Industrial Economics Researches Open Access

Winter (2024) 8(30): 1-14
DOI: 10.30473/jier.2025.74468.1495

ORIGINAL ARTICLE

Cost Efficiency Assessment of Electricity Distribution Companies in Western Iran (Stochastic Frontier Analysis Approach)

Abdolreza Korani[1*], Ali Falahtii[2]

1. PhD student in Economics, Razi University, Kermanshah, Iran, Head of Customer Service Department, Kermanshah Electricity Distribution Company.
2. Associate Professor, Department of Economics, Razi University, Kermanshah, Iran.

Corresponding Author:
Abdolreza Korani
Email:
abdolreza_korani@yahoo.com

Received: 03 May 2025
Accepted: 16 Jun 2025

How to cite
Korani, A. & Falahatii A. (2024). Cost Efficiency Assessment of Electricity Distribution Companies in Western Iran (Stochastic Frontier Analysis Approach). Industrial Economics Researches, 8(30), 1-14. (DOI: 10.30473/jier.2025.74468.1495)

ABSTRACT

This study examines the cost function and cost efficiency of electricity distribution companies in Kermanshah Province within the framework of Stochastic Frontier Analysis (SFA) using the maximum likelihood method. The central objective of this research is to measure the cost inefficiency coefficient. For this purpose, panel data from 19 electricity distribution companies in Kermanshah Province from 2017 to 2021 were used. The findings indicate that the Harsin Electricity Distribution Company, with a cost efficiency of 63%, ranked first among the 19 companies, while the Eslamabad-e Gharb Electricity Distribution Company ranked last. The low cost efficiency of the latter suggests a significant deviation from the efficient frontier. Additionally, the result of cost efficiency estimation reveal that the overall cost efficiency of the electricity distribution industry in Kermanshah Province is relatively low. The general performance and ranking of the companies have remained relatively stable, indicating no significant improvement in cost efficiency or performance among the 19 electricity distribution companies during the study period.

KEYWORDS

Cost efficiency, stochastic frontier analysis, electricity distribution.

JEL Classification: L43

Copyright © 2024 The Authors. Published by Payame Noor University.
This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Non-commercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.

پژوهش‌های اقتصاد صنعتی

سال هشتم، شماره سی‌ام، زمستان ۱۴۰۳ (۱۴-۱)
DOI: 10.30473/jier.2025.74468.1495

«مقاله پژوهشی»

ارزیابی کارایی هزینه شرکت‌های توزیع برق در غرب ایران (رویکرد تحلیل مرز تصادفی)

عبدالرضا کرانی[1*]، علی فلاحتی[2]

۱. دانشجوی دکتری اقتصاد دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران. رییس اداره خدمات مشترکین توزیع برق کرمانشاه.
۲. دانشیار اقتصاد، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.

نویسنده مسئول:
عبدالرضا کرانی
رایانامه:
abdolreza_korani@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۲/۱۳
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۳/۲۶

چکیده

این مطالعه به بررسی تابع هزینه و کارایی هزینه شرکت‌های توزیع برق استان کرمانشاه در چارچوب الگوی تحلیل مرز تصادفی (SFA)، با استفاده از روش حداکثر درستنمایی، می‌پردازد. هدف محوری این مطالعه سنجش ضریب ناکارایی هزینه است. برای این منظور از داده‌های تلفیقی ۱۹ امور برق استان کرمانشاه طی سال‌های ۱۳۹۶ تا ۱۴۰۰ استفاده شده است. یافته‌های مطالعه موید آن است که امور توزیع برق شهرستان هرسین با ۶۳ درصد کارایی هزینه رتبه اول را در بین این ۱۹ شرکت (امور برق) به خود اختصاص داده است، در مقابل، امور برق شهرستان اسلام‌آباد، رتبه آخر را کسب نموده است. کارایی هزینه پایین برای این امور، حاکی از دور بودن فاصله این شرکت از مرز کارا است. همچنین نتایج حاصل از برآورد کارایی هزینه، نشان‌دهنده‌ی پایین بودن کارایی هزینه‌ای کل صنعت توزیع برق استان است به طوری که عملکرد کلی کارایی و رتبه‌بندی شهرستان‌ها دارای ثبات نسبی بوده است، به عبارتی می‌توان نتیجه گرفت که طی سال‌های مورد مطالعه تحول قابل توجهی در کارایی و عملکرد هزینه‌ای شرکت‌های توزیع برق (۱۹ امور برق) استان رخ نداده است.

واژه‌های کلیدی
کارایی هزینه، تحلیل مرز تصادفی، توزیع برق.

طبقه‌بندی Jel: L43

استناد به این مقاله:
کرانی، عبدالرضا و فلاحتی، علی (۱۴۰۳). ارزیابی کارایی هزینه شرکت‌های توزیع برق در غرب ایران (رویکرد تحلیل مرز تصادفی). پژوهش‌های اقتصاد صنعتی، ۸(۳۰)، ۱۴-۱. (DOI:10.30473/jier.2025.74468.1495)

حق انتشار این مستند، متعلق به نویسندگان آن است. ۱۴۰۳ ©. ناشر این مقاله، دانشگاه پیام نور است.
این مقاله تحت گواهی زیر منتشرشده و هر نوع استفاده غیرتجاری از آن مشروط بر استناد صحیح به مقاله و با رعایت شرایط مندرج در آدرس زیر مجاز است.
Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

۱. مقدمه

انرژی و به ویژه نهاده برق در کنار سایر نهاده‌های تولید مانند سرمایه و نیروی کار به لحاظ نقش و اهمیت ویژه‌ای که در ایجاد زمینه برای رشد و توسعه سایر بخش‌های اقتصادی دارد از عوامل اساسی رشد و توسعه اقتصادی محسوب می‌شود. با بررسی مختصات بخش توزیع صنعت برق کشور مشاهده می‌شود که در بیشتر مقاطع زمانی، به دلیل اقتصاد غیربازاری صنعت برق ایران و تلقی از برق به عنوان کالای عمومی و خدمت دولتی، این بخش به صورت مستقیم و غیرمستقیم تحت چتر حمایتی دولت‌ها قرار داشته است، به گونه‌ای که طی دهه‌های اخیر دولت‌ها همواره با هزینه‌های مستقیم و غیرمستقیم به بخش تولید و اعطای یارانه‌های کلان به بخش مصرف، سعی در حفظ و ارتقای جایگاه صنعت برق داشته‌اند. با لحاظ اینکه در کشورهای توسعه‌نیافته عمده منابع اولیه تولید انرژی الکتریکی (سوخت نیروگاه‌ها)، سوختیهای فسیلی و مواد نفتی است و جهت‌گیری و نگاه کلی به برق به عنوان یک کالای اقتصادی رو به افزایش است و همچنین طی سالیان اخیر ارزش واقعی فروش برق نسبت به هزینه تمام شده آن سال به سال رو به کاهش بوده است و این صنعت با کمبود شدید منابع مالی مواجه شده است، همواره بهبود کارایی و بهره‌وری می‌بایست از برنامه‌های اصلی صنعت برق باشد. تاریخ اخیر صنعت تولید برق در بسیاری از کشورها با خصوصی‌سازی، مقررات‌زدایی و آزادسازی مشخص شده است. با توجه به موج آزادسازی و مقررات‌زدایی در صنعت برق در اکثر کشورهای جهان، عمده شرکت‌های تولید برق اکنون از نظر فنی برای فروش برق در بازار آزاد و مقررات‌زدایی شده با یکدیگر رقابت می‌کنند. انتخاب این سیاست همراه با تجدید ساختار افقی با افزایش تعداد تولیدکنندگان رقیب همراه شده است تا قدرت بازار را کاهش داده و اطمینان حاصل شود که بازارهای عمده فروشی به طور منطقی رقابتی هستند. منظور از خصوصی‌سازی، تبدیل شرکت‌های دولتی یا عمومی به شرکت‌های تاسیساتی متعلق به سرمایه‌گذاران است. منظور از مقررات زدایی، تصمیم دولت برای عقب نشینی از تعیین روزانه قیمت گذاری و تصمیمات سرمایه گذاری است. به بیان دیگر منظور ما از آزادسازی، باز کردن بازار به روی شرکت‌های جدید و اجازه شرکت‌های فعلی برای انشعاب به شرکت‌های رقیب یا ادغام یا حتی خروج از صنعت است. (ویکتور اجی و جان[1]، ۲۰۱۷)

با توجه به گستردگی شبکه توزیع برق و ارتباط نزدیک با مصرف‌کنندگان نهایی، ارزیابی عملکرد و سنجش کارایی شرکت‌های توزیع برق به منظور بهبود وضعیت موجود امری ضروری به نظر می‌رسد (کرانی، ویسی، ۱۳۹۵). چرا که چگونگی عملکرد شرکت‌های توزیع برق اثرات اقتصادی فراوانی را بر مشترکین، شرکت‌های توزیع و دولت دارد.

به طور کلی برای سنجش کارایی واحدهای اقتصادی دو روش پارامتری (اقتصادسنجی) و ناپارامتری (برنامه‌ریزی خطی) از سوی محققان ارائه شده است. هدف محوری این مطالعه سنجش ضریب ناکارایی هزینه در ۱۹ امور برق استان است. تجزیه و تحلیل ساختار هزینه تولید برق و بهره‌وری در درک رفتار بازیگران صنعت برق ضروری است. الکتریسیته یک کالای غیرقابل ذخیره است که در آن نیاز به تعادل توان تولید شده و مصرف‌شده در شبکه برق براساس ثانیه به ثانیه دارد (ویکتور اجی، ۲۰۱۷). همان‌طور که با پارادایم ساختار-رفتار-عملکرد (SCP[2]) نظریه اقتصادی نئوکلاسیک سازمان صنعتی بیان شده است، ساختار بازار یک عامل تعیین‌کننده اساسی برای رفتار شرکت‌ها در آن و عملکرد نهایی آنها است. بنابراین، با تأثیرگذاری بر ساختارهای بازار، می‌توان بر عملکرد یک صنعت تأثیر گذاشت، به ویژه در بخش برق، ادعا شده که ناکارآمدی‌های مشاهده شده قبل از آزادسازی این بخش، پیامد ساختارهای انحصاری حاکم بر بازار است. متعاقباً، با ریشه‌کن کردن این قدرت‌های انحصاری بازار به نفع رقابت بیشتر، شرکت‌ها برای کنترل هزینه‌ها (و قیمت‌ها) و بهبود کیفیت خدمات خود تشویق می‌شوند. بنابراین، ایجاد بازارهای رقابتی برق یکی از مؤلفه‌های حیاتی اصلاحات بخش برق، به‌ویژه در راستای کارایی هزینه، بهبود کیفیت خدمات و کاهش قیمت‌ها بوده است (آسانتوا[3]، ۲۰۲۳)

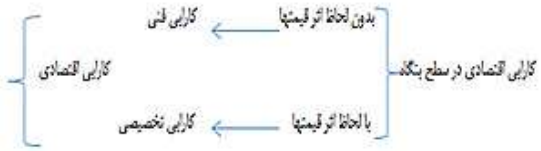
در مطالعه حاضر به منظور ارزیابی کارایی هزینه شرکت‌های توزیع برق، از داده‌های تلفیقی ۱۹ امور برق استان طی سال‌های ۱۳۹۶ تا ۱۴۰۰ استفاده شده است. در این مطالعه با استفاده از روش تحلیل مرز تصادفی که مبنای اقتصاد خرد دارد (اقتصادسنجی) تابع هزینه ترانسلوگ شرکت‌های توزیع برق برآورد شده و سپس با کاربرد مبانی نظری رویکرد مرز تصادفی، کارایی هزینه شرکت‌های توزیع برق استان کرمانشاه مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. در این مطالعه پس از بیان مقدمه، در بخش دوم ادبیات و پیشینه موضوع، سپس

1. Victor Ajayi, Thomas Weyman-Jones
2. Sturucture, Conduct, Performance
3. Adwoa Asantewaa, Tooraj Jamasb, Manuel Llorca

مبانی نظری کارایی و مدل مرز تصادفی مطرح می‌گردد، در بخش پایانی نتایج ارزیابی کارایی و تابع هزینه و توصیه‌های سیاستی بیان می‌شود.

۲. ادبیات و پیشینه موضوع

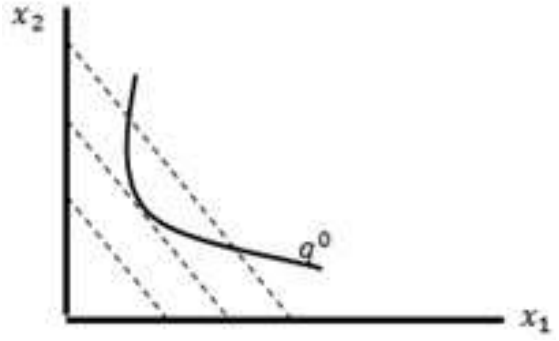
به لحاظ نظری، کارایی[1] در سطح بنگاه، نتیجه بهینه‌سازی تولید و تخصیص بهینه منابع می‌باشد (شفیعی، ۱۳۸۸). به طور کلی می‌توان بهره‌وری بنگاه یا واحد تولیدی، خدماتی را با نسبت ستانده‌ها به نهاده‌ها مورد سنجش قرار داد.



شکل ۱. انواع کارایی
ماخذ: رزا نژاد و یوسفی (۱۳۹۰)

براساس ادبیات کارایی و بهره‌وری، کارایی بنگاه اقتصادی به دو جزء کلی کارایی فنی[2] و کارایی تخصیصی[3] تقسیم می‌شود. کارایی فنی توانایی هر بنگاه را در کسب حداکثر محصول از مقادیر مشخص نهاده‌ها و یا استفاده از حداقل نهاده‌ها برای دستیابی به میزان معین ستاده را نشان می‌دهد، با سنجش درجه کارایی فنی می‌توان به مقایسه‌ی نهاده–ستاده‌ی مشاهده شده و مقدار قابل دستیابی با توجه به فناوری موجود پرداخت. بنابه تعریف تمامی نقاط واقع در منحنی q^0 در شکل (۲) به لحاظ فنی کارا هستند، اما عامل تعیین‌کننده‌ی نقطه‌ی عمل بنگاه در طول این منحنی کمترین هزینه ممکن (قیمت نهاده‌ها)، است. در واقع بنگاه به دنبال انتخاب ترکیب بهینه نهاده هم به لحاظ فنی و هم به لحاظ قیمتی است. پس می‌توان بیان داشت که کارایی تخصیصی توانایی بنگاه در استفاده از نهادها با قیمت‌های مشخص است.

با درنظر گرفتن کارایی فنی و کارایی تخصیصی به طور همزمان می‌توان کارایی اقتصادی[4] را تعریف کرد، کارایی اقتصادی به وضعیتی اطلاق می‌شود که در آن بنگاه هم از نظر فنی و هم از نظر تخصیصی (قیمتی) در وضعیتی بهینه باشد. در واقع می‌توان بیان کرد که کارایی اقتصادی ترکیبی از کارایی فنی و تخصیصی بوده و بیانگر درجه موفقیت بنگاه در حداقل کردن هزینه تولید سطح معینی ستاده است. بنابه عقیده فارل، بهره‌برداری زمانی از نظر اقتصادی کاراست که با عمل روی تابع تولید مرزی و انتخاب ترکیب بهینه عوامل تولید، موجب حداکثر شدن سود و در نتیجه تامین کارایی اقتصادی شود. این امر جایی محقق می‌شود که منحنی q^0 بر خط هزینه یکسان C^0 مماس گردد.



شکل ۲. بیان نموداری کارایی
ماخذ: امامی میبدی (۱۳۹۰)

به طور کلی برای سنجش کارایی واحدهای اقتصادی دو روش پارامتری (اقتصادسنجی) و ناپارامتری (برنامه‌ریزی ریاضی) از سوی محققان ارائه شده است. در روش‌های پارامتری ابتدا یک تابع (مانند سود، هزینه، تولید و ...) و برای واحدها تصریح می‌شود. متعارف‌ترین تابع تصریح شده، تابع تولید و به دنبال آن تابع هزینه می‌باشد سپس با استفاده از مدل‌های آماری و اقتصادسنجی اقدام به تخمین این تابع می‌نمایند. پس از اجرای مدل و استخراج تابع مورد نظر، مقدار ستاده واقعی هر واحد در مقابل ستاده بهینه ناشی از تابع مرزی ملاک تصمیم‌گیری برای ارزیابی کارایی خواهد بود. در روش‌های ناپارامتری، با استفاده از عملکرد واحدها و استخراج شاخص‌ها کارایی واحدها ارزیابی می‌گردد. متداول‌ترین روش‌های ناپارامتری ارزیابی کارایی، روش‌های مبتنی بر برنامه‌ریزی ریاضی می‌باشد که به طور مشخص می‌توان از تحلیل پوششی داده‌ها نام برد. در این روش ابتدا یک مدل برنامه‌ریزی خطی برای واحدها تدوین شده (با توجه به ورودی و خروجی هر واحد) سپس با حل این مدل برای هر یک از واحدها، کارایی آن واحد استخراج می‌شود (کرانی، ۱۳۹۷).

ویژگی تمام روش‌های متعارف برای ارزیابی کارایی در صنعت آن است که در ابتدا یک مرز کارا اندازه‌گیری می‌شود و سپس، سطوح کارایی بنگاه‌ها با این مرز برآورد شده، مقایسه می‌شود.

به طور کلی می‌توان طبقه‌بندی روش‌های ارزیابی و برآورد کارایی به دو صورت پارامتریک و ناپارامتریک را به صورت شکل (۳) نشان داد.

1. Efficiency
2. Technical Efficiency
3. Allocative Efficiency
4. Economic Efficiency

شکل ۳. روش‌های کلی اندازه گیری کارایی
ماخذ: شهیکی تاش (۱۳۹۳)

مطالعات اولیه در خصوص کارایی توسط میشل جیمز فارل[1] (۱۹۵۷)، انجام شد و به میزان توانایی یک بنگاه برای حداکثرسازی میزان تولید با توجه به منابع و عوامل مشخص شده تاکید داشت. پس از فارل دنیس آیگنر[2] (۱۹۷۷)، لاول[3] (۱۹۹۰)، تیم کولی[4] (۱۹۹۹) از دیگر پیشگامان مهمترین مطالعات در زمینه کارایی هستند. در ادامه به مهمترین مطالعات صورت‌گرفته در زمینه سنجش کارایی در صنعت برق پرداخته می‌شود. ویکتور اجی، ۲۰۱۷ و همکاران در مطالعه‌ای با عنوان کارایی هزینه و ساختار بازار برق، مطالعه موردی کشورهای OECD با کاربرد تابع هزینه کوتاه‌مدت فرم ترنسلوگ به بررسی و تجزیه و تحلیل کارایی هزینه تولید برق در کشورهای OECD با درنظر گرفتن ساختار بازار برق پرداختند. از داده‌های پانل ۲۵ کشور در دوره ۱۹۸۰ تا ۲۰۰۹ استفاده نموده، یافته‌های آن‌ها نشان می‌دهد که شاخص‌های نظارتی بازار برق تأثیر قابل‌توجهی بر هزینه دارد به طور خاص، مالکیت عمومی و ادغام عمودی تاثیرات فزاینده قابل توجه و قابل توجهی بر هزینه دارند. آسانتوا و همکاران، ۲۰۲۳ با تاکید بر پارادایم ساختار–رفتار–عملکرد[5] (SCP) بیان داشتند که ساختار بازار یک عامل تعیین‌کننده اساسی برای رفتار شرکت‌ها در آن و عملکرد نهایی آنها است. در مطالعه آن‌ها، ادعا شد که ناکارآمدی‌های مشاهده شده قبل از آزادسازی بخش برق، پیامد ساختارهای انحصاری حاکم بر بازار است. بنابراین، پیشنهاد دادند که با حذف قدرت‌های انحصاری بازار به نفع رقابت بیشتر، شرکت‌ها برای کنترل هزینه‌ها (و قیمت‌ها) و بهبود کیفیت خدمات خود تشویق می‌شوند. بنابراین، ایجاد بازارهای رقابتی برق یکی از مؤلفه‌های حیاتی اصلاحات بخش برق، به‌ویژه در راستای کارایی هزینه، بهبود کیفیت خدمات و کاهش قیمت‌ها بوده است. اندرو و همکاران (۲۰۲۰)، در مقاله‌ای با عنوان عوامل تعیین‌کننده کارایی مصرف در بخش خانگی، با تخمین درجه ناکارآمدی در استفاده از برق و عوامل تعیین‌کننده آن با استفاده از تجزیه و تحلیل مرز تصادفی و داده‌های تفکیک شده خانوار، یک تابع نیاز ناکارایی را در نمونه ای از ۲۰۰۰ خانوار آلمانی تخمین زد، نتایج نشان داد که میانگین ناکارآمدی برابر است حدود ۲۰ درصد که نشان‌دهنده پتانسیل قابل توجهی برای صرفه‌جویی در انرژی است. علاوه بر این، همچنین اندازه خانوار و درآمد یکی از عوامل اصلی تعیین‌کننده ناکارایی هزینه فردی است. از این اطلاعات می‌توان برای افزایش کارایی هزینه برنامه‌هایی با هدف افزایش بهره‌وری انرژی استفاده کرد. اوشنی ۱۳۹۷ در مطالعه‌ای با عنوان اندازه‌گیری کارایی شرکت‌های توزیع برق ایران در راستای تنظیم اقتصادی بازار برق ایران با کاربرد روش‌های تحلیل مرز تصادفی و تحلیل پوششی داده‌ها، اندازه‌گیری کارایی شرکت‌های توزیع برق ایران پرداخت که از مهمترین نتایج آن می‌توان به این اشاره کرد که در بازه زمانی مورد مطالعه اندازه کارایی در توزیع برق ایران بین ۶۷/. و ۹۲/. قرار داشته است. رجبی ۲۰۱۱ در مقاله‌ای با عنوان اندازه‌گیری کارایی هزینه شرکت‌های توزیع نیروی برق ایران با روش SFA پرداخت و در این راستا به این نتیجه رسید که میانگین مقادیر کارایی هزینه برآورد شده ۸۴ درصد می‌باشد که درجه کارایی در تخصیص هزینه را نشان می‌دهد. فلاحی ۱۳۸۵ در پژوهشی با عنوان ارزیابی کارایی هزینه شرکت‌های توزیع برق خراسان (نگرش مرز تصادفی) با رویکرد SFA نشان داد که رابطه منفی ضریب بار و تراکم مشترکین با هزینه شرکت‌های توزیع برق است و رابطه مثبت بین حجم الکتریسیته تحویلی و هزینه‌های شرکت توزیع، مقدار کارایی هزینه برآورد شده ۳/۹۸ است که درجه بالایی از ناکارایی در تخصیص هزینه را نشان می‌دهد. سخنور ۱۳۹۲ در مطالعه‌ای با عنوان تخمین توابع فاصله نهاده مرزی و فرامرزی تصادفی برای شرکت‌های توزیع برق ایران و تعیین عوامل موثر بر کارایی با روش تابع فاصله نهاده ترانسلوگ مرزی تصادفی به این نتیجه رسید که در بلندمدت، بازدهی صعودی نسبت به مقیاس وجود دارد و در کل خصوصی‌سازی اثر معنی‌داری برکارایی شرکت‌ها نداشته است. زرانژاد ۱۳۹۰ در پژوهشی با عنوان ارزیابی کارایی اقتصادی شرکت‌های توزیع برق ایران با روش تابع مرزی تصادفی به این نتیجه رسید که فرضیه صرفه‌های مقیاس دال بر کارایی فنی بیشتر شرکت‌های بزرگ‌تر تایید نمی‌شود. پورعبادالهان ۱۴۰۰ در مطالعه‌ای

1. Michael James Farrell
2. DennisAigner
3. Lovell
4. Tim Coelli
5. Structure–Conduct–Performance

با عنوان کارایی و مقیاس: شواهدی از شرکت‌های توزیع برق ایران با روش تحلیل مرز تصادفی و تابع فاصله نهاده به این نتیجه رسید که فرضیه صرفه‌های مقیاس دال بر کارایی فنی بیشتر شرکت‌های بزرگ‌تر تایید نمی‌شود.

کاربست هریک از روش‌های پارامتریک و یا ناپارامتریک برای ارزیابی کارایی صنایع مختلف به محیط اقتصادی آن صنعت خاص بستگی دارد. در روش پارامتریک برآورد و ارزیابی کارایی از مدل با جز تصادفی استفاده می‌شود، در مدل با جز تصادفی تفاوت بین عملکرد کارا و عملکرد واقعی نشان‌دهنده عدم کارایی است که بخشی از این عدم کارایی مربوط به ناکارایی فنی و بخشی دیگر مربوط به عوامل تصادفی است. در روش‌های پارامتری آماری علت تفاوت بین تولید (هزینه) واقعی و تولید (هزینه) مرزی توامان با عدم کارایی فنی و عوامل تصادفی تبیین می‌گردد بدین معنا که اگر بنگاهی کمتر از تولید مرزی عملکرد داشته باشد بخشی از آن به دلیل عدم کارایی فنی و بخش دیگر به دلیل عوامل تصادفی خواهد بود (امامی میبدی، ۱۳۹۰). اما در روش‌های ناپارامتریک از مدل غیرتصادفی استفاده می‌شود و فرض می‌شود اثرات تمام متغیرها بدون تورش قابل شناسایی و اندازه‌گیری است. عموما در صنایعی که عملکرد و کارایی هریک از بنگاه‌ها تحت تاثیر عوامل تصادفی مانند حوادث طبیعی و محیط اقتصادی است، استفاده از روش پارامتریک تابع مرز تصادفی می‌تواند نتایج بهتر و واقعی‌تری را ارائه نماید. لذا در این مطالعه با توجه به ویژگی‌ها و مزیت روش پارامتریک از رهیافت تابع مرز تصادفی (SFA) استفاده شده است.

جدول ۱. مهمترین مطالعات حوزه کارایی در صنعت برق کشور

محققان	عنوان پژوهش	روش مورد استفاده	مهمترین نتایج
اوشنی (۱۳۹۷)	اندازه‌گیری کارایی شرکت‌های توزیع برق ایران در راستای تنظیم اقتصادی بازار برق ایران	SFA, DAE	در بازه زمانی مورد مطالعه اندازه کارایی در توزیع برق ایران بین ۶۷/. و ۹۲/. قرار داشته است.
رجبی (۲۰۱۱)	اندازه‌گیری کارایی هزینه شرکت‌های توزیع نیروی برق ایران	SFA	میانگین مقادیر کارایی هزینه برآورد شده ۸۴/۷۴ درصد می‌باشد که درجه کارایی در تخصیص هزینه‌ها را نشان می‌دهد.
فلاحی (۱۳۸۵)	ارزیابی کارایی هزینه شرکت‌های توزیع برق خراسان (نگرش مرز تصادفی)	SFA	رابطه منفی ضریب بار و تراکم مشترکین با هزینه شرکت‌های توزیع برق، رابطه نثبت بین حجم الکتریسیته تحویلی و هزینه‌های شرکت توزیع، مقدار کارایی هزینه برآورد شده ۳/۹۸ که درجه بالایی از ناکارایی در تخصیص هزینه را نشان می‌دهد.
سخنور (۱۳۹۲)	تخمین توابع فاصله نهاده مرزی و فرامرزی تصادفی برای شرکت‌های توزیع برق ایران و تعیین عوامل موثر بر کارایی	تابع فاصله نهاده ترانسلوگ مرزی تصادفی	در بلندمدت، بازدهی صعودی نسبت به مقیاس وجود دارد. در کل خصوصی‌سازی اثر معنی‌داری برکارایی شرکت‌ها نداشته است.
رزاءنژاد (۱۳۹۰)	ارزیابی کارایی اقتصادی شرکت‌های توزیع برق ایران	تابع مرزی تصادفی	میانگین کارایی اقتصادی در قالب دو الگو به ترتیب ۱/۶۵ و ۱/۷۴ بوده و کارکنان تحصیل‌کرده و با سابقه بیشترین تاثیر بر کارایی را داشته‌اند.
پورعبادالهان (۱۴۰۰)	کارایی و مقیاس: شواهدی از شرکت‌های توزیع برق ایران	تحلیل مرز تصادفی و تابع فاصله نهاده	فرضیه صرفه‌های مقیاس دال بر کارایی فنی بیشتر شرکت‌های بزرگ‌تر تایید نمی‌شود.

ماخذ: پژوهش جاری

۳. مبانی نظری و معرفی مدل

ادبیاتی که مستقیماً بر توسعه تحلیل مرز تصادفی تأثیر گذاشت، ادبیات نظری در مورد کارایی تولید بود که در دهه ۱۹۵۰ با کار کوپمنز (۱۹۵۱)، دبرو (۱۹۵۱) و شفرد (۱۹۵۳) آغاز شد[1]. فارل (۱۹۵۷) اولین کسی بود که کارایی تولید را به صورت تجربی با الهام گرفتن از کار دبرو و کومپنز اندازه‌گیری کرد. فارل نشان داد که چگونه می‌توان کارایی هزینه را تعریف کرد و چگونه کارایی هزینه را به اجزای فنی و تخصیصی آن تجزیه کرد. در نهایت، تأثیر

1. Koopmans (1951), Debreu (1951), and Shephard (1953).

معنادار کار فارل بر آگنر و چو (۱۹۶۸)، سیتز (۱۹۷۱)، تیمر (۱۹۷۱)، آفریت (۱۹۷۲) و ریچموند (۱۹۷۴) بود که به توسعه مدل SFA منجر شد. بعدها اشمیت[1] (۱۹۷۶) نشان داد که برآوردگرهای کار آیگنر و چاو با روش حداکثر درستنمایی با خطاهای یکطرفه که به صورت نمایی یا نیمه‌نرمال توزیع شده‌اند سازگار هستند. بنابراین ارتباط ناکارایی با توزیع خطاهای یکطرفه خاص شناخته شد. با این حال شایان ذکر است که تنها منبع خطا در این مدل‌ها ناکارآمدی بود. آنها مدل‌های مرزی کاملاً قطعی بودند که فاقد یک جزء خطای تصادفی متقارن بودند.

تحلیل مرز تصادفی، از دو مقاله‌ای که تقریبا همزمان توسط دو گروه از پژوهشگران در دو قاره مختلف انجام شده، نشات گرفته است. مطالعه ی میسن، براک[2] سال ۱۹۷۷ (MB) و آیگنر، لاول و اشمیت[3] (ALS) در همان سال انجام شد. این مدل می‌تواند به صورت زیر بیان شود:

$$y = f(x;\ \beta).\exp\{v - u\} \qquad (1)$$

در رابطه(۱) y مقدار تولید، x بردار نهاده‌ها و β بردار پارامترهای تکنولوژی است. جز اول خطا $v \sim N(0.\sigma_v^2)$ که دارای توزیع نرمال است، نشان‌دهنده‌ی خطاهای آماری است. جز دوم خطا که $u > 0$ نشان‌دهنده اثرات ناشی از ناکارایی می‌باشد. بنابراین اگر $u = 0$ یا $u > 0$ باشد، آنگاه تولیدکننده بر روی مرز تصادفی تولید یا زیر آن عمل می‌کند و تابع مرز تصادفی به صورت $f(x;\ \beta).\exp\{v\}$ خواهد بود. در واقع رویکرد مرز تصادفی یک مدل خطای ترکیب را فرض می‌کند که بخشی از خطا مربوط به ناکارایی u و بخش دیگر مربوط به نوسانات تصادفی v است. میسن و براک در مطالعه خود تاکید داشتند که جز خطای ناکارایی u دارای توزیع نمایی می‌باشد. باتس و کارو[4] یک توزیع نیمه‌نرمال را به u اختصاص دادند. آیگنر، لاول و اشمیت هر دو توزیع را برای u درنظر گرفتند. پارامترهایی که در مدل بایستی تخمین زده شوند عبارتند از β، σ_v^2 و پارامتر واریانس مرتبط با u، σ_u^2. هریک از فرض‌های توزیعی بر روی u دلالت بر این دارد که خطای ترکیبی $(v - u)$ دارای انحراف منفی است (لاول کومباکار، ۲۰۰۰)[5] در این مدل‌ها با اعمال فروض مشخص شده بر اجزا خطاها می‌توان با به‌کارگیری روش حداکثر درستنمایی ناکارایی واحدها را تخمین زد. در واقع رابطه(۱) را می‌توان به صورت زیر نیز بیان کرد:

$$y = f(x;\ \beta).exp(v).exp(-u) \qquad v < 0 \quad و \quad u > 0 \qquad (2)$$

$f(x;\ \beta)$ → مرز تولید قطعی

$\exp(v)$ → تاثیرات بر تولید ناشی از متغیرهای بیرونی

$\exp(-u)$ → ناکارایی

$f(x;\ \beta).\exp(v)$ → مرز تصادفی

کارایی براساس تقسیم تولید کل بر تولید مرز تصادفی به صورت زیر خواهد بود:

$$TE = Y/f(x;\ \beta).\exp(v) = f(x;\ \beta).\exp(v).\exp(-u)\ /f(x;\ \beta).\exp(v) = \exp(-u) \qquad (3)$$

بنابراین داریم:

$$Y = f(x;\ \beta).\exp(v - u) \qquad (4)$$

که در آن عبارت $(v - u)$ خطای ترکیبی است.

در صورتی که یک تولیدکننده در سطح حداقل هزینه و قیمت‌های داده شده تولید کند، می‌توان بیان داشت که از کارایی هزینه برخوردار می‌باشد، اما در صورتی که تولیدکننده به صورت فنی کارا عمل کند و از نظر هزینه به دلیل انتخاب ترکیب نادرست نهاده‌ها ناکارامد عمل کند، می‌توان گفت که ناراکارایی تخصیصی رخ داده است. البته یک تولیدکننده می‌تواند به صورت همزمان ناکارایی فنی و ناکارایی تخصیصی داشته باشد؛ در واقع در این حالت:

ناکارایی هزینه = ناکارایی فنی + ناکارایی تخصیصی

با تمرکز بر بحث کارایی هزینه، خواهیم داشت:

$$E_i = c(y_i, w_i;\ \beta).\exp(v_i + u_i) \qquad (5)$$

$c(y_i, w_i;\ \beta)$ → بخش قطعی

v_i → خطای تصادفی که می‌تواند مقادیر مثبت یا منفی باشد

u_i → ناکارایی، که فقط مقادیر مثبت را شامل می‌شود

حال براساس این روابط، کارایی هزینه را می‌توان به صورت رابطه(۶) محاسبه کرد:

$$CE_i = \frac{c(y_i, w_i;\ \beta).\exp(v_i)}{E_i} = \exp(-u) \qquad (6)$$

1. Schmidt
2. Meeusen and ven den Broeck (1997)
3. Aigner and Lovell and Schmidt (1997)
4. Battese and Corra
5. Subal C. Kumbhakar, C. A. Knox Lovell 2000

بنابراین:

$$0 < CE < 1_i$$

به منظور تخمین کارایی هزینه با توجه به روابط بالا، به صورت زیر عمل می‌کنیم:

با لگاریتم گرفتن از دوطرف رابطه (۶) خواهیم داشت:

$$\text{Ln } E_i = \text{Ln } c(y_i, w_i;\ \beta) + v_i + u_i \quad (7)$$

به منظور تخمین رابطه (۷)، نیاز به

۱- تصریح فرم تابعی بخش قطعی (غیرتصادفی) رابطه

۲- فرض لازم در خصوص توزیع متغیر تصادفی v_i

۳- فرض لازم در خصوص توزیع متغیر تصادفی u_i

با لحاظ تصریح خاص متغیرهای تصادفی v_i و u_i، تکنیک حداکثر درستنمایی ML برای تخمین پارامترهای مجهول استفاده می‌شود.

به منظور تصریح بخش غیرتصادفی رابطه از فرم تابع کاب داگلاس[1] (فرم لگاریتمی) و تابع هزینه ترانسلوگ که یک فرم تابعی انعطاف‌پذیر است، استفاده می‌شود. متغیرهای تصادفی v_i و u_i نیز دارای توزیع نرمال بوده و مستقل از یکدیگر و مستقل از متغیرهای توضیحی دیگر توزیع شده‌اند. با توجه به این فروض، تابع حداکثر درستنمایی لگاریتمی برای نمونه موردنظر، به صورت زیر خواهد بود:

$$v_i \sim iidN(0, \sigma_v^2)$$
$$u_i \sim iidN(0, \sigma_u^2)$$

$$\text{Ln } L = K - I \text{ Ln } \sigma + \Sigma \text{Ln}\phi\left(\frac{\epsilon\lambda}{\sigma}\right) - \frac{1}{2\sigma^2}\Sigma\epsilon^2 \quad (8)$$

تابع حداکثر درستنمایی برای نمونه‌ای از مشاهدات به صورت زیر خواهد بود:

$$L\left(\text{نمونه}\right) = \Pi_{i=1}^{i=I} f(\epsilon_i)$$

که با لگاریتم گیری از تابع حداکثر درستنمایی، معادله حداکثر درستنمایی لگاریتمی به دست می‌آید. باتیس و کورا[2] (۱۹۷۷) با جایگذاری پارامترها به صورت زیر بیان داشتند که:

$\gamma = \frac{\sigma_u^2}{\sigma_u^2+\sigma_v^2}$ → بین مقادیر صفر و یک محدود شده است

$\lambda = \frac{\sigma_u}{\sigma_v}$ → هر مقدار غیر منفی

اگر از پارامتر γ استفاده شود، تابع لگاریتمی حداکثر درستنمایی به صورت رابطه (۱۲) خواهد بود:

$$\text{Ln } L = K - I \text{ Ln } \sigma + \Sigma \text{Ln}\{1 - \phi(Z_i)\} - \frac{1}{2\sigma^2}\Sigma\epsilon^2 \quad (12)$$

$$Z_i = \frac{\epsilon_i}{\sigma}\sqrt{\frac{\gamma}{1-\gamma}}$$

پارامتر γ در واقع، معنادار بودن جزء عدم کارایی و اثر آن در مدل را ارزیابی می کند. این پارامتر در فرآیند حداکثر سازی تکراری برآورد شده و مقداری بین صفر و یک را اختیار می‌کند (شهیکی تاش، ۱۳۹۳).

در این حالت تابع لگاریتمی حداکثر درستنمایی را می‌توان برای آزمون تابع مرز تصادفی SFA به کار برد. در صورتی که $\gamma \longleftarrow 0$ آنگاه $\sigma_u^2 \longleftarrow 0$ و $\sigma_v^2 \longleftarrow \infty$ میل خواهد کرد، جز عدم کارایی از مدل حذف‌شده و تابع هزینه‌ای به یک مدل رگرسیونی معمولی تبدیل شده که به روش حداقل مربعات OLS قابل برآورد است، بدون ناکارایی خواهد بود. اگر $\gamma \longleftarrow 1$ آنگاه $\sigma_u^2 \longleftarrow \infty$ و $\sigma_v^2 \longleftarrow 0$ میل خواهد کرد، مدل یاد شده به مدل تابع مرزی معین نزدیک خواهد شد و تابع هزینه با ناکارایی خواهد بود.

رابطه $\hat{\epsilon}_i = \text{LnE}_i - \text{Ln } c(y_i, w_i;\ \beta)$ تخمینی ترکیبی از خطاهای ترکیبی $v_i + u_i$ است، که حاوی اطلاعاتی درباره‌ی u_i می‌باشد. در مجموع می‌توان چنین بیان داشت در صورتی که $\hat{\epsilon}_i$ بالا باشد، از آنجا که انتظار می‌رود v_i صفر یا نزدیک به صفر باشد، می‌توان گفت که u_i نیز بالاست. توزیع شرطی u_i که می‌تواند همان توزیع $\hat{\epsilon}_i$ باشد، قابلیت به دست آوردن تخمین‌های ناکارایی را دارد. در این حالت باید میزان عدم کارایی u_i از جمله اخلال معمولی v_i تفکیک شود. بر این اساس جاندرو یک رابطه برای تعیین ارزش مورد انتظار شرطی جزء u_i به شرط جمله اخلال ترکیبی $E(u_i|\epsilon_i)$ ارائه کرد. این رویکرد نخستین‌بار توسط جاندرو و همکاران[3] ۱۹۸۲ معرفی شد. می‌توان از میانگین یا میانگین شرطی مدل به صورت رابطه (۱۳) استفاده کرد:

$$E(u_i|\epsilon_i) = \sigma_* \left\{ \frac{\phi\left(\frac{\epsilon_i\lambda}{\sigma}\right)}{1-\phi\left(\frac{-\epsilon_i\lambda}{\sigma}\right)} + \left(\frac{\epsilon_i\lambda}{\sigma}\right) \right\} \quad (13)$$

$$\sigma_* = \sigma_u^2\sigma_v^2/\sigma^2$$

براورد نقطه‌ای از رابطه بالا به صورت رابطه (۱۴) محاسبه می‌شود:

$$\widehat{CE_i} = \exp\{-E(\widehat{u_i}|\epsilon_i)$$

$$\widehat{\text{CE}_\text{i}} = \text{E}(\exp\{-\text{u}_\text{i}\}\ |\epsilon_\text{i})$$

1. Cobb-Douglas
2. Battese and Corra (1977)
3. Jondrow, Lovell, Materov, and Schmidt (1982)

$$= \left\{\frac{1-\phi\left(\sigma_{*}-\frac{\mu_{*i}}{\sigma_{*}}\right)}{1-\phi\left(-\frac{\mu_{*i}}{\sigma_{*}}\right)}\right\}.\exp\{-\mu_{*i}+\frac{1}{2}\sigma_{*}^{2}\} \qquad (14)$$

$\mu_{*i} = \epsilon_i \sigma_u^2/\sigma^2$

تمامی پارامترهای تابع مرزی تصادفی به روش MLE در رابطه (۱۵) قابل تخمین است:

$$\mathrm{L\,n}\, E_{it} = \ln C(w_{it}, y_{it}; \beta) + v_{it} + u_{it} \qquad (15)$$

اندازه‌گیری کارایی هزینه به روش تحلیل مرز تصادفی

در این مطالعه شکل ضمنی تابع هزینه شرکت‌های توزیع برق به صورت رابطه (۱۶) درنظر گرفته می‌شود.

$$C = C(q, W, lo, length, \ldots.) \qquad (16)$$

که در آن q، حجم الکتریسیته تحویلی به مشترکان شرکت توزیع برق است؛ شرکت‌های توزیع نیروی برق پس از تحویل انرژی از بازار برق، به توزیع آن به نحو سازگار با نیاز مشترکان (مصرف‌کنندگان) تحت پوشش خود می‌پردازند. از این رو، ستانده اصلی شرکت‌های توزیع نیروی برق عبارت از فروش برق به مشترکان است.

W جبران خدمات کارکنان عبارت از کلیه پرداخت‌های نقدی و غیرنقدی به کارکنان به علاوه سهمیه تأمین اجتماعی پرداخت شده توسط کارفرما به نیابت از کارکنان به سازمان ارائه‌کننده خدمات تامین اجتماعی اجباری است. ارقام مذکور از طریق جمع حقوق و دستمزد به تفکیک توزیع و اداری و عمومی و سهمیه‌های تأمین اجتماعی و بیمه بیکاری پرداخت‌شده توسط کارفرما و مزایای پایان خدمت مندرج صورت‌های مالی مالی سالانه محاسبه می‌شود.

lo شاخص تلفات توزیع برق است که به صورت درصدی از برق خریداری شده است که به دلایل فنی و غیرفنی به فروش نرفته و به دست مصرف‌کننده نهایی نرسیده است.

length طول خطوط شبکه، طبیعی است یکی از نهاده‌هایی که شرکت توزیع جهت انجام وظایف محوله مورد استفاده قرار می‌دهد خطوط شبکه (فشار متوسط و فشار ضعیف) می‌باشند. این خطوط در تقسیم‌بندی فوق خود به دو دسته هوایی و زمینی نیز تقسیم می‌شوند. واحد سنجش آنها بر حسب کیلومتر خواهد بود. در این مطالعه نسبت طول شبکه به تعداد مشترکین برق درنظر گرفته شده است.

براساس ویژگی انعطاف‌پذیری تابع ترانسلوگ و ساختار شرکت‌های توزیع برق، از تابع هزینه ترانسلوگ و بسط تیلور به منظور برآورد کارایی شرکت‌های توزیع برق به صورت رابطه (۱۷) استفاده می‌شود:

$$\begin{aligned}\mathrm{Ln\,TC_{it}} = {} & \beta_0 + \alpha_1 \mathrm{Ln(q_{it})} + \beta_1 \mathrm{Ln(W_{it})} \\ & + \beta_2 \mathrm{Ln(LO_{it})} + \beta_3 \mathrm{Ln(len_{it}/CUS_{it})} \\ & + \frac{1}{2}\alpha_{11}\mathrm{Ln^2(q)} \\ & + \frac{1}{2}\beta_{11}\mathrm{Ln^2(W)} + \frac{1}{2}\beta_{22}\mathrm{Ln^2(LO)} \\ & + \frac{1}{2}\beta_{33}\mathrm{Ln^2(len_{it}/CUS_{it})} \\ & + \beta_{12}\mathrm{Ln(W_{it})(LnLO_{it})} \\ & + \beta_{13}\mathrm{Ln(W_{it})Ln(len_{it}/CUS_{it})} \\ & + \beta_{23}\mathrm{Ln(LO_{it})Ln(len_{it}/CUS_{it})} \\ & + \mathrm{f_1 Ln(q_{it})Ln(w_{it})} \\ & + \mathrm{f_2 Ln(q_{it})Ln(LO_{it}) + f_3 Ln(q_{it})Ln(len_{it}/CUS_{it})} \\ & + \mathrm{v + u} \qquad (17)\end{aligned}$$

٤. یافته‌ها

در ادامه با استفاده از الگوی داده شده و با فرض توزیع نرمال منقطع برای جزء ناکارایی، تابع هزینه مرزی ترانسلوگ برآورد شده و کارایی هزینه شرکت‌های توزیع برق استان کرمانشاه با استفاده از نرم‌افزار Frontier طی سال‌های ۱۳۹۶ تا ۱۴۰۰ تخمین زده شده است.

فرضیه‌های مدل حداکثر درستنمایی:

فرضیه ۱: فرم تابع هزینه مرزی با جز ناکارایی متغیر، نسبت به فرم تابع هزینه کاب داگلاس ارجحیت دارد.

فرضیه ۲: توزیع ناکارایی به صورت نیمه نرمال است.

فرضیه ۳: ناکارایی طی زمان تغییر پیدا نمی‌کند.

جدول ۲. نتایج آزمون فرضیه مدل حداکثر درستنمایی

فرضیه H_0	مقدار بحرانی	تابع درست‌نمایی	نتیجه فرضیه H_0
$\beta_{12} = \beta_{13} = \beta_{23} = \alpha_1 = 0$	۱۵/۴	۵۰/۱	رد H_0
$\mu = \eta = 0$	۳/۶	۱۴/۸	رد H_0

ماخذ: یافته‌های تحقیق

نخستین فرضیه‌ای که مورد آزمون قرار گرفته، مربوط به انتخاب شکل تابع تولید مرزی می‌باشد. براساس نتایج به دست آمده که در جدول شماره (۲) ارائه شده است، با رد فرضیه صفر، لذا فرم تابع هزینه مرزی با جز ناکارایی متغیر، نسبت به فرم تابع هزینه کاب داگلاس ارجحیت دارد. فرضیه بعدی در مورد آن است که $\mu = \eta = 0$ است یا خیر، بدین معنا که توزیع ناکارایی به صورت نیمه نرمال است و ناکارایی طی زمان تغییر پیدا نمی‌کند. براساس

نتیجه آزمون این فرضیه توزیع ناکارایی به صورت نرمال منقطع است و ناکارایی در طی زمان تغییر می‌کند. حال براساس آزمون‌های فرضیه یاد شده می‌توان تابع مرز تصادفی را به صورت جدول (۳) برآورد و تحلیل کرد.

جدول۳. نتایج برآورد تابع هزینه مرز تصادفی ترانسلوگ به روش MLE

متغیرها	پارامترها	ضرایب	انحراف معیار	آماره t
عرض از مبدا	β_0	−۰/۷۳۲	۰/۲۳۱	−۹/۲۸
لگاریتم حجم برق تحویلی به مشترکان	α_1	۰/۲۵۹	۰/۲۹۲	۲/۸۴
لگاریتم جبران خدمات	β_1	۰/۶۰۴	۰/۱۹۳	۳/۲۴۳
لگاریتم تلفات توزیع برق	β_2	۰/۴۰۳	۰/۱۲۶	۸/۳۸۰
لگاریتم طول شبکه به مشترک	β_3	۰/۱۶۱	۰/۳۹۸	۰/۴۹۹
لگاریتم مقدار فروش برق به توان دو	α_{11}	−۰/۳۹۰	۰/۶۴۵	−۳/۲۰۹
لگاریتم حقوق و دستمزد به توان دو	β_{11}	−۰/۲۷۸	۰/۴۵۸	−۵/۵۴۰
لگاریتم تلفات به توان دو	β_{22}	۰/۷۶۷	۰/۸۷۹	۴/۱۱۹
لگاریتم نسبت طول شبکه به مشترک به توان دو	β_{33}	−۰/۳۰۲	۰/۷۲۱	−۲/۴۶۷
لگاریتم ضرب دستمزد در تلفات	β_{12}	−۰/۱۹۹	۰/۳۹۸	−۴/۳۰۹
لگاریتم ضرب دستمزد در نسبت طول شبکه	β_{13}	−۰/۸۷۶	۰/۲۸۹	−۶/۳۲۴
لگاریتم ضرب تلفات در نسبت طول شبکه	β_{23}	۰/۲۴۵	۰/۱۷۸	−۲/۳۴۵
لگاریتم ضرب فروش در دستمزد	f_1	−۰/۱۴۹	۰/۸۷۶	−۳/۸۷۶
لگاریتم ضرب فروش در تلفات	f_2	−۰/۱۷۸	۰/۷۸۹	−۳/۲۸۹
لگاریتم ضرب فروش در نسبت طول شبکه	f_3	−۰/۲۵۷	۰/۹۸۹	−۲/۳۸۹
sigma-squared	$\sigma^2 = (\sigma_v^2 + \sigma_u^2)$	−۰/۲۴۵	۰/۵۷۸	−۲/۲۰۸
Gama	$\gamma = \frac{\sigma_u^2}{\sigma_u^2 + \sigma_v^2}$	۰/۸۹۰	۰/۴۵۶	۳/۳۶۹
Mu	m_{it}	۰/۳۵۶	۰/۲۵۸	۴/۱۲۰
Eta	ŋ	−۰/۶۷۸	۰/۳۰۹	−۳/۲۴۵
log likelihood function = ۰/۵۴۷				
LR test of the one sided error =۰/۲۴۵				

ماخذ: یافته‌های تحقیق

براساس نتایج ارائه شده در جدول شماره (۳)، β_0 جز عرض از مبدا، ضرایب β_1 تا β_3 به ترتیب نشان‌دهنده‌ی اثرات هر واحد تغییر در حقوق و دستمزد، تلفات توزیع برق و نسبت طول شبکه به مشترک، در هزینه‌های کل شرکت توزیع برق است. α_1 نیز نشان‌دهنده اثر تغییر هر واحد حجم الکتریسیته تحویلی به مشترکان است. سایر پارامترهای مطرح‌شده در مدل، نشان‌دهنده‌ی ضرایب جملات دوم متغیرهای فوق و اثرات متقاطع متغیرهای تابع هزینه بر میزان هزینه شرکت‌های توزیع برق است. در نهایت براساس نتایج برآورد تابع هزینه، می‌توان نتیجه گرفت که رابطه‌ی مستقیم و معناداری بین متغیرهای مدل و هزینه‌های شرکت توزیع برقرار است. خلاصه این نتایج در مدل تجربی و ارتباط نظری متغیرها در جدول (۴) بیان شده است.

جدول ٤. متغیرهای مستقل، ارتباط تئوریک و نحوه تاثیرگذاری بر متغیر وابسته و نتایج تجربی مدل

متغیر مستقل	شرح	ارتباط تئوریک با متغیر وابسته	نتایج برآورد مدل تجربی
حجم برق تحویلی به مشترکان	با افزایش توزیع برق بین مشترکان، هزینه‌های شرکت توزیع افزایش می‌یابد.	$Cov(q.C) > 0$	با افزایش الکتریسیته تحویلی به مشترکان، هزینه‌های شرکت توزیع افزایش یافته
حقوق و دستمزد	با افزایش حقوق و دستمزد پرداختی، هزینه‌های شرکت توزیع افزایش می‌یابد.	$Cov(W.C) > 0$	با افزایش حقوق و دستمزد پرداختی، هزینه‌های شرکت توزیع افزایش یافته
تلفات توزیع برق	با افزایش حقوق و دستمزد پرداختی، هزینه‌های شرکت توزیع افزایش می‌یابد.	$Cov(W.C) > 0$	با افزایش تلفات برق، هزینه‌های شرکت توزیع افزایش یافته
نسبت طول شبکه به مشترک	با افزایش فاصله مشترکان از شرکت، هزینه‌های شرکت توزیع افزایش می‌یابد.	$Cov(Len.C) > 0$	شرکت‌هایی که فاصله بیشتری از مشترکان دارند، هزینه بیشتری متحمل می‌شوند.

ماخذ: یافته‌های تحقیق

نتایج کارایی هزینه هریک از شرکت‌های توزیع برق

در این مطالعه با داده‌های آماری دوره زمانی ۱۳۹۶ تا ۱۴۰۰ و با استفاده روش‌های اقتصادسنجی محاسبه کارایی (تکنیک مرزی تصادفی)، کارایی هزینه شرکت‌های توزیع برق استان کرمانشاه محاسبه شده و شرکت‌ها از این نظر رتبه‌بندی می‌شوند. مقادیر کارایی محاسبه شده برای هر یک از شرکت‌های توزیع برق مورد مطالعه طی سال‌های مختلف در جدول (۵) ارائه شده است. میانگین کارایی فنی نیز برای هر شرکت طی دوره مطالعه به صورت جداگانه محاسبه گردیده و نتایج در جدول ۵ ارائه شده است. در مدل مطرح شده، ناکارایی به صورت پارامتر $\lambda = \frac{\sigma_u}{\sigma_v}$ و $\sigma^2 = (\sigma_v^2 + \sigma_u^2)$ تعریف می‌شود، همواره بین صفر و یک قرار دارد. هرچه این مقدار به صفر نزدیک‌تر باشد، جز اخلال معمولی، سهم بیشتری را در کل انحرافات از مرز به‌عهده خواهد داشت و برعکس هرچه این مقدار برآورد شده به یک نزدیک‌تر باشد، بیانگر آن است که جز ناکارایی، سهم بزرگتری از کل انحرافات از مرز کارا را به خود اختصاص داده است.

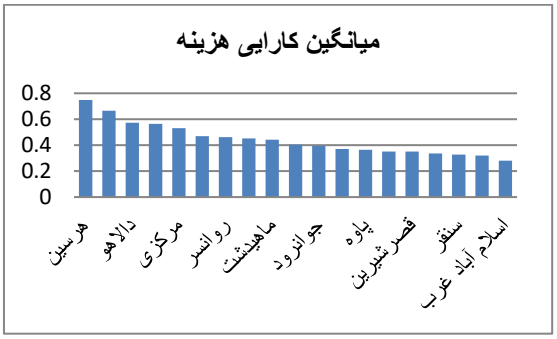
جدول ۵. مقادیر کارایی

امور برق	۱۳۹٦	۱۳۹۷	۱۳۹۸	۱۳۹۹	۱٤۰۰	میانگین کارایی هزینه دوره
اسلام‌آباد غرب	۰.۲۷۸	۰.۲۷۸	۰.۲۹۲	۰.۳۰۸	۰.۲۴۵	۰.۲۸۰۲
بیستون	۰.۳۷۸	۰.۳۱۲	۰.۳۱	۰.۳۹۸	۰.۲۸	۰.۳۳۵۶
پاوه	۰.۳۸۷	۰.۳۴۸	۰.۳۵۴	۰.۳۱۱	۰.۴۲۳	۰.۳۶۴۶
ثلاث باباجانی	۰.۳۸۹	۰.۴۹۸	۰.۳۸۹	۰.۳۷۸	۰.۳۶۷	۰.۴۰۴۲
جنوب	۰.۳۸۹	۰.۳۹	۰.۳۹۶	۰.۳۶۷	۰.۳۰۹	۰.۳۷۰۲
جوانرود	۰.۴۷۸	۰.۴۰۸	۰.۳۸۹	۰.۳۶۷	۰.۳۳۲	۰.۳۹۴۸
دالاهو	۰.۶۰۱	۰.۵۹۸	۰.۴۷	۴.۷۸۹	۰.۴۰۹	۱.۳۷۳۴
روانسر	۰.۶۰۹	۰.۴۹۸	۰.۴۰۸	۰.۴۰۵	۰.۳۹	۰.۴۶۲
سرپل ذهاب	۰.۶۷۳	۰.۶۹	۰.۶۰۱	۰.۶۹۳	۰.۶۷۲	۰.۶۶۵۸
سنقر	۰.۳۰۹	۰.۳۲۶	۰.۳۴۵	۰.۳۱۲	۰.۳۴۵	۰.۳۲۷۴
شمالی	۰.۳۴۸	۰.۳۴۵	۰.۳۵۷	۰.۳۴۸	۰.۳۵۸	۰.۳۵۱۲
صحنه	۰.۳۵۶	۰.۳۰۴	۰.۲۸۸	۰.۳۴	۰.۳۱۴	۰.۳۲۰۴
قصرشیرین	۰.۳۵۶	۰.۳۴۵	۰.۳۵۶	۰.۳۵۶	۰.۳۴	۰.۳۵۰۶
کنگاور	۰.۶۰۹	۰.۵۸۸	۰.۵۳۴	۰.۵۷۸	۰.۵۱۲	۰.۵۶۴۲
کوزران	۰.۴۵۶	۰.۴۵۱	۰.۴۷۹	۰.۴۶	۰.۴۱۲	۰.۴۵۱۶
گیلانغرب	۰.۴۹۹	۰.۴۵	۰.۴۳۲	۰.۴۷۸	۰.۴۹	۰.۴۶۹۸
ماهیدشت	۰.۴۰۳	۰.۴۵۸	۰.۴۳۲	۰.۴۵۶	۰.۴۶	۰.۴۴۱۸
مرکزی	۰.۵۰۴	۰.۵۶۲	۰.۵۰۹	۰.۵۴۲	۰.۵۳۷	۰.۵۳۰۸
هرسین	۰.۷۰۳	۰.۷۹	۰.۷۴۵	۰.۷۸۲	۰.۷۲	۰.۷۴۸

ماخذ: یافته‌های تحقیق

همان‌گونه که مطرح شد کارایی هزینه ۱۹ شرکت توزیع برق استان کرمانشاه (امور برق) طی سال‌های ۱۳۹۶ تا ۱۴۰۰ برای هر سال تخمین زده شده است. همان‌گونه که نتایج در جدول شماره ۵ نشان می‌دهد، کارایی محاسبه‌شده‌ی امور برق استان کرمانشاه طی سال‌های مذکور برای هریک از شهرستان‌ها دارای ثبات نسبی بوده است؛ به گونه‌ای که شهرستان هرسین در تمام سال‌های مورد مطالعه دارای رتبه نخست کارایی هزینه بوده و شهرستان اسلام آباد در دوره‌های مذکور در رتبه‌های انتهایی بوده است. همان‌گونه که از نتایج حاصل از جدول مشخص است سایر شهرستان‌ها نیز در دوره مذکور در رتبه‌های عملکردی خود دارای ثبات نسبی بوده‌اند. بررسی و محاسبه ی کارایی و عملکرد شرکت‌های توزیع برق استان کرمانشاه نشان می‌دهد که تحول قابل‌توجهی در مدیریت و عملکرد و کارایی هزینه شرکت‌های توزیع برق (۱۹ امور برق) استان رخ نداده است، لذا این امر ضرورت بررسی جنبه‌های مختلف کارایی و عوامل موثر بر آن را آشکار می‌سازد. در ادامه با استفاده از نمودار شماره (۱) میانگین کارایی هزینه هریک از ۱۹ امور برق شرکت توزیع برق استان نشان داده شده است. امور توزیع برق شهرستان هرسین با ۷۴ درصد کارایی هزینه رتبه اول را در بین این ۱۹ شرکت (امور برق) به خود اختصاص داده است. این بدان معناست که این شرکت قادر است با افزایش کارایی و کم کرد هزینه‌ها به میزان ۲۶ درصد به همان سطح از ستانده‌های قبلی برسد. بعد از آن، شرکت‌های شهرستان ثلاث بابجانی و جوانرود رتبه دوم و سوم را به خود اختصاص داده‌اند. بنابراین، از میان تمام شرکت‌ها (امور برق) مورد بررسی، این سه شرکت(شهرستان) از نهاده‌ها و هزینه‌های موجود به بهترین نحو استفاده کرده و نزدیک‌ترین شرکت‌ها به مرز کارا هستند. لذا این سه شرکت می‌توانند بدون از دست دادن سطح بازدهی فعلی خود، نهاده‌های خود را به طور متوسط کاهش دهند.

نمودار ۱. میانگین کارایی هزینه طی دوره



ماخذ: یافته‌های تحقیق

در مقابل، امور برق شهرستان اسلام‌آباد، رتبه آخر را کسب نموده است. کارایی هزینه پایین برای این شرکت، حاکی از دور بودن فاصله این شرکت از مرز کارا است. به عبارتی، میزان کارایی ۲۸ درصدی برای این امور بیانگر استفاده نامطلوب از هزینه‌هاست.

۵. بحث و نتیجه‌گیری

موضوع کارایی در شرکت‌های توزیع برق با لحاظ هزینه‌های فزاینده صنعت (توزیع) برق و محدودیت‌های منابع مالی، از جمله مهمترین موضوعات و دغدغه‌های سیاست‌گذاران و مسئولان صنعت برق است. در این مطالعه با تمرکز بر سنجش کارایی هزینه شرکت‌های توزیع برق استان کرمانشاه (شهرستان‌ها/ امور برق)، به بررسی کارایی هزینه پرداخته شده است. برای سنجش کارایی هزینه شهرستان‌ها از رویکرد تابع مرز تصادفی و تحلیل حداکثر درستنمایی و نرم افزار فرانتیر استفاده شده است.

۱. براساس نتایج حاصل از تخمین تابع هزینه، افزایش هزینه‌های حقوق و دستمزد، تلفات توزیع برق و نسبت طول شبکه به مشترک، در افزایش هزینه‌های کل شرکت توزیع برق موثر بوده است.

۲. بررسی نتایج حاصل از برآورد کارایی هزینه ۱۹ امور برق استان، نشان‌دهنده‌ی پایین بودن کارایی هزینه‌ای کل صنعت توزیع برق استان و عملکرد کلی کارایی و رتبه‌بندی شهرستان‌ها دارای ثبات بوده است، می‌توان نتیجه گرفت که تحول قابل‌توجهی در کارایی و عملکرد هزینه‌ای شرکت‌های توزیع برق (۱۹ امور برق) استان رخ نداده است. همچنین بررسی روند کارایی هزینه طی دوره مورد مطالعه نشان می‌دهد که میانگین کارایی هزینه طی دوره پایین بوده و نتایج مدل نمایانگر اندکی افت کارایی و بدتر شدن وضعیت آن از سال ۱۳۹۶ به بعد است که می‌توان دلیل آن را در بحران زلزله سال ۱۳۹۶ شهرستان سرپل ذهاب و بالا رفتن میزان تلفات توزیع برق و متمرکز شدن توان کل استان برای بهبود اوضاع آن شهرستان دانست.

۳. پیشنهاد می‌شود برنامه‌ی تحول در ساختار هزینه‌ای شرکت‌های توزیع برق، با تدوین و اجرای برنامه‌ریزی کوتاه‌مدت و بلندمدت عملیاتی و تمرکز بر تحقق اهداف شاخص‌های کلیدی شرکت و مدیریت منابع مالی و دقت بیشتر بر هزینه‌کرد منابع، در جهت بهبود کارایی هزینه و کاهش هزینه‌ها در برنامه قرار داده شود.

۴. با تعهد کامل به اجرای بودجه عملیاتی شرکت، بهبود ساختار هزینه‌های شرکت با انجام مطالعات جدی و مجدد بر روی واگذاری

پروژه‌های مختلف شرکت، از تامین نیروی انسانی تا مطالعات فنی و اقتصادی پروژه‌های فنی

۵. تاکید هرچه بیشتر بر مبحث تلفات توزیع برق و بهبود آن از طریق اقدامات فنی و غیرفنی، چرا که هرچه تلفات فنی و غیرفنی توزیع برق کاهش یابد، میزان فروش برق افزایش یافته و هزینه‌ها رو به کاهش می‌گذارد.

۶. همچنین تاکید بیشتر بر موضوع وصول درآمدها و وصول مطالبات، با کاهش میزان مطالبات افزایش وصول، ساختار هزینه شرکتها بهبود می‌یابد.

۷. از آنجا که هزینه‌های حقوق و دستمزد به طور کلی بخش قابل توجهی از هزینه‌های شرکت‌های توزیع برق را دربر می‌گیرد، با برنامه‌ریزی عملیاتی بهره‌وری برای کارکنان موجود، می‌توان با بهبود عملکرد، ساختار هزینه شرکت را ارتقاء بخشید.

الف- اینجانب و نویسندگاه این مقاله تاید و تعهد می‌نماییم که این مقاله به زبان انگلیسی یا فارسی در مقاله داخلی یا خارجی به چاپ نرسیده و یا تحت بررسی نمی‌باشد و تمام مطالب درج شده در مقاله حاصل فرآیند پژوهش انجام شده توسط نویسندگان و مورد تایید و تعهد ما بوده و مسئولیت حقوقی آن برعهده اینجانبان است.

ب- در دسترس بودن داده‌ها: اینکه داده‌ها هر موقع از سوی نشریه خواسته شود در اختیار نشریه قرار خواهد گرفت.

ج- تعامل نویسنده بنده (عبدالرضا کرانی به راهنمایی جناب دکتر علی فلاحتی در تهیه این مقاله مشارکت و فعالیت کامل داشته‌ام)

د- این مقاله و یا در اتباط با طرح و رساله نیست و حاصل فعالیت تحقیقاتی محققین است.

د- شفاف‌سازی: در تدوین مقاله از هوش مصنوعی یا تکنولوژی خاصی استفاده نشده است.

References

[1] Abdolreza Karani, Sedighe Veisimal Amiri, Elham Rezaei ,Efficiency Analysis in Electricity Distribution: A Double Frontier Data Envolopment Analysis Approach with Econometric Extensions, 33rd International Conference on Electricity – 2018 Tehran, Iran.(in persian).

[2] Ali Emami Meybodi, Khoshkalam and Khosrowshahi, Ruhollah Mahdavi, "Efficiency and Productivity from an Economic Perspective", Allameh Tabatabaei University Press, 2011. .(in persian).

[3] Mohammad Nabi Shahikitash, Javad Taherpour, Elham Shivaei, "Evaluation of factors affecting technical inefficiency in Iranian manufacturing industries (Stochastic frontier function approach and maximum likelihood method)", Quarterly Journal of Economic Research, Volume 14, Issue 55, Spring 2014, pages 27 to 47. (in persian).

[4] Mohammad Oshni, "Measuring the Efficiency of Iranian Electricity Distribution Companies in the Aim of Economic Regulation of the Iranian Electricity Market", Scientific Journal of Industrial Economics Research, Year 2, Issue 6, Winter 2018 (49-70). (in persian).

[5]Mostafa Rajabi, Khosrow Gholamhosseini, "Measuring the Cost Efficiency of Iranian Electricity Distribution Companies," 26th International Electricity Conference, 2011. (in persian).

[6] Mohammad Ali Fallahi, Vahideh Ahmadi, "Evaluation of Cost Efficiency of Electricity Distribution Companies in Khorasan Province (Stochastic Frontier Approach)", Iranian Quarterly Journal of Economic Research, Volume 8, Issue 28, Winter 2006, pages 127 to 141. (in persian).

[7] Mohammad Sokhanvar and other colleagues, "Estimating the stochastic cross-border and cross-border input distance functions for Iranian electricity distribution companies and determining the factors affecting efficiency", Scientific-Research Journal of Economic Policy, Year 5, Issue 9, Spring and Summer 2013. (in persian).

[8] Mansour Reza Nejad, Reza Yousefi Hajiabad, "Evaluation of Economic Efficiency of Iranian Electricity Distribution Companies", Journal of Economic Sciences, Year 6, Issue 11, First Half of 2011. (in persian).

[10] Battese G.E. and Coelli T.J. (1992). "Frontier Production Functions, Technical Efficiency and Panel Data: With Application to paddy farmers in India". *Journal of Productivity Analysis*, 3(1-2), pp.153–169.

[11] Battese G.E. and T.J. Coelli (1995). "A Model for Technical Inefficiency Effects in a Stochastic Frontier Production Function for Panel Data".*Empirical Economics*, (2)20, pp. 332-325.

[12] Coelli T.J. and S. Perelman (1996), "Efficiency Measurement, Multiple-Output Technologies and Distance Functions: With Application to European Railways". CREPP Discussion Paper 96/05, University of Liege.

[13] Coelli T.J., Rao D.S.P., O'Donnell C.J. and Battese G.E. (2005), An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis, Second Edition, Springer.
[14] Emvalomatis G., Stefanou S.E. and Oude Lansink A. (2011), "A Reduced-Form Model for Dynamic Efficiency Measurement: Application to Dairy Farms in Germany and the Netherlands". American Journal of Agricultural Economics,93(1), pp. 161-74.
[15] Cost efficiency and electricity market structure: A case study of OECD countries, Victor Ajayi, Thomas Weyman-Jones, Anthony Glass, Energy Economics, Volume 65, June 2017, Pages 283-291.
[16] Electricity sector reforms and cost efficiency: The case of small electricity systems in Sub-Sahara Africa, Adwoa Asantewaa, Tooraj Jamasb , Manuel Llorca, Economic Analysis and Policy Volume 80, December 2023, Pages 880-893.
[17] Andor, Mark Andreas; Bernstein, David H.; Sommer, Stephan , (2020) :Determining the efficiency of residential electricity consumption, Ruhr Economic Papers, No. 870

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی