







## 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](mailto: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.




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


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

ماریه نعمتی‌زاده 


استاد، گروه ریاضی کاربردی، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی،  
 رشت، ایران

علیرضا امیر تیموری \* 

استاد، گروه ریاضی کاربردی، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی،  
 لاهیجان، ایران

سهراب کردرستمی 

استادیار، گروه ریاضی کاربردی، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی،  
 رشت، ایران

لیلا خوش‌اندام 

### چکیده

صنعت برق یکی از صنایع مهم و اساسی در جهت رشد و توسعه اقتصادی کشور به شمار می‌آید. از این رو 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 به دست آمده 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

ارزیابی کارایی و تحلیل توان مدیریتی بخش انتقال برق ...؛ نعمتی‌زاده و همکاران | ۹۵

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. در واقع رشد صنعت برق منجر به توسعه و پیشرفت اقتصادی کشور شده و در نتیجه رفاه و آسایش را برای مردم فراهم می‌سازد (توسلی و همکاران، ۲۰۰۰). از این رو 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 به صورت مجزا به ارزیابی هر یک از بخش‌های تولید، انتقال و توزیع پرداخته‌اند در حالی که برخی دیگر با در نظر گرفتن ساختار شبکه‌ای، سه بخش نام‌برده را به صورت 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 مورد توجه 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 نه تنها 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 مورد توجه محققین قرار گرفته تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها<sup>۱</sup> می‌باشد. تحلیل پوششی داده‌ها یک روش ناپارامتری چند معیاره برای ارزیابی عملکرد واحدهای متجانس شامل چندین ورودی و خروجی است که در سال ۱۹۷۸ توسط Charnes et al. با ارائه مدلی تحت فرض بازده به مقیاس ثابت مطرح شد و پس از آن با ارائه مدلی تحت فرض بازده به مقیاس متغیر توسط Banker et al. (1984) توسعه یافت. این نکته قابل توجه 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<sup>۱</sup>، 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 قابل توجه این است که تلاش‌های مدیریت به‌طور مستقیم قابل مشاهده نیست و این غیرقابل مشاهده بودن می‌تواند منجر به ناتوانی در اندازه‌گیری آن شود. از این‌رو 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 شناسایی شده و راهکار مناسبی جهت بهبود آن فراهم شود. از این‌رو، 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<sup>۲</sup> 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. از این‌رو، 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 زده شده 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 به منظور 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 هرچه بهتر شکاف تحقیقاتی، ابتدا به مرور 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 غیرقابل کنترل 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. پس‌از آن 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 تجزیه و تحلیل 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 کوئیسست 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 شهیمیر (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 ایالات متحده 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 دسترسی پذیری 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 به‌طور کلی این روش‌ها به‌صورت تک مرحله‌ای و یا دو مرحله‌ای می‌باشند. روش‌های تک مرحله‌ای بر اساس روش‌های پارامتری و روش‌های دو مرحله‌ای

ارزیابی کارایی و تحلیل توان مدیریتی بخش انتقال برق...؛ نعمتی‌زاده و همکاران | ۱۰۱

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. پس از آن 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<sup>۱</sup> و رگرسیون<sup>۲</sup> مقدار کارایی به‌دست آمده بر روی متغیرهای زمینه‌ای بر اساس روش حداقل مربعات معمولی<sup>۳</sup> می‌تواند تقریب دقیق‌تری از اثر متغیرهای زمینه‌ای بر کارایی را نشان دهد. Banker et al. (2010) عملکرد بانک‌های کره را طی سال‌های بحرانی ۱۹۹۵-۲۰۰۵ 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<sup>۴</sup> بر اساس رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها ارائه نمودند. به این ترتیب 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

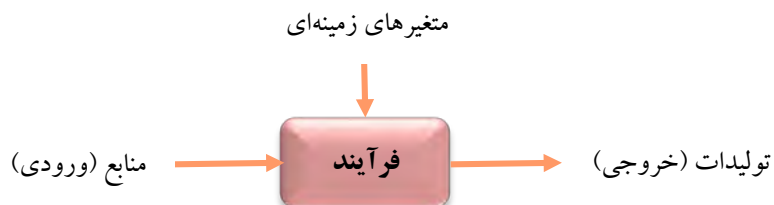
(2020) در ادامه کار Banker and Natarajan (2008) و Demerjian et al. (2012) نشان دادند که باقی مانده های حاصل از رگرسیون میان لگاریتم کارایی و متغیرهای زمینه ای مقدار خوبی برای توان مدیریتی می باشد. به تازگی (Banker et al. (2022) صنعت بیمه ایران و هند را از نظر توان مدیریتی مورد مطالعه و بررسی قرار دادند.

با توجه به پیشینه پژوهش مشاهده می شود که در عمده مطالعات، بخش های سه گانه صنعت برق به صورت یکپارچه در نظر گرفته شده و با استفاده از تحلیل پوششی داده های شبکه ای به ارزیابی آن پرداخته شده است. مطالعاتی هم که تنها محدود به یکی از بخش ها شده است متمرکز بر بخش های تولید و توزیع بوده و به عملکرد بخش انتقال توجهی نشده است. هم چنین در هیچ یک از مطالعات، توان مدیریتی هیچ یک از بخش های سه گانه مورد بررسی قرار نگرفته است. از این رو، شکاف تحقیقاتی فوق انگیزه ای برای ارائه تحقیق حاضر را فراهم نمود.

#### ارزیابی عملکرد واحدهای تصمیم گیرنده با حضور متغیرهای زمینه ای

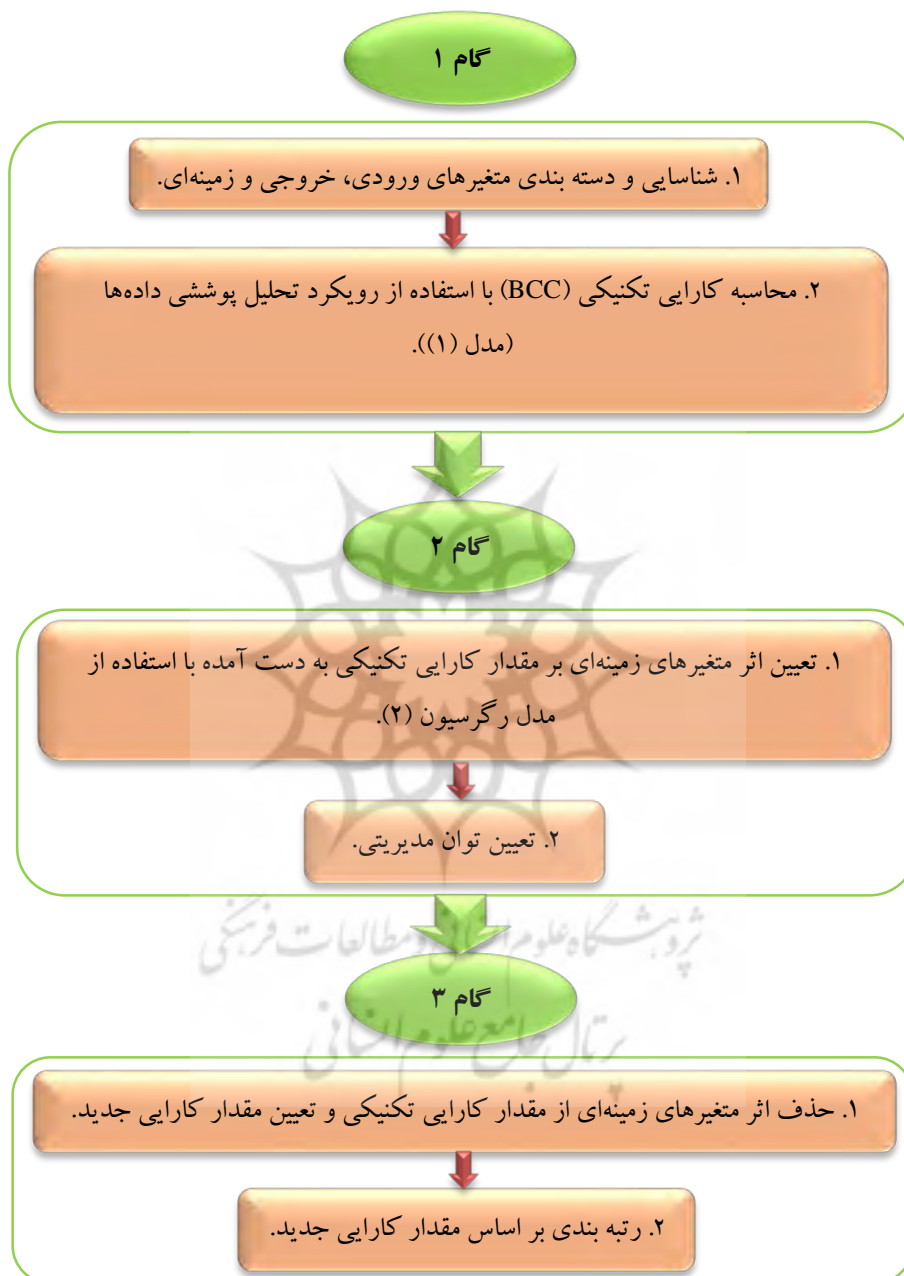
همان طور که می دانیم ارزیابی عملکرد هر فرآیند بر اساس منابع و تولیدات آن صورت می گیرد. این در حالی است که عوامل دیگری چون متغیرهای زمینه ای، تلاش و مهارت مدیر و موارد مشابه نیز می توانند بر عملکرد یک فرآیند تأثیرگذار باشند (شکل ۱). از این رو شناسایی چنین متغیرهایی و تعیین میزان اثر آنها بر عملکرد فرآیند می تواند کمک شایانی به شناخت نقاط قوت و ضعف آن از دیدگاه های مختلف نماید و سبب افزایش دقت در ارزیابی عملکرد شود. در حقیقت با تعیین میزان اثر چنین شاخص هایی بر کارایی که قابل مشاهده نیستند می توان عملکرد هر واحد را به درستی ارزیابی نمود به گونه ای 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 قابل مشاهده است.

شکل ۲. الگوریتم روش پیشنهادی





تشریح مراحل الگوریتم فوق در گام‌های ذیل به تفصیل بیان می‌گردد.

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

فرض کنید  $J$  واحد تصمیم‌گیرنده  $DMU_j (j = 1, \dots, J)$  شامل بردارهای ورودی  $x_j = (x_{1j}, \dots, x_{Ij}) \geq 0$ ، خروجی  $y_j = (y_{1j}, \dots, y_{Rj}) \geq 0$  و بردار متغیرهای زمینه‌ای  $z_j = (z_{1j}, \dots, z_{Sj})$  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، تحذب و کمینه برونمایی تحت بازده به مقیاس متغیر توسط Banker et al. (1984) به صورت 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 معرفی شده مدل کارایی سنجی برای ارزیابی واحد تحت ارزیابی  $DMU_o$  به فرم زیر ارائه گردید:

$$\varphi_o^* = \text{Max } \varphi_o$$

s.t.

$$\sum_{j=1}^J \lambda_j x_{ij} \leq x_{io}, \quad i = 1, \dots, I,$$

$$\sum_{j=1}^J \lambda_j y_{rj} \geq \varphi_o y_{ro}, \quad r = 1, \dots, R, \quad (1)$$

$$\sum_{j=1}^J \lambda_j = 1,$$

$$\lambda_j \geq 0, \quad j = 1, \dots, J.$$

مدل کارایی سنجی فوق یک مدل شعاعی خروجی - محور است به طوری که مقدار هدف آن دارای کران پایین یک می باشد  $(\varphi_o^* \geq 1)$ . به ازای هر  $j$  متغیر مربوط به واحد مجازی ترکیبی می باشد که مقدار نامنفی دارد.

تعریف ۱- واحد تحت ارزیابی  $DMU_o$  کارا نامیده می شود اگر و تنها اگر مقدار هدف مدل (۱) برابر با یک باشد  $(\varphi_o^* = 1)$  در غیر این صورت واحد مورد نظر ناکارا خوانده می شود.

### گام دوم: تعیین اثر متغیرهای زمینه‌ای و توان مدیریتی

همان طور که پیش تر نیز بیان شد متغیرهای زمینه‌ای در مجموعه امکان تولید حضور ندارند اما بر روی عملکرد واحدهای تصمیم گیرنده تأثیرگذار هستند. از این رو تعیین میزان اثر آنها بر عملکرد واحدهای تصمیم گیرنده بسیار حائز اهمیت می باشد. 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 تصمیم گیرنده  $DMU_o$  استفاده می شود:

$$\text{Log}(\varphi_o^*) = \beta + \sum_{s=1}^S \beta_s z_{so} + \varepsilon_o \quad (2)$$

در رابطه فوق،  $\text{Log}(\varphi_o^*)$  لگاریتم در مبنای ده مقدار کارایی تکنیکی BCC واحد تحت ارزیابی  $DMU_o$  می باشد.  $z_{so} : s = 1, \dots, S$  ها متغیرهای زمینه‌ای و پارامتر  $\beta_s : s = 1, \dots, S$  نیز تخمینی از میزان تأثیرگذاری متغیر زمینه‌ای  $s$  ام بر مقدار کارایی (  $\varphi_o^*$  ) می باشد. مثبت بودن ضرایب  $\beta_s$  حاکی از این مطلب است که متغیر زمینه‌ای مورد نظر با مقدار کارایی ارتباط مستقیم داشته و مقدار منفی نیز ارتباط معکوس میان آنها را نشان می دهد. هم چنین رابطه فوق در بردارنده این مفهوم است که یک واحد تغییر در متغیر زمینه‌ای  $s$  ام به میزان  $(e^{\beta_s} - 1) \times 100$  تغییر در مقدار کارایی ایجاد می نماید. در مدل رگرسیون

ارزیابی کارایی و تحلیل توان مدیریتی بخش انتقال برق ...؛ نعمتی‌زاده و همکاران | ۱۰۷

فوق، متغیر زمینه‌ای و مقدار کارایی به ترتیب متغیرهای مستقل و وابسته در نظر گرفته شده‌اند. مقدار باقی‌مانده حاصل از رگرسیون ( $\epsilon_0$ ) نیز معیار مناسبی برای اندازه توان مدیریتی می‌باشد (Banker and Park (2020)).

### گام سوم: رتبه‌بندی

پس از اینکه لگاریتم مقدار کارایی به دست آمده از گام نخست بر متغیرهای زمینه‌ای در گام دوم رگرسیون شد باقی‌مانده‌های به دست آمده از مقادیر کارایی حاصل از مدل (۱) حذف می‌شوند. مقادیر به دست آمده 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. از این رو 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 به صورت 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.

-تحويل انرژی به شرکت‌های توزیع (میلیون کیلووات ساعت): میزان انرژی‌ای که به شرکت‌های توزیع تحويل 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 نصب شده 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 قابل مشاهده 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	تحويل انرژی به شرکت‌های توزیع	طول خطوط	ظرفیت ترانسفورماتور	تلفات
۱۳۹۰	مینیم	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
	ماکزیم	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
-	مینیم	338	298.20	55.00	2354.58	2080.00	4958.00	1.93

ارزیابی کارایی و تحلیل توان مدیریتی بخش انتقال برق ...؛ نعمتی‌زاده و همکاران | ۱۰۹

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

سال	شاخص های آماری	تعداد کارکنان	دریافت انرژی از شرکت های هم جوار	ارسال انرژی به شرکت های هم جوار	تحويل انرژی به شرکت های 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 شاخص های موجود در جدول ۱، کارایی تکنیکی (BCC) و قیاسی (SE) ۱۴۴ شرکت برق منطقه ای طی ۹ دوره زمانی (۱۳۹۰-۱۳۹۸) تحت فرا-مرز تعیین گردید که

ارزیابی کارایی و تحلیل توان مدیریتی بخش انتقال برق...؛ نعمتی‌زاده و همکاران | ۱۱۱

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

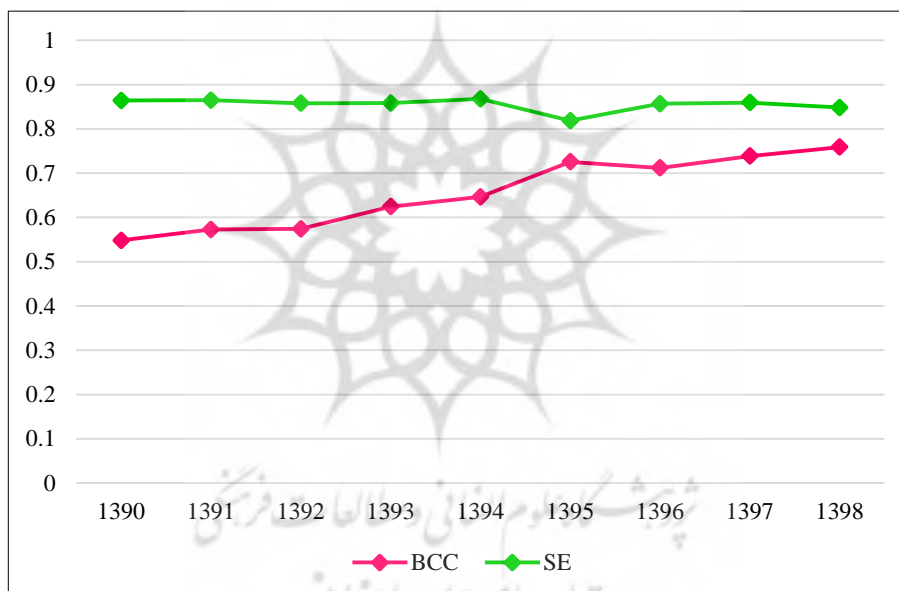
جدول ۲. خلاصه آماری نتایج حاصل از کارایی تکنیکی (BCC) و قیاسی (SE)

مدل	شاخص آماری	۱۳۹۰	۱۳۹۱	۱۳۹۲	۱۳۹۳	۱۳۹۴	۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۷	۱۳۹۸
BCC	مینیم	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	مینیم	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 به‌طور کلی یک روند افزایشی و رو به رشد را برای عملکرد شرکت‌ها طی ۹ دوره زمانی نشان می‌دهد. در حقیقت هر چه مقدار متوسط کارایی به دست آمده مقدراری 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 به طوری که 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 به خوبی قابل مشاهده 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 به خوبی مشهود است. هم‌چنین در شکل ۳ مشاهده می‌شود که اختلاف متوسط کارایی تکنیکی و



ارزیابی کارایی و تحلیل توان مدیریتی بخش انتقال برق ...؛ نعمتی‌زاده و همکاران | ۱۱۳

قیاسی طی سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۵ زیاد و پس از سال ۱۳۹۵ کاهش یافته است. در واقع 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 قابل مشاهده 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 هر چه این مقدار کمتر باشد نشان از عملکرد ضعیف مدیر دارد. به‌طور کلی 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. به‌عنوان مثال 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

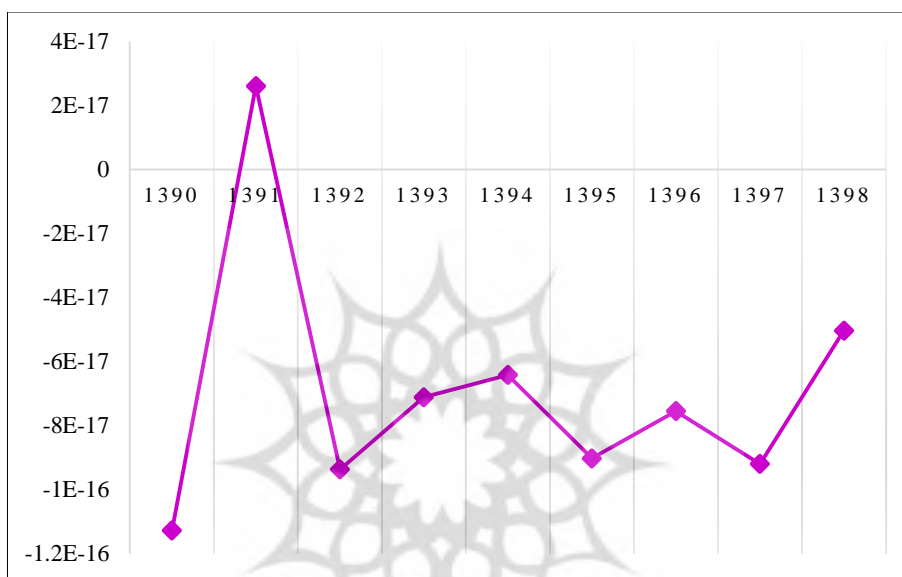
ارزیابی کارایی و تحلیل توان مدیریتی بخش انتقال برق ...؛ نعمتی‌زاده و همکاران | ۱۱۵

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 به دست آمده برای متوسط توان مدیریتی طی ۹ دوره در سطر آخر جدول ۳ و شکل ۴ نشان می‌دهد که عملکرد مدیران به ترتیب در سال‌های ۱۳۹۰ و ۱۳۹۱ 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 به خوبی بیانگر افت و خیزهای 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 قابل مشاهده می‌باشد.

جدول ۴. نتایج رگرسیون لگاریتم کارایی بر روی متغیرهای زمینه‌ای

	ضرایب	خطای استاندارد	t- Stat	P-value
$\beta_0$	-0.155208	0.071413	-2.173391	0.031535
$\beta_1$	0.000019	0.000004	4.291082	0.000034
$\beta_2$	0.000004	0.000001	3.959608	0.000122
$\beta_3$	-0.127482	0.022485	-5.669736	0.000000
$\beta_4$	-0.014577	0.047519	-0.306753	0.759515
$\beta_5$	0.000000	0.000000	65535	-

	ضرایب	خطای استاندارد	t- Stat	P-value
$\beta_{\epsilon}$	-0.014014	0.047544	-0.294766	-
$\beta_{\nu}$	-0.007208	0.048233	-0.149450	0.881426
$\beta_{\lambda}$	-0.015927	0.048739	-0.326788	0.744346
$\beta_{\eta}$	0.035899	0.048688	0.737314	0.462240
$\beta_{\delta}$	0.022412	0.048574	0.461402	0.645270
$\beta_{\gamma_1}$	0.025470	0.048749	0.522478	0.602213
$\beta_{\gamma_2}$	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،  $\beta_1$ ،  $\beta_2$  و  $\beta_3$  به ترتیب نمایانگر ضرایب متغیرهای زمینه‌ای طول خطوط، ظرفیت ترانسفورماتور و تلفات و همچنین  $\beta_4$  تا  $\beta_{12}$  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. به‌عنوان مثال ضریب متغیر زمینه‌ای طول خطوط با مقدار  $1/9 \times 10^{-5}$  به این معناست که با افزایش یک واحد از این متغیر مقدار کارایی به میزان  $100 \times (e^{1/9 \times 10^{-5}} - 1) = 1/9 \times 10^{-3}$  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  $0/127482$  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  $11/96$  درصدی مقدار کارایی می‌شود.

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

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

جدول ۵. نتایج رتبه‌بندی تحت فرا-مرز

رتبه	میانگین	رتبه	۱۳۹۸	رتبه	۱۳۹۷	رتبه	۱۳۹۶	رتبه	۱۳۹۵	رتبه	۱۳۹۴	رتبه	۱۳۹۳	رتبه	۱۳۹۲	رتبه	۱۳۹۱	رتبه	۱۳۹۰	شهرت برق منطقه‌ای
۸	0.6056	۸	0.7237	۹	0.6662	۹	0.6655	۱۰	0.6593	۱۰	0.5607	۸	0.5685	۶	0.5383	۷	0.5320	۶	0.5364	آذربایجان
۴	0.7864	۵	0.9400	۴	0.8957	۴	0.8333	۵	0.8151	۴	0.7620	۴	0.7232	۴	0.7204	۴	0.7193	۳	0.6690	اصفهان
۶	0.7060	۶	0.8499	۶	0.8825	۶	0.8040	۶	0.7486	۶	0.6813	۵	0.6804	۸	0.5261	۵	0.5649	۵	0.6168	باختر
۱	0.9823	۲	1.0239	۲	1.0475	۲	1.0090	۲	1.0327	۱	0.9764	۲	0.9760	۲	0.9395	۱	0.9319	۱	0.9037	تهران
۳	0.8900	۳	0.9870	۳	0.9348	۳	0.9022	۳	0.9135	۳	0.8505	۳	0.8723	۳	0.8387	۲	0.8529	۲	0.8581	خراسان
۵	0.7104	۴	0.9860	۶	0.8750	۴	0.8317	۴	0.8369	۷	0.6340	۷	0.6151	۵	0.5499	۶	0.5529	۸	0.5120	خوزستان
۱۵	0.5019	۱۴	0.5533	۱۴	0.5497	۱۴	0.5412	۱۴	0.5628	۱۵	0.4820	۱۵	0.4741	۱۴	0.4426	۱۴	0.4406	۱۱	0.4704	زنجان

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 قابل توجه 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 قابل مشاهده است که شرکت‌های برق منطقه‌ای تهران، فارس و سیستان به ترتیب رتبه‌های ۱، ۲ و ۱۶ را کسب نموده‌اند. حال آنکه 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 به طوری که رشد آن منجر به توسعه و پیشرفت اقتصادی کشور شده و در نتیجه رفاه و آسایش را برای مردم فراهم می‌سازد. صنعت برق متشکل از سه بخش تولید، انتقال و توزیع است که هر کدام از این سه بخش به نوبه خود از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند. از این رو، ارزیابی عملکرد صنعت برق مورد توجه محققین قرار گرفت. نکته قابل توجه این است که پیشینه پژوهش‌های صنعت برق بیشتر معطوف به بررسی عملکرد بخش‌های سه‌گانه صنعت برق ایران به صورت یکپارچه بوده است و مطالعات دیگر نیز تنها محدود به بررسی عملکرد بخش‌های تولید و توزیع شده است. با توجه به این که از میان سه بخش این صنعت، بخش انتقال یک بخش میانی و مهم می‌باشد که طی سال‌های گذشته نسبت به دو بخش دیگر کمتر مورد تحقیق و بررسی قرار گرفته است از این رو، 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. علاوه بر این 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



ارزیابی کارایی و تحلیل توان مدیریتی بخش انتقال برق...؛ نعمتی‌زاده و همکاران | ۱۲۱

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 به‌دست آمده 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 به‌طور کلی 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، در حالی که 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 در حالی که 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		<a href="http://orcid.org/0009-0004-8673-7915">http://orcid.org/0009-0004-8673-7915</a>
Alireza Amirteimoori		<a href="http://orcid.org/0000-0003-4160-8509">http://orcid.org/0000-0003-4160-8509</a>
Sohrab Kordrostami		<a href="http://orcid.org/0000-0003-0081-8008">http://orcid.org/0000-0003-0081-8008</a>
Leila Khoshandam		<a href="http://orcid.org/0000-0003-0898-6647">http://orcid.org/0000-0003-0898-6647</a>

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی  
پرتال جامع علوم انسانی

## 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، امیر تیموری، 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 غیرقابل کنترل در اندازه‌گیری کارایی شرکت‌های برق منطقه‌ای ایران. *کیفیت و بهره‌وری در صنعت برق ایران*، ۱(۱)، ۶۳-۵۷.
۴. خسروی، محمدرضا، و شاهرودی، کامبیز. (۱۳۹۳). کاربرد مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای در سنجش کارایی بخش انتقال نیروی صنعت برق ایران. *مدیریت صنعتی*، ۶(۲)، ۲۸۲-۲۶۳.
۵. خسروی، محمدرضا، شاهرودی، کامبیز، امیر تیموری، علیرضا و دل افروز، نرگس. (۲۰۲۱). ارائه مدلی تلفیقی از دوسوتوانی سازمانی و تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای به منظور ارزیابی کارایی شرکت‌های برق منطقه‌ای ایران. *نشریه علمی-پژوهشی کیفیت و بهره‌وری صنعت برق ایران*، ۱۰(۳)، ۶۲-۷۴.
۶. خسروی، محمدرضا، شاهرودی، کامبیز، امیر تیموری، علیرضا، و دل افروز، نرگس. (۱۴۰۱). طراحی مدل تحلیلی-ریاضی به منظور سنجش کارایی زنجیره تولید، انتقال و توزیع صنعت برق ایران: رویکرد تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای با خروجی نامطلوب. *مدیریت صنعتی*، ۱۴(۲)، ۲۴۹-۲۲۰.
۷. فلاحی، محمدعلی و احمدی، وحیده. (۱۳۸۴). ارزیابی کارایی شرکت‌های توزیع برق در ایران. *تحقیقات اقتصادی*، ۷۱(۷۱)، ۲۹۷-۳۲۰.
۸. رادسر، مصطفی، کاظمی، عالیه، مهرگان، محمدرضا، رضوی و حاجی آقا، سیدحسین. (۱۴۰۰). طراحی یک الگوریتم بر پایه تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای با شاخص‌های خوب و بد

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. Sarica, 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. *iejqp*, 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]

ارزیابی کارایی و تحلیل توان مدیریتی بخش انتقال برق ...؛ نعمتی زاده و همکاران | ۱۲۷

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، امیر تیموری، علیرضا، کردرستمی، سهراب، خوش اندام، لایلا. (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.