاری برای رتبه‌بندی تعیین گردید.

نتایج کارایی سنجی ۹ دوره زمانی نشان می‌دهد که بیشترین و کمترین متوسط کارایی به ترتیب متعلق به سال‌های ۱۳۹۸ و ۱۳۹۰ بوده است. هم‌چنین مشاهده می‌شود که به‌طورکلی عملکرد ۱۶ شرکت برق منطقه‌ای ایران طی سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۸ تقریباً روند افزایشی و رو به رشدی داشته است. از میان ۱۶ شرکت ارزیابی‌شده، بیشترین مقدار کارایی طی ۹ دوره زمانی به شرکت برق منطقه‌ای گیلان اختصاص داشته است که به معنای عملکرد خوب شرکت مذکور می‌باشد. هم‌چنین کمترین مقدار کارایی نیز متعلق به شرکت برق منطقه‌ای فارس می‌باشد که نشان از عملکرد ضعیف آن در میان شرکت‌های دیگر است. نتایج بررسی شرکت‌ها به تفکیک سال نشان می‌دهد که از میان ۱۶ شرکت برق منطقه‌ای، شرکت برق منطقه‌ای تهران طی سال‌های ۱۳۹۰، ۱۳۹۱ و ۱۳۹۴ و شرکت برق منطقه‌ای فارس در دیگر سال‌ها بالاترین رتبه را به خود اختصاص داده‌اند. این در حالی است که شرکت برق منطقه‌ای سیستان در تمامی دوره‌ها ضعیف‌ترین عملکرد را داشته است.

نتایج عملکرد مدیریتی شرکت‌ها طی ۹ دوره زمانی نشان می‌دهد که شرکت برق منطقه‌ای کرمان طی سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۳ و شرکت برق منطقه‌ای گیلان طی سال‌های ۱۳۹۴ تا ۱۳۹۸ نسبت به سایر شرکت‌ها عملکرد بهتری داشته‌اند، درحالی‌که شرکت برق منطقه‌ای غرب نسبت به سایر شرکت‌ها عملکرد ضعیفی را داشته است. نتایج تحلیل رگرسیون نیز حاکی از این مطلب است که رابطه امتیاز کارایی و دو متغیر طول خطوط و ظرفیت ترانسفورماتور به‌صورت مستقیم بوده درحالی‌که این رابطه با میزان تلفات به‌صورت معکوس مشاهده شد.

با توجه به اهمیت صنعت برق، ارزیابی و تحلیل توان مدیریتی سایر بخش‌ها و هم‌چنین سه بخش تولید، انتقال و توزیع صنعت برق ایران به‌صورت یکپارچه با استفاده از تحلیل

پوششی داده‌های شبکه‌ای برای مطالعات آتی پیشنهاد می‌شود.

محدودیت‌های تحقیق

همان‌طور که می‌دانیم مطالعات پژوهشی با محدودیت‌هایی همراه هستند که در ادامه به محدودیت‌های این تحقیق اشاره می‌شود:

- محدود شدن متغیرهای استفاده‌شده در تحقیق به آمار منتشرشده توسط وزارت نیرو و شرکت‌های ذی‌ربط.
- عدم دسترسی به شاخص‌های مالی بخش انتقال.
- عدم دسترسی به آمار مربوط به حوادث انسانی.

تعارض منافع

تعارض منافع ندارم.

ORCID

Maryeh Nematizadeh **http://orcid.org/0009-0004-8673-7915**
Alireza Amirteimoori **http://orcid.org/0000-0003-4160-8509**
Sohrab Kordrostami **http://orcid.org/ 0000-0003-0081-8008**
Leila Khoshandam **http://orcid.org/0000-0003-0898-6647**

منابع

۱. امانی، ناصر و باقرزاده ولمی، هادی. (۱۳۹۷). ارزیابی کارایی شرکت‌های برق منطقه‌ای ایران با تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای: بر اساس تبدیل ساختارها به یک ساختار یکنواخت. *تصمیم‌گیری و تحقیق در عملیات*، ۳(۳)، ۲۴۹-۲۸۰.

۲. پورعلیزاده، مژگان، امیرتیموری، علیرضا، و واعظ قاسمی، محسن. (۱۴۰۰). یک مدل DEA برای ارزیابی اجرای زنجیره تأمین پایدار با حضور خروجی‌های نامطلوب و شاخص‌های دو نقش ورودی و خروجی: کاربردی از صنعت برق. *مطالعات مدیریت صنعتی*، ۱۹(۶۲)، ۱۳۹-۱۹۲.

۳. کاظمی متین، رضا و عزیزی، رزا. (۱۳۹۱). مدل بندی عوامل غیرقابل‌کنترل در اندازه‌گیری کارایی شرکت‌های برق منطقه‌ای ایران. *کیفیت و بهره‌وری در صنعت برق ایران*، ۱(۱)، ۵۷-۶۳.

۴. خسروی، محمدرضا، و شاهرودی، کامبیز. (۱۳۹۳). کاربست مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای در سنجش کارایی بخش انتقال نیروی صنعت برق ایران. *مدیریت صنعتی*، ۶(۲)، ۲۶۳-۲۸۲.

۵. خسروی، محمدرضا، شاهرودی، کامبیز، امیرتیموری، علیرضا و دل افروز، نرگس. (۲۰۲۱). ارائه مدلی تلفیقی از دوسوتوانی سازمانی و تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای به‌منظور ارزیابی کارایی شرکت‌های برق منطقه‌ای ایران. *نشریه علمی-پژوهشی کیفیت و بهره‌وری صنعت برق ایران*، ۱۰(۳)، ۶۲-۷۴.

۶. خسروی، محمدرضا، شاهرودی، کامبیز، امیرتیموری، علیرضا، و دل افروز، نرگس. (۱۴۰۱). طراحی مدل تحلیلی ـ ریاضی به‌منظور سنجش کارایی زنجیره تولید، انتقال و توزیع صنعت برق ایران: رویکرد تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای با خروجی نامطلوب. *مدیریت صنعتی*، ۱۴(۲)، ۲۲۰-۲۴۹.

۷. فلاحی، محمدعلی و احمدی، وحیده. (۱۳۸۴). ارزیابی کارایی شرکت‌های توزیع برق در ایران. *تحقیقات اقتصادی*، (۷۱)، ۲۹۷-۳۲۰.

۸. رادسر، مصطفی، کاظمی، عالیه، مهرگان، محمدرضا، رضوی و حاجی‌آقا، سیدحسین. (۱۴۰۰). طراحی یک الگوریتم بر پایه تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای با شاخص‌های خوب و بد

به‌منظور ارزیابی صنعت برق ایران. *مدیریت صنعتی*، ۱۳(۱)، ۲۶-۱.

9. Banker, R. D., Charnes, A., & Cooper, W. W. (1984). Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management science*, *30*(9), 1078-1092.
10. Banker, R. D., & Natarajan, R. (2008). Evaluating contextual variables affecting productivity using data envelopment analysis. *Operations research*, *56*(1), 48-58.
11. Banker, R., Natarajan, R., & Zhang, D. (2019). Two-stage estimation of the impact of contextual variables in stochastic frontier production function models using data envelopment analysis: Second stage OLS versus bootstrap approaches. *European Journal of Operational Research*, *278*(2), 368-384.
12. Banker, R., Park, H. U., & Sahoo, B. (2022). A statistical foundation for the measurement of managerial ability.
13. Banker, R. D., Amirteimoori, A., & Sinha, R. P. (2022). An integrated Data Envelopment Analysis and generalized additive model for assessing managerial ability with application to the insurance industry. *Decision Analytics Journal*, *4*, 100115.
14. Battese, G. E., Rao, D. S., & O'donnell, C. J. (2004). A metafrontier production function for estimation of technical efficiencies and technology gaps for firms operating under different technologies. *Journal of productivity analysis*, *21*(1), 91-103.
15. Bertrand, M., & Schoar, A. (2003). Managing with style: The effect of managers on firm policies. *The Quarterly journal of economics*, *118*(4), 1169-1208.
16. Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European journal of operational research*, *2*(6), 429-444.
17. Demerjian, P., Lev, B., & McVay, S. (2012). Quantifying managerial ability: A new measure and validity tests. *Management science*, *58*(7), 1229-1248.
18. Halkos, G. E., & Polemis, M. L. (2018). The impact of economic growth on environmental efficiency of the electricity sector: A hybrid window DEA methodology for the USA. *Journal of Environmental Management*, *211*, 334-346.
19. Khalili-Damghani, K., & Shahmir, Z. (2015). Uncertain network data envelopment analysis with undesirable outputs to evaluate the efficiency of electricity power production and distribution processes. *Computers & industrial engineering*, *88*, 131-150.
20. Khodadadipour, M., Hadi-Vencheh, A., Behzadi, M. H., & Rostamy-Malkhalifeh, M. (2021). Undesirable factors in stochastic DEA cross-

efficiency evaluation: An application to thermal power plant energy efficiency. *Economic Analysis and Policy*, *69*, 613-628.

21. Liu, C. H., Lin, S. J., & Lewis, C. (2010). Evaluation of thermal power plant operational performance in Taiwan by data envelopment analysis. *Energy policy*, *38*(2), 1049-1058.
22. Murthi, B. P. S., Srinivasan, K., & Kalyanaram, G. (1996). Controlling for observed and unobserved managerial skills in determining first-mover market share advantages. *Journal of Marketing Research*, *33*(3), 329-336.
23. Munisamy, S., & Arabi, B. (2015). Eco-efficiency change in power plants: using a slacks-based measure for the meta-frontier Malmquist–Luenberger productivity index. *Journal of cleaner production*, *105*, 218-232.
24. Mohsin, M., Hanif, I., Taghizadeh-Hesary, F., Abbas, Q., & Iqbal, W. (2021). Nexus between energy efficiency and electricity reforms: a DEA-based way forward for clean power development. *Energy Policy*, *149*, 112052.
25. Navarro-Chávez, C. L., Delfín-Ortega, O. V., & Díaz-Pulido, A. (2020). Efficiency of the electricity sector in Mexico 2008-2015: An application of the DEA network model. *International Journal of Energy Sector Management*, *14*(4), 683-706.
26. O'Donnell, C. J., Rao, D. S., & Battese, G. E. (2008). Metafrontier frameworks for the study of firm-level efficiencies and technology ratios. *Empirical economics*, *34*(2), 231-255.
27. Omrani, H., Beiragh, R. G., & Kaleibari, S. S. (2015). Performance assessment of Iranian electricity distribution companies by an integrated cooperative game data envelopment analysis principal component analysis approach. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, *64*, 617-625.
28. Sarıca, K., & Or, I. (2007). Efficiency assessment of Turkish power plants using data envelopment analysis. *Energy*, *32*(8), 1484-1499.
29. Salimi M, Keramati M A. (2016). Evaluation and Distribution of technical efficiency of regional Electricity companies with a three-stage DEA approach. ieijqp, 4 (2):37-48
30. Simar, L., & Wilson, P. W. (2007). Estimation and inference in two-stage, semi-parametric models of production processes. *Journal of econometrics*, *136*(1), 31-64.
31. Sueyoshi, T., Qu, J., Li, A., & Xie, C. (2020). 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*, *277*, 122371.

32. Tavassoli, M., Faramarzi, G. R., & Saen, R. F. (2015). Ranking electricity distribution units using slacks-based measure, strong complementary slackness condition, and discriminant analysis. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, *64*, 1214-1220.
33. Tavassoli, M., Ketabi, S., & Ghandehari, M. (2020). Developing a network DEA model for sustainability analysis of Iran's electricity distribution network. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, *122*, 106187.
34. Wang, H. J., & Schmidt, P. (2002). One-step and two-step estimation of the effects of exogenous variables on technical efficiency levels. *journal of Productivity Analysis*, *18*(2), 129-144.
35. Zhu, N., Wang, B., & Wu, Y. (2015). Productivity, efficiency, and non-performing loans in the Chinese banking industry. *The Social Science Journal*, *52*(4), 468-480.

References [In Persian]

1. Amani, N., & Bagherzadeh valami, H. (2018). Efficiency Evaluation of regional electronic companies in Iran by Network DEA: A based on the Conversion of the Structures into a uniform structure. *Journal of Decisions and Operations Research*, *3*(3), 249-280. [In Persian]
2. Falahi M., & Ahmadi V. (2006). Evaluating the efficiency of electricity distribution company in Iran. *Journal of economic research, (71), 297-320.* [In Persian]
3. Kazemi Matin R., & Azizi R. Modeling non-discretionary factors in efficiency measurement of the Iranian regional electricity companies**.** *Iranian Electric Industry Journal of Quality and Productivity*2012; 1 (1), 57-63. [In Persian]
4. Khosravi, M. R., & Shahroodi, K. (2014). Applying Network Data Envelopment Analysis Model in Evaluating Efficiency of Power Transmission Sector, in Iran Electricity Industry. *Industrial Management Journal*, *6*(2), 263-282. [In Persian]
5. Khosravi M R., Shahroodi K., Amirteimoori A., & Delafrooz N. (2021). Presenting an integrated model of organizational ambidexterity and network data envelopment analysis in order to evaluate the efficiency of regional electricity companies in Iran *Iranian Electric Industry Journal of Quality and Productivity*, 10 (3), 62-74. [In Persian]
6. Khosravi, M. R., Shahroodi, K., Amirteimoori, A., & Delafrooz, N. (2022). Developing an Analytical-Mathematical Model for Evaluating the Efficiency of the Power Production, Transmission, and Distribution Companies in the Electric Power Industry of Iran: An Network Data Envelopment Analysis (NDEA) Approach with Undesirable Outputs. *Industrial Management Journal, 14*(2), 220-249. [In Persian]

7. Radsar, M., Kazemi, A., Mehrgan, M., & Razavi Hajiagha, S. H. (2021). Designing an algorithm based on network data envelopment analysis with desirable and undesirable indicators for the evaluation of the Iranian power industry. *Industrial Management Journal*, *13*(1), 1-26. [In Persian]
8. PourAlizadeh, M., Amirteimoori, A., & vaez-ghasemi, M. (2021). A DEA model for performance evaluation supply chain sustainability in the presence undesirable outputs and dual-role factors: A Case on power industry. *Industrial Management Studies*, *19*(62), 139-192. [In Persian]

استناد به این مقاله: نعمتی زاده، ماریه، امیرتیموری، علیرضا، کردرستمی، سهراب، خوش اندام، لیلا. (۱۴۰۲). ارزیابی کارایی و تحلیل توان مدیریتی بخش انتقال برق منطقه‌ای با حضور متغیرهای زمینه‌ای، *مطالعات مدیریت صنعتی*، *۲۱(۷۰)*، ۸۹-۱۲۷.

DOI: 10.22054/jims.2023.72780.2848

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