-- Iranian Energy Economics------
Fall 2021, 39(10), 71-97
Jiee.atu.ac.ir
DOI: http://dx.doi.org/10.22054/jiee.2022.60983.1843

ATU PRESS

Original Research
Received: 23/May/2021
Accepted: 8/Jan/2022
ISSN: 2423-5954
eISSN: 2476-6437

Efficiency and Scale: Evidence from Iran's Electricity Distribution Companies

Mohsen Pourebadollahan Covich * — Associate Professor of Economics, University of Tabriz, Tabriz, Iran

Elham Nobahar — Assistant Professor of Economics, University of Tabriz, Tabriz, Iran

Sakineh Sojoodi — Assistant Professor of Economics, University of Tabriz, Tabriz, Iran

Reza Khalafi — Ph.D. Student of Industrial Economics, University of Tabriz, Tabriz, Iran

Abstract

In analyzing the efficiency of electricity distribution companies, according to the economies of scale hypothesis, due to the existence of natural monopoly properties, larger firms are expected to be technically more efficient (ceteris paribus). To investigate this issue, this study assessed the technical efficiency, economies of scale, and economies of scope of Iranian electricity distribution companies during 2011-2017 and examined their relationship with company size. For this purpose, the stochastic frontier analysis technique and the input distance function approach were used. The results show that technical efficiency first decreases and then increases with increasing company size. The results also show that economies of scale are present in most companies, although the use of economies of scale decreases as company size increases. Finally, economies of scope were observed in all the companies studied, and their magnitude decreases as company size increases. Therefore, it can be said that the hypothesis of economies of scale implying higher technical efficiency of larger companies, is not confirmed, although the necessary condition for the establishment of a natural monopoly is present in Iranian electricity distribution companies.

Keywords: Efficiency, Economies of Scale, Economies of Scope, Stochastic Frontier Analysis, Input Distance Function, Electricity Distribution Companies, Iran.

JEL Classification: L11 , L25 , D42 , L94

* Corresponding Author: mohsen_p54@hotmail.com
How to Cite: Pourebadollahan Covich, M., Nobahar, E., Sojoodi, S., Khalafi, R. (2020). Efficiency and Scale: Evidence from Iran's Electricity Distribution Companies. Iranian Energy Economics, 39 (10), 71-97.

-- پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران ---------
دوره ۱۰، شماره ۳۹، تابستان ۱٤۰۰، ۷۱-۹۷
Jiee.atu.ac.ir
DOI: http://dx.doi.org/10.22054/jiee.2022.60983.1843

مقاله پژوهشی
تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۳/۰۲
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۳/۱۸
ISSN: ۲۴۲۳-۵۹۵۴
eISSN: ۲۴۷۶-۶۴۳۷

کارایی و مقیاس: شواهدی از شرکت‌های توزیع برق ایران[۱]

محسن پورعبادالهان کویچ * دانشیار، گروه توسعه اقتصادی و برنامه‌ریزی، دانشگاه تبریز، ایران
الهام نوبهار استادیار، گروه توسعه اقتصادی و برنامه‌ریزی، دانشگاه تبریز، ایران
سکینه سجودی استادیار، گروه علوم اقتصادی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران
رضا خلفی دانشجوی دکتری، گروه توسعه اقتصادی و برنامه‌ریزی، دانشگاه تبریز، ایران

چکیده

در تحلیل کارایی شرکت‌های توزیع برق، مطابق فرضیه صرفه‌های مقیاس، به دلیل وجود ویژگی‌های انحصار طبیعی (یعنی وجود صرفه‌های مقیاس و صرفه‌های تنوع محصول)، انتظار بر آن است که شرکت‌های بزرگ‌تر، کارایی فنی بیشتری داشته باشند (با فرض ثبات سایر شرایط). برای بررسی این موضوع، مطالعه حاضر، کارایی فنی، صرفه‌های مقیاس و صرفه‌های تنوع محصول شرکت‌های توزیع برق ایران را طی دوره زمانی ۱۳۹۶-۱۳۹۰ ارزیابی و رابطه آنها را با اندازه شرکت بررسی نمود. برای این منظور از تکنیک تحلیل مرز تصادفی و رهیافت تابع فاصله نهاده استفاده گردید. یافته‌ها نشان می‌دهند که با افزایش اندازه شرکت‌ها، کارایی فنی آنها ابتدا کاهش و سپس افزایش می‌یابد. همچنین مطابق نتایج، صرفه‌های مقیاس در اغلب شرکت‌ها وجود داشته، هرچند که با افزایش اندازه شرکت‌ها، بهره‌مندی آنها از مزایای صرفه‌های مقیاس، کاهش می‌یابد. در نهایت اینکه، صرفه‌های تنوع محصول در تمامی شرکت‌های مورد بررسی مشاهده گردیده و میزان آن، با افزایش اندازه شرکت‌ها، کاهش یافته است. بدین ترتیب می‌توان گفت که فرضیه صرفه‌های مقیاس دال بر کارایی فنی بیشتر شرکت‌های بزرگ‌تر تأیید نمی‌شود، هرچند، شرط لازم برای برقراری ساختار انحصار طبیعی در شرکت‌های توزیع برق ایران وجود دارد.

کلیدواژه‌ها: کارایی، صرفه‌های مقیاس، صرفه‌های تنوع محصول، تحلیل مرز تصادفی، تابع فاصله نهاده، شرکت‌های توزیع برق، ایران.

طبقه‌بندی JEL: L94 , D42 , L25 , L11

---

۱. مقاله حاضر برگرفته از رساله دکتری رشته اقتصاد صنعتی دانشگاه تبریز می‌باشد.

* نویسنده مسئول: mohsen_p54@hotmail.com

۱. مقدمه

در اواسط دهه هشتاد میلادی، اصلاحات جهانی در صنعت برق، همانند سایر صنایع زیرساختی، با هدف افزایش کارایی آغاز گردید، چرا که کارایی و قابلیت اطمینان این صنعت، برای توسعه اقتصادی، رقابت‌پذیری و رفاه مصرف‌کنندگان اهمیت بسیار بالایی داشت. انحصار طبیعی، ادغام عمودی و مالکیت عمومی، الگوی غالب حاکم بر ساختار این صنعت پیش از دوره اصلاحات بودند. در راستای این اصلاحات، صنعت مزبور مورد اقدامات قابل ملاحظه‌ای قرار گرفت که انگاره‌های اصلی آن، تجدید ساختار، خصوصی‌سازی و مقررات‌گذاری بودند. به منظور افزایش کارایی، مدل‌های مبتنی بر توسعه رقابت اجرا گردیدند تا مصرف‌کنندگان از منافع کاهش هزینه‌ها بهره‌مند گردند. پیاده‌سازی این مدل‌های نوین، با تجدید ساختار صنعت به صورت جداسازی قسمت‌های بالقوه رقابت‌پذیر (تولید و خرده‌فروشی) از بخش‌های انحصار طبیعی (انتقال و توزیع) شروع شد. هدف اصلی تجدید ساختار مزبور، افزایش رقابت در صنعت و اطمینان از آن بود که اپراتورهای سیستم توزیع برق صرفاً بر عملیات توزیع تمرکز نمایند و از این طریق بتوانند از صرفه‌های مقیاس بالقوه در بخش توزیع به صورت بهتری استفاده نمایند (میدلند و همکاران[1]، ۲۰۲۰). به لحاظ نظری، هنگامی که یک بنگاه بتواند بردار ستانده معینی را با هزینه کمتری نسبت به دو یا چند بنگاه تولید نماید، انحصار طبیعی، کاراترین ساختار بازار می‌باشد. این ساختار هزینه‌ای در بسیاری از صنایع شبکه‌ای همچون شبکه‌های توزیع برق به صورت نظری و تجربی نشان داده شده است. با این حال، در ساختار انحصار طبیعی، مقیاس بهینه شرکت‌های توزیع برق نیز حائز اهمیت می‌باشد. به دنبال بازنگری ساختاری مذکور، بهره‌گیری از مقررات‌گذاری انگیزشی[2] برای بهبود کارایی در بخش‌های انحصاری همچون شبکه‌های توزیع، رویکردی فراگیر گردید که از طریق طرح‌های انگیزشی مبتنی بر جریمه و پاداش مالی صورت می‌پذرفت (جاماسب و پولیت[3]، ۲۰۰۷). هرچند مقررات‌گذاری انگیزشی یاد شده توانسته است بر عملکرد موفقیت‌آمیز بخش‌های انحصاری مقررات‌گذاری شده مذکور نظارت نماید، اما هچمنان برخی جنبه‌های مهم ساختار جدید صنعت به صورت کلی نادیده گرفته شده‌اند. از جمله این جنبه‌های نادیده

1. Mydland et al.
2. Incentive Regulation
3. Jamasb and Pollitt

گرفته شده می‌توان به اندازه بهینه شرکت‌های توزیع برق و رابطه آن با کارایی شرکت‌های مزبور اشاره نمود. در بازارهای رقابتی، نیروهای بازار همچون رقابت در کنار اندازه بازار، تعیین‌کننده‌های اصلی اندازه بنگاهها و تمرکز بازار می‌باشند، این در حالی است که در انحصارات طبیعی (همچون شبکه توزیع برق)، در غیاب نیروهای بازار، مداخله بخش عمومی و مقررات‌گذاری، مهم‌ترین عامل اثرگذار بر مقیاس و کارایی بنگاهها می‌باشند (گروویچ و همکاران[1]، ۲۰۰۹). اهمیت موضوع از آن رو است که سیاست‌گذاران به هنگام اصلاحات ساختاری، همواره با تصمیم‌گیری درخصوص تعداد و اندازه مناسب شرکت‌های توزیع برق مواجه می‌گردند. اندازه بهینه بنگاهها و نیز کارایی آنها در هر صنعت، با فناوری تولید و ساختار آن صنعت در ارتباط می‌باشد، درنتیجه در صنعت توزیع برق نیز، رابطه بین کارایی شرکت‌های توزیع برق و مقیاس آنها می‌تواند به عنوان یک پرسش تجربی مطرح گردد (گروویچ و همکاران، ۲۰۰۹). از همین روی، مطالعه حاضر ضمن برآورد کارایی، صرفه‌های مقیاس و صرفه‌های تنوع محصول[2] شرکت‌های توزیع برق ایران طی دوره زمانی ۱۳۹۶-۱۳۹۰، رابطه آنها را با اندازه شرکت‌های مذکور مورد بررسی قرار می‌دهد. برای این منظور از تکنیک تحلیل مرز تصادفی و رهیافت تابع فاصله نهاده استفاده می‌گردد.

ساختار این مطالعه به این ترتیب است که بعد از مقدمه حاضر، در بخش دوم، مروری بر ادبیات موضوع که شامل مبانی نظری و پیشینه تجربی است، ارائه می‌شود. بخش سوم به روش‌شناسی تحقیق می‌پردازد. در بخش چهارم، تجزیه و تحلیل یافته‌ها صورت می‌پذیرد. در نهایت، بخش پنجم به نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادات سیاستی اختصاص دارد.

۲. مروری بر ادبیات موضوع

۲-۱. مبانی نظری

شبکه‌های توزیع برق، تنوعی از مصرف‌کنندگان مسکونی، تجاری و صنعتی دارند و هم‌زمان با افزایش تدریجی تقاضا برای خدمات آن‌ها، تجهیزات و دارایی‌های شبکه توزیع موجود، بایستی به تدریج جایگزین شده و گسترش یابند که این کار مستلزم سیکل‌های متناوب و پایدار سرمایه‌گذاری توسط شرکت‌ها می‌باشد (جاماسب و پولیت، ۲۰۱۱). میزان

1. Growitsch et al.
2. Economies of Scope

بالای سرمایه‌بری این شرکت‌ها در کنار چند عامل دیگر، ماهیت انحصار طبیعی آنها را شکل می‌دهد. درواقع، ویژگی انحصار طبیعی شرکت‌های توزیع برق به دلیل سه جنبه اصلی زیر ایجاد می‌گردد: مقدار بالای هزینه‌های سرمایه‌گذاری برگشت‌ناپذیر، صرفه‌های مقیاس در عرضه خدمات و صرفه‌های تنوع محصول این شرکت‌ها که همانا تعداد مشترکین و انرژی عرضه شده می‌باشد (گروویچ و وین[1]، ۲۰۰۴). برای بنگاههای تک ستانده‌ای، وجود صرفه‌های مقیاس (یا همان منحنی هزینه متوسط نزولی)، شرط کافی وجود انحصار طبیعی می‌باشد، اما همان‌گونه که بامول و همکاران[2] (۱۹۸۲) بحث نموده‌اند، در زمینه صنایع چندستانده‌ای نظیر شرکت‌های توزیع برق که نهاده‌های مشترک را برای ارائه بیش از یک ستانده به کار می‌گیرند، علاوه بر صرفه‌های مقیاس، صرفه‌های تنوع محصول نیز شرط لازم برای پدید آمدن ساختار انحصار طبیعی می‌باشد (گروویچ و همکاران، ۲۰۰۹). صرفه‌های تنوع محصول، هنگامی پدید می‌آید که تولید توامان ستانده‌های مختلف، ارزان‌تر از تولید جداگانه آنها باشد. به عبارت دیگر، در این وضعیت، هزینه تولید بُرداری از ستانده‌های مختلف توسط یک بنگاه، کمتر از هزینه تولید جداگانه ستانده‌های مزبور توسط بنگاههای متفاوت می‌باشد. به عنوان مثال، در حالت دو ستانده‌ای (Y_1، Y_2)، صرفه‌های تنوع محصول به صورت زیر بیان می‌گردد (گریر[3]، ۲۰۱۱):

$$Scope = \frac{[C(Y_1,0)+C(0,Y_2)-C(Y_1,Y_2)]}{C(Y_1,Y_2)} \qquad (1)$$

بررسی کارایی شرکت‌های توزیع برق، از جنبه‌های اصلی مورد مطالعه درخصوص این شرکت‌ها می‌باشد. شواهد فراوانی وجود دارند که نشان‌دهنده تغییرات قابل ملاحظه در کارایی شرکت‌های توزیع برق می‌باشند (جاماسب و پولیت، ۲۰۰۳). با این وجود، مرور مطالعات صورت پذیرفته درخصوص شرکت‌های توزیع برق نشان می‌دهد که جنبه‌های مهمی از این صنعت هنوز مورد بررسی قرار نگرفته است. یکی از این جنبه‌ها، رابطه بین کارایی فنی و اندازه شرکت‌ها می‌باشد. تا جایی که صرفه‌های مقیاس وجود دارد، انتظار بر آن است که با فرض ثبات شرایط، شرکت‌های بزرگ‌تر کارایی فنی بیشتری داشته باشند. این رابطه برای صرفه‌های تنوع محصول نیز وجود دارد (گروویچ و همکاران، ۲۰۰۹).

1. Growitsch and Wein
2. Baumol et al.
3. Greer

بدین ترتیب فرضیه صرفه‌های مقیاس به صورت زیر مطرح می‌شود: در تحلیل کارایی شرکت‌های توزیع برق، می‌توان فرض نمود که برقراری ویژگی‌های انحصار طبیعی (یعنی وجود صرفه‌های مقیاس و صرفه‌های تنوع محصول)، منجر به کارایی فنی بیشتر شرکت‌های بزرگ‌تر می‌شود. ازاین‌رو، نظریه انحصار طبیعی، تا زمانی که صرفه‌های مقیاس وجود داشته باشد، افزایش اندازه شرکت‌ها را پیشنهاد خواهد نمود.

۲-۲. پیشینه تجربی

۱-۲-۲. مطالعات خارجی

مطالعات خارجی از جنبه‌های مختلفی به موضوعات مرتبط با مطالعه حاضر پرداخته‌اند. شاخه‌ای از مطالعات قدیمی‌تر، به تحلیل کاراترین مقیاس فعالیت یا اندازه بهینه شرکت‌های توزیع برق پرداخته‌اند.

گیلز و وایات[1] (۱۹۹۳) یک تابع هزینه کل را با استفاده از نمونه‌ای از ۶۰ شرکت توزیع برق نیوزلند برآورده نموده و کاراترین مقیاس فروش را در بازه ۵۰۰ تا ۳۵۰۰ گیگاوات ساعت گزارش کرده‌اند. یاچو[2] (۲۰۰۰) نتایج یافته‌های گیلز و وایات را برحسب تعداد مشترکین تبدیل نموده و حداقل مقیاس کارا برحسب تعداد مشترکین را در ۳۰/۰۰۰ مشترک گزارش نموده‌اند.

فیلیپینی و همکاران[3] (۲۰۰۱) ساختار هزینه ۵۹ شرکت توزیع برق سوئیس را با توجه به کارایی هزینه و کارایی مقیاس صنعت تحلیل نموده‌اند. براساس یافته‌های آن‌ها، حداقل مقیاس کارا برای شرکت‌های مزبور در سطح تولید ۱۰۰۰ گیگاوات‌ساعت به دست می‌آید که حدودا به ۱۰۰/۰۰۰ مشترک مربوط می‌گردد و از آن جایی که شرکت میانه، کمتر از ۱۰/۰۰۰ مشترک دارد، درنتیجه ناکارایی مقیاس قابل توجهی مشاهده می‌گردد.

دسته دیگری از مطالعات به بررسی صرفه‌های مقیاس شرکت‌های توزیع برق پرداخته‌اند. فیلیپینی[4] (۱۹۹۶) صرفه‌های مقیاس شرکت‌های توزیع برق سوئیس را مورد بررسی قرار داده است. براساس یافته‌های وی، وجود صرفه‌های مقیاس برای شرکت‌های کوچک، متوسط و بزرگ تأیید می‌گردد. بنابراین شرط لازم برای برقراری ساختار انحصار

1. Giles and Wyatt
2. Yatchew
3. Filippini et al.
4. Filippini

طبیعی درخصوص این شرکت‌ها وجود دارد. وکا[1] (۲۰۰۵) به بررسی صرفه‌های مقیاس، ادغام و تجدید ساختار شرکت‌های توزیع برق آمریکا پرداخته است. یافته‌ها، وجود صرفه‌های معنی‌دار در سطوح پایین تولید را تأیید می‌نماید. فتز و فیلیپینی[2] (۲۰۱۰) به بررسی صرفه‌های مقیاس و صرفه‌های ادغام عمودی در شرکت‌های توزیع برق سوئیس پرداخته‌اند. نتایج، وجود صرفه‌های مقیاس و صرفه‌های ادغام عمودی قابل ملاحظه در بسیاری از شرکت‌های توزیع برق سوئیس را نشان می‌دهد.

فارسی و همکاران[3] (۲۰۱۰) ساختار هزینه و صرفه‌های مقیاس شرکت‌های توزیع برق فرانسه را مورد مطالعه قرار داده‌اند. یافته‌های آنان حاکی از آن است که اکثریت شرکت‌های توزیع برق فرانسه می‌توانند به طور معنی‌داری از صرفه‌های مقیاس بهره‌برداری نمایند. صرفه‌های مقیاس استفاده نشده بین واحدهای مورد مطالعه می‌تواند به صورت قابل ملاحظه‌ای متغیر باشد. این امر نه تنها متأثر از تغییرات سطح تولید، بلکه به دلیل تفاوت‌های غیرقابل مشاهده در شبکه‌ها و ویژگی‌های تکنولوژیک می‌باشند. چنگ و همکاران[4] (۲۰۱۵) بازده نسبت به مقیاس شرکت‌های توزیع برق نروژ را مورد مطالعه قرار داده‌اند. یافته‌های آنان نشان می‌دهد که اکثریت شرکت‌های توزیع برق نروژ کوچک‌تر از اندازه بهینه بوده و از صرفه‌های مقیاس برخوردار می‌باشند.

المحیش[5] (۲۰۱۷) به ارزیابی تجربی تغییرات فنی بخش برق عربستان سعودی پرداخته است. یافته‌های او نشان می‌دهند که بخش برق عربستان سعودی تحت صرفه‌های چگالی تولید، صرفه‌های چگالی مصرف‌کنندگان و عدم صرفه‌های مقیاس فعالیت می‌نماید. وی نتیجه می‌گیرد که شرکت برق عربستان سعودی برای رسیدن به سطح تولید بهینه، بایستی اندازه خود را گسترش دهد. میدلند و همکاران[6] (۲۰۱۸) به بررسی صرفه‌های مقیاس شرکت‌های توزیع برق نروژ پرداخته‌اند. آنها برای محاسبه بازده نسبت به مقیاس، اقدام به برآورد کشش هزینه ستانده‌ها شامل طول شبکه و تعداد مشترکین، با استفاده از رهیافت رگرسیون کوانتایل نموده‌اند. یافته‌ها نشان‌دهنده صرفه‌های مقیاس بالقوه، مخصوصاً برای کوچک‌ترین شرکت‌ها می‌باشد. همچنین براساس نتایج، بازده نسبت به مقیاس در طول زمان افزایش می‌یابد.

---

1. Kwoka
2. Fetz and Filippini
3. Farsi et al.
4. Cheng et al.
5. Al-Mahish
6. Mydlan et al.

میدلند و همکاران (۲۰۲۰) به منظور آزمون اعتبار تصمیم سیاست‌گذاران مبنی بر تفکیک بخش‌های تولید و توزیع برق، صرفه‌های مقیاس و صرفه‌های تنوع محصول شرکت‌های توزیع برق نروژ را طی دوره زمانی ۲۰۱۴-۲۰۰۴ مورد بررسی قرار داده‌اند. یافته‌های مطالعه حاکی از صرفه‌های بزرگ تنوع محصول می‌باشد. همچنین نتایج، شواهدی از صرفه‌های مقیاس را نشان می‌دهند که بیانگر آن است که گسترش ستانده‌ها، دربرگیرنده صرفه‌جویی هزینه‌ای خواهد بود. شی و همکاران[1] (۲۰۲۱) با برآورد کارایی فنی ۳۰ شرکت برق چینی طی دوره زمانی ۲۰۱۷-۲۰۰۲، اثر مقیاس را در بخش شبکه انرژی چین شامل انتقال و توزیع برق ارزیابی نموده‌اند. نتایج، وجود اثر مقیاس را تأیید می‌نماید. همچنین، بیشتر شرکت‌ها، بازده فزاینده نسبت به مقیاس را نشان می‌دهند.

در ادامه به مطالعاتی اشاره می‌گردد که کارایی، صرفه‌های مقیاس و اندازه بهینه شرکت‌های توزیع برق را مورد توجه قرار داده‌اند. هوانگ و همکاران[2] (۲۰۱۰) کارایی هزینه و مقیاس بهینه شرکت‌های توزیع برق تایوان را طی دوره زمانی ۲۰۰۲-۱۹۹۷ مورد بررسی قرار داده‌اند. آنها نتیجه گرفته‌اند که با توجه به اینکه مقیاس کمتر از حد بهینه یکی از عوامل کارایی پایین شرکت‌های توزیع برق تایوان می‌باشد، در نتیجه ادغام شرکت‌های توزیع برق برای بهبود کارایی آنها مفید خواهد بود.کومباکار و همکاران[3] (۲۰۱۵) کارایی فنی، تغییرات فنی و صرفه‌های مقیاس شرکت‌های توزیع برق نروژ را طی دوره زمانی ۲۰۱۰-۱۹۹۸ مورد بررسی قرار داده‌اند. آنها برای این منظور از تابع فاصله نهاده استفاده نموده‌اند. یافته‌های آنها نشان می‌دهد که عموماً، صرفه‌های مقیاس بالقوه در بین شرکت‌های کوچک‌تر، بالاتر می‌باشد. بیسونی و گوار[4] (۲۰۱۷) کارایی فنی، کارایی مقیاس و اندازه بهینه شرکت‌های توزیع برق هند را مورد یررسی قرار داده‌اند. یافته‌های آنها نشان می‌دهد که اغلب شرکت‌های توزیع برق هند در حالت بازده نسبت به مقیاس کاهنده فعالیت می‌نمایند و این امکان وجود دارد که شرکت‌های توزیع برق مزبور، با کاهش اندازه فعالیت که منجر به کاهش هزینه می‌گردد، کارایی خود را بهبود بخشند.

در نهایت، برخی مطالعات به بررسی رابطه کارایی و اندازه شرکت‌های توزیع برق پرداخته‌اند. آرکوس و دی تولدو[5] (۲۰۰۹) به بررسی کارایی فنی، تغییرات فنی و

1. Xie et al.
2. Huang et al.
3. Kumbhakar et al.
4. Bishnoi and Gaur
5. Arcos and de Toledo

صرفه‌های مقیاس در شرکت‌های برق اسپانیا طی دوره زمانی ۱۹۹۷-۱۹۸۷ پرداخته و نتیجه گرفته‌اند که صنعت برق اسپانیا در دوره زمانی مذکور با ویژگی صرفه‌های مقیاس و انحصار طبیعی شناخته نمی‌شود. همچنین طبق نتایج، شرکت‌های بزرگ‌تر کاراتر از شرکت‌های کوچک‌تر می‌باشند. گرووِیچ و همکاران (۲۰۰۹) از تحلیل مرز تصادفی برای بررسی کارایی شرکت‌های توزیع برق هشت کشور اروپایی استفاده نموده‌اند. یافته‌های آنها نشان می‌دهد که حتی برای بزرگ‌ترین شرکت‌ها، صرفه‌های مقیاس استفاده نشده وجود دارد. همچنین نتایج نشان می‌دهند که شرکت‌های بزرگ‌تر، کارایی فنی بیشتری دارند. میگیس و همکاران[1] (۲۰۱۲) رابطه بین کارایی و عوامل محیطی از جمله اندازه شرکت‌های توزیع برق نروژ را مورد بررسی قرار داده‌اند. بر اساس یافته‌ها، شرکت‌های بزرگ‌تر، به طور معنی‌داری، کارایی فنی بالاتری دارند. سنیونگا و برگلند[2] (۲۰۱۵) در مطالعه خود نشان داده‌اند که صرفه‌های مقیاس استفاده نشده معنی‌داری در نمونه مورد بررسی وجود دارد. همچنین بر اساس نتایج، اپراتورهای با مقیاس کوچک‌تر، عملکرد نسبی بهتری دارند.

کوتو ـ میلان و همکاران[3] (۲۰۱۸) عوامل مؤثر بر کارایی شرکت‌های فعال در بخش برق اروپا را مورد بررسی قرار داده‌اند. آنها برای این منظور از تحلیل مرز تصادفی برای ۴۶۳۹ شرکت واقع در ۲۶ کشور اروپایی طی دوره زمانی ۲۰۱۴-۲۰۰۹ استفاده کرده‌اند. بر اساس نتایج، افزایش مقیاس فعالیت شرکت‌ها به منظور افزایش سطح کارایی آنها توصیه می‌شود. وستربرگ و همکاران[4] (۲۰۲۱) کارایی فنی شرکت‌های توزیع برق سوئد را مورد مطالعه قرار داده‌اند. نتایج نشان می‌دهد که هرچند کارایی بین شرکت‌ها متغیر می‌باشد و اغلب شرکت‌ها در فعالیت خود دچار ناکارایی می‌باشند، اما شرکت‌های با مقیاس کوچک‌تر، با کاهش کارایی مواجه نمی‌باشند.

۲-۲-۲. مطالعات داخلی

در داخل کشور، مطالعات متعددی در زمینه بررسی عملکرد شرکت‌های توزیع برق وجود دارد. فلاحی و همکاران (۱۳۹۰)، سخنور و همکاران (۱۳۹۰)، سخنور و همکاران (۱۳۹۱)،

1. Migueis et al.
2. Senyonga and Bergland
3. Coto-Millán et al.
4. Vesterberg et al.

سلیمی و کرامتی (۱۳۹۴)، برادران و یعقوبی (۱۳۹۴) و محمدلو و همکاران (۱۳۹۵) کارایی شرکت‌های توزیع برق ایران را مورد بررسی قرار داده‌اند. میرهاشمی و همکاران (۱۳۹۷) و اوشنی (۱۳۹۷) با استفاده از روش‌های مختلف، اقدام به برآورد عامل کارایی به عنوان معیاری به منظور تعیین نرخ رشد بهره‌وری هدف در مقررات‌گذاری سقف قیمت نموده‌اند. زیبا (۱۳۸۷) میزان کارایی و بهره‌وری بخش توزیع برق را محاسبه نموده و سپس ضمن تدوین فاکتور X هر بنگاه، به منظور تعیین سقف قیمت هر بنگاه، نتایج و توصیه‌هایی برای این بخش ارائه نموده است. سیماب و حقی فام (۱۳۸۹) به ارزیابی کارایی شرکت‌های توزیع برق و تنظیم کیفیت خدمات آنها در روش مقررات‌گذاری مبتنی بر عملکرد پرداخته‌اند. پورعبادالهان کویچ و همکاران (۱۳۹۶) به تصحیح کارایی شرکت‌های توزیع برق ایران با استفاده از عوامل محیطی پرداخته‌اند. خداداد کاشی و همکاران (۱۳۹۸) با در نظر داشتن هم‌زمان ملاحظات کیفیت خدمات و کارایی شرکت‌های توزیع برق ایران، به هدف‌گذاری بهره‌وری و کیفیت خدمات برای یک دوره مقررات‌گذاری پرداخته‌اند. فلاحی و احمدی (۱۳۸۴) و فلاحی و احمدی (۱۳۸۵) به بررسی کارایی و صرفه‌های مقیاس در شرکت‌های توزیع برق ایران پرداخته‌اند. سخنور و همکاران (۱۳۹۲) کارایی، صرفه‌های مقیاس و صرفه‌های تنوع محصول را در شرکت‌های توزیع برق ایران مورد بررسی قرار داده‌اند. بدین ترتیب به نظر می‌رسد که مطالعات داخلی چندانی در زمینه رابطه کارایی، صرفه‌های مقیاس و صرفه‌های تنوع محصول شرکت‌های توزیع برق ایران با اندازه آنها وجود ندارد که این امر در مطالعه حاضر مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۳. روش‌شناسی تحقیق

در مطالعه حاضر، کارایی، صرفه‌های مقیاس و صرفه‌های تنوع محصول شرکت‌های توزیع برق ایران مورد ارزیابی قرار گرفته و رابطه آنها با اندازه شرکت‌های مذکور مورد بررسی قرار می‌گیرد. برای این منظور از تکنیک تحلیل مرز تصادفی و رهیافت تابع فاصله نهاده استفاده می‌گردد. روش‌های برآورد کارایی در قالب دو دسته پارامتری و غیر پارامتری تقسیم‌بندی می‌شوند. روش مورد استفاده در این مطالعه، مبتنی بر تکنیک پارامتری تحلیل مرز تصادفی است که اولین‌بار توسط اینر و همکاران[1] (۱۹۷۷) و میوسِن و وَن دِن بروئک[2]

1. Aigner et al.
2. Meeusen & van den Broeck

(۱۹۷۷) معرفی گردید. از مزایای این روش، امکان مدل‌سازی شوک‌های تصادفی و خطای اندازه‌گیری در داده‌ها می‌باشد. در این روش، مرز کارا یا بهترین عملکرد، برآورد گردیده و سایر واحدهای تولیدکننده (بنگاهها) بر اساس کارایی برآورد شده‌شان، رتبه‌بندی می‌شوند. به دلیل ماهیت چند نهاده‌ای و چند ستانده‌ای بودن شرکت‌هایی توزیع برق، در مطالعه حاضر برای تصریح تکنولوژی تولید این شرکت‌ها، از رهیافت تابع فاصله[۱] استفاده می‌شود. این رهیافت، نیازمند فروض رفتاری خاص همچون فرض حداقل‌سازی هزینه یا حداکثرسازی سود برای بنگاهها نمی‌باشد[۲]، از همین روی نسبت به رهیافت‌هایی مانند برآورد تابع هزینه یا تابع درآمد، برتری دارد (کوئلی و همکاران[۳]، ۲۰۰۵). تابع فاصله که اولین‌بار توسط شفارد[۴] (۱۹۵۳) معرفی گردید، می‌تواند در دو قالب نهاده‌گرا[۵] و ستانده‌گرا[۶] مطرح شود. تابع فاصله نهاده‌گرا، حداکثر مقدار ممکن کاهش متناسب در بُردار نهاده را به ازای بُردار معین ستانده مشخص می‌سازد، در حالی که تابع فاصله ستانده‌گرا، حداکثر مقدار ممکن بُردار ستانده را به ازای بُردار معین نهاده مشخص می‌نماید. تابع فاصله نهاده‌گرا، امکان برآورد کارایی بنگاهها را زمانی که دسترسی به داده‌های مربوط به قیمت نهاده‌ها وجود ندارد[۷]، میسر می‌سازد (حجرگشت و همکاران[۸]، ۲۰۰۸). درخصوص شرکت‌های توزیع برق، استفاده از تابع فاصله نهاده‌گرا امری رایج می‌باشد، چرا که ستانده‌های شبکه توزیع برق به صورت برون‌زا توسط تقاضای مصرف‌کننده نهایی تعیین می‌شوند و شرکت‌ها صرفاً می‌توانند هزینه‌های ارائه ستانده‌های مزبور را حداقل نمایند (گروویچ و همکاران، ۲۰۱۲). در حالت کلی، تابع فاصله نهاده‌گرا به صورت زیر تعریف می‌گردد:

$$D^I(x,y)=max\left\{\rho:\left(\frac{x}{\rho}\right)\in L(y)\right\} \qquad (۲)$$

جایی که مجموعه نهاده $L(y)$ نشان‌دهنده مجموعه‌ای از تمام بُردارهای نهاده x است که می‌توانند بُردار ستانده y را تولید نمایند. ρ کاهش متناسب در بردار نهاده x را اندازه

1. Distance Function

۲. در شرکت‌ها یا صنایع با مالکیت دولتی (همانند شرکت‌های توزیع برق ایران)، فرض حداقل‌سازی هزینه، مورد تردید می‌باشد (حجرگشت و همکاران، ۲۰۰۸).

3. Coelli et al.
4. Shepard
5. Input Oriented
6. Output Oriented

۷. این امر، به ویژه در مورد نهاده‌های سرمایه‌ای صادق می‌باشد.

8. Hajargasht et al.

می‌گیرد. D^I تابع فاصله نهاده‌گرا می‌باشد که برای کاراترین بنگاه یا بهترین عملکرد، مقدار یک و برای سایر بنگاه‌ها، با افزایش فاصله از مرز عملکرد کارا، مقادیر بزرگتر از یک اختیار می‌نماید. تابع مذکور نسبت به بردار نهاده، مقعر، غیر کاهنده و همگن خطی بوده و نسبت به بردار ستانده، غیر فزاینده و شبه مقعر می‌باشد. کارایی فنی نهاده‌گرای یک بنگاه به صورت معکوس مقدار تابع فوق و از طریق رابطه زیر به دست می‌آید:

$$TE=\frac{1}{D^I(x,y)} \quad 0<TE\le 1 \qquad (3)$$

فرم تابعی ترنسلوگ که اولین بار توسط کریستنسن و همکاران[1] (۱۹۷۳) معرفی گردید، به دلیل برخورداری از مزایای مختلف، برای تصریح تابع فاصله مورد استفاده قرار می‌گیرد. با فرض وجود K نهاده و M ستانده، تابع فاصله نهاده‌گرای ترنسلوگ به شکل زیر تصریح می‌شود:

$$\begin{aligned} lnD_{it}^I = f\left[lnx_{it}, lny_{it}, t\right]+v_{it} = \alpha_0 + \sum_{m=1}^{M}\alpha_m\, lny_{mit} \qquad (4)\\ +\frac{1}{2}\sum_{m=1}^{M}\sum_{n=1}^{M}\alpha_{mn}\, lny_{mit}\, lny_{nit} + \sum_{k=1}^{K}\beta_k\, lnx_{kit}\\ +\frac{1}{2}\sum_{k=1}^{K}\sum_{l=1}^{K}\beta_{kl} lnx_{kit}\, lnx_{lit} + \sum_{k=1}^{K}\sum_{m=1}^{M}\delta_{km} lnx_{kit}\, lny_{mit}\\ +\theta_1 t + v_{it} \end{aligned}$$

که در آن، i بیانگر بنگاه بوده و t نشان‌دهنده زمان می‌باشد که به منظور لحاظ نمودن تغییرات فنی و تمام متغیرهایی که در طول زمان بر بنگاهها اثرگذار بوده، اما جزء نهاده‌ها یا ستانده‌ها نمی‌باشند، وارد مدل می‌گردد. از جمله مزایای فرم تابعی ترنسلوگ، انعطاف‌پذیری آن و امکان تحمیل فرضیاتی از نظریه اقتصاد خرد همچون همگنی و تقارن می‌باشد. به منظور برقراری فروض همگنی خطی و تقارن بایستی روابط به ترتیب (۵) و (۶) بر روی پارامترهای مدل اِعمال گردند:

$$\sum_{k=1}^{K}\beta_k = 1 \quad , \quad \sum_{k=1}^{K}\beta_{kl} = 0 \quad , \quad k=1,2,....,K \qquad (5)$$

$$\sum_{k=1}^{K}\delta_{km} = 0 \quad , \quad m=1,2,.....,M$$

1. Christensen et al.

$$\alpha_{mn}=\alpha_{nm} \quad , \quad m,n=۱,۲,...,M \tag{۶}$$
$$\beta_{kl}=\beta_{lk} \quad , \quad k,l=۱,۲,....,K$$

اِعمال قید همگنی خطی به وسیله تعدیل K–۱ نهاده توسط K اُمین نهاده، منجر به تبدیل رابطه (۴) به رابطه (۷) می‌شود که می‌توان آن را به صورت رابطه (۸) بازنویسی کرد:

$$-ln x_{Kit}=f\left[ln\left(\frac{x_{kit}}{x_{Kit}}\right),ln y_{mit},t\right]+v_{it}-u_{it} \tag{۷}$$
$$ln D_{it}^{I}=u_{it}$$

$$\begin{aligned}-ln x_{Kit} &= f\left[ln\left(\frac{x_{kit}}{x_{Kit}}\right),ln y_{mit},t\right]+v_{it}-u_{it} \qquad (۸)\\ &=\alpha_{۰}+\sum_{m=۱}^{M}\alpha_m ln y_{mi}+\frac{۱}{۲}\sum_{m=۱}^{M}\sum_{n=۱}^{M}\alpha_{mn} ln y_{mi} ln y_{ni}\\ &+\sum_{k=۱}^{K-۱}\beta_k ln\left(\frac{x_{ki}}{x_{Ki}}\right)+\frac{۱}{۲}\sum_{k=۱}^{K-۱}\sum_{l=۱}^{K-۱}\beta_{kl} ln\left(\frac{x_{ki}}{x_{Ki}}\right) ln\left(\frac{x_{li}}{x_{Ki}}\right)\\ &+\frac{۱}{۲}\sum_{k=۱}^{K-۱}\sum_{m=۱}^{M}\delta_{km} ln\left(\frac{x_{ki}}{x_{Ki}}\right) ln y_{mi}+\theta_{۱}t+v_{it}-u_{it}\end{aligned}$$
$$v_{it}\sim iidN\left(۰,\sigma_v^{۲}\right) \quad , \quad u_{it}\sim iidN^{+}\left(۰,\sigma_u^{۲}\right)$$

که در آن، v_{it} جزء خطای تصادفی با توزیع نرمال بوده و u_{it} نمایانگر ناکارایی فنی است که دارای توزیع نیم‌نرمال[1] می‌باشد. رابطه (۸) با استفاده از تکنیک تحلیل مرز تصادفی، قابل برآورد می‌باشد. کارایی فنی برای هر دوره زمانی بنگاه از طریق رابطه زیر به دست می‌آید:

$$TE_{it}=\exp\left(-u_{it}\right) \tag{۹}$$

پس از برآورد تابع فاصله نهاده‌گرا، می‌توان پارامترهای برآوردشده را برای محاسبه صرفه‌های مقیاس و صرفه‌های تنوع محصول به کار برد. صرفه‌های مقیاس که برحسب

1. Half-Normal

بازده به مقیاس[1] (RTS) بیان می‌گردد، واکنش هزینه به افزایش متناسب در تمامی ستانده‌ها را اندازه می‌گیرد. فیر و پریمونت[2] (۱۹۹۶) نشان داده‌اند که بازده نسبت به مقیاس را می‌توان از طریق رابطه زیر به دست آورد:

$$RTS = -\left(\frac{1}{\sum_{m=1}^{M}\varepsilon_m}\right) = -\left(\frac{1}{\sum_{m=1}^{M}\frac{\partial ln D^I}{\partial ln y_m}}\right) \qquad (10)$$

مقادیر بزرگتر از یک، بیانگر بازده فزاینده نسبت به مقیاس و مقادیر کوچکتر از یک، نشان‌دهنده بازده کاهنده نسبت به مقیاس می‌باشند. حجرگشت و همکاران (۲۰۰۸) با استفاده از نظریه دوگان، معیار صرفه‌های تنوع محصول بین دو ستانده m و n را با استفاده از مشتقات مرتبه اول و دوم تابع فاصله نهاده‌گرا به صورت زیر تعریف نموده‌اند:

$$Scope_{mn} = \frac{\partial D}{\partial y_m}\frac{\partial D}{\partial y_n} - \frac{\partial^2 D}{\partial y_m \partial y_n} + \left[\frac{\partial^2 D}{\partial y_m \partial x_1} \cdots \frac{\partial^2 D}{\partial y_m \partial x_K}\right] \times \qquad (11)$$

$$\begin{bmatrix} \frac{\partial^2 D}{\partial x_1^2} + \frac{\partial D}{\partial x_1}\frac{\partial D}{\partial x_1} & \cdots & \frac{\partial^2 D}{\partial x_1 \partial x_K} + \frac{\partial D}{\partial x_1}\frac{\partial D}{\partial x_K} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial^2 D}{\partial x_K \partial x_1} + \frac{\partial D}{\partial x_K}\frac{\partial D}{\partial x_1} & \cdots & \frac{\partial^2 D}{\partial x_K^2} + \frac{\partial D}{\partial x_K}\frac{\partial D}{\partial x_K} \end{bmatrix}^{-1} \times \begin{bmatrix} \frac{\partial^2 D}{\partial x_1 \partial y_n} \\ \vdots \\ \frac{\partial^2 D}{\partial x_K \partial y_n} \end{bmatrix}$$

مقادیر منفی نشان‌دهنده صرفه‌های تنوع محصول و مقادیر مثبت نشانگر عدم صرفه‌های تنوع محصول می‌باشند.

یکی از مهم‌ترین موضوعات در تحلیل‌های کارایی، انتخاب متغیرهای نهاده و ستانده می‌باشد. به بیان گروویچ و همکاران (۲۰۰۹)، شرکت‌های توزیع برق، مقدار انرژی مورد نیاز را به تعداد معینی از مشتریان به عنوان یک خدمت مشترک فراهم می‌نمایند، بنابراین در مطالعه حاضر، تعداد مشترکین (CU) و انرژی توزیع شده (DE)، به عنوان ستانده‌های مدل انتخاب گردیده‌اند. درخصوص انتخاب نهاده‌ها نیز، با عنایت به مطالعه پودینه و

1. Return to Scale
2. Fare and Primont

جاماسب (۲۰۱۵)، از هزینه‌های سرمایه‌گذاری[۱] (*In*) و مجموع متغیرهای هزینه‌های عملیاتی (*OPEX*) و هزینه اتلاف انرژی شبکه[۲] (*CNEL*) تحت عنوان متغیر سایر هزینه‌ها (*C*) به عنوان نهاده‌های مدل استفاده گردیده است. هزینه اتلاف انرژی شبکه به عنوان هزینه اثرات خارجی منفی وارد مدل شده است. هزینه اتلاف انرژی شبکه، از حاصل‌ضرب مقدار اتلاف انرژی[۳] (*ELOSS*) در متوسط قیمت فروش برق به دست می‌آید.

٤. داده‌ها

مجموعه داده‌های مورد استفاده در مطالعه حاضر، متشکل از ۳۹ شرکت توزیع برق ایران طی دوره زمانی ۱۳۹۶-۱۳۹۰ می‌باشد. داده‌های مورد استفاده از سالنامه آماری وزارت نیرو و ترازنامه شرکت‌های توزیع برق ایران طی سال‌های مختلف استخراج شده‌اند. همچنین متغیرهای مالی مورد استفاده به قیمت ثابت سال ۱۳۹۰ تبدیل گردیده‌اند. پیش از برآورد مدل، تمامی متغیرها با تقسیم بر میانگین نمونه، نرمال شده‌اند. این کار، بدون اثرگذاری بر ساختار داده‌ها، تأثیر مشاهدات دور افتاده را کاهش می‌دهد[۴] (گرووویچ و همکاران، ۲۰۰۹). جدول (۱) آماره‌های توصیفی متغیرهای مورد استفاده را نمایش می‌دهد.

جدول ۱. آماره‌های توصیفی متغیرهای مورد استفاده

متغیر	واحد	میانگین	انحراف معیار	کمینه	بیشینه
هزینه‌های عملیاتی (*OPEX*)	(میلیون ریال)	٢١٥٤١٨/٢	١٥٧٢٦٣/١	٤٢٠٥٨/٠١	١٠٨٢٤٠٨
هزینه‌های سرمایه‌گذاری (*In*)	(میلیون ریال)	٢٢٧٩٩٤/٢	١٤٦٥٦٧/٧	٠	١١٤٢٣١٤
هزینه اتلاف انرژی شبکه (*CNEL*)	(میلیون ریال)	١٩٦٠٦٢/٩	١٨٨٧٥٨/٤	٢١٩١٤/٢	١٣٤٥٨٣
تعداد مشترکین (*CU*)		٨٠٣٦٨٤/٤	٦٥٨٥٤٥/٥	١٧٠٧٤٨	٤٤٥٦٩٤٨
انرژی توزیع‌شده (*DE*)	(میلیون کیلووات ساعت)	٤٥٧٦/٨٧٨	٣٥٠٧/٨٦١	٨٣٦	٢٠٣٨٠

منبع: یافته‌های تحقیق

۱. مقادیر هزینه‌های سرمایه‌گذاری در ترازنامه شرکت‌های توزیع برق گزارش گردیده است.

2. Cost of Network Energy Loss

3. Energy Loss

۴. در این حالت، ضرایب مرتبه اول می‌تواند به عنوان کشش ستانده در میانگین نمونه تعبیر گردند (کوئلی و همکاران، ۲۰۰۳).

۵. تجزیه و تحلیل یافته‌ها

در این قسمت، نتایج مدل برآوردشده مورد بررسی قرار می‌گیرد که با تجزیه و تحلیل کارایی فنی، صرفه‌های مقیاس و صرفه‌های تنوع محصول شرکت‌های توزیع برق صورت می‌پذیرد. جدول (۲) نتایج برآورد تابع فاصله نهاده‌گرا را برای مدل مورد نظر نشان می‌دهد. ضرایب مرتبه اول ستانده‌ها و نهاده، از نظر آماری معنی‌دار بوده و علائم مورد انتظار را دارند. علائم ضرایب مرتبه اول ستانده‌ها نشان می‌دهند که با افزایش تعداد مشترکین و انرژی توزیع شده، سایر هزینه‌ها افزایش می‌یابد. همچنین علامت ضریب مرتبه اول نهاده نشان می‌دهد که با افزایش هزینه‌های سرمایه‌گذاری، سایر هزینه‌ها کاهش می‌یابد که این امر حاکی از جانشینی بین دو نهاده هزینه‌های سرمایه‌گذاری و سایر هزینه‌ها است. مقدار آماره آزمون والد، تأثیر سیستماتیک متغیرهای توضیحی بر متغیر وابسته را در سطح معنی‌داری بالا نشان می‌دهد.

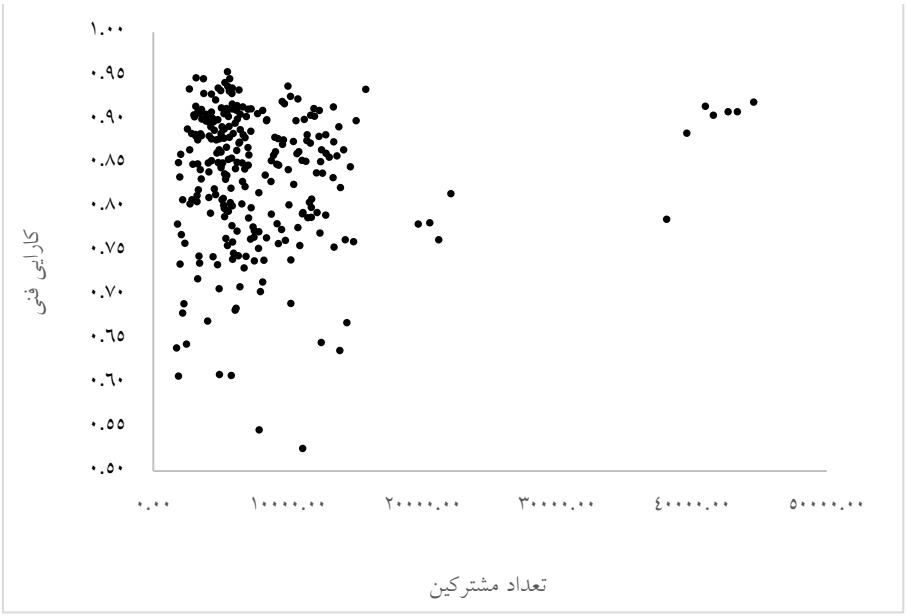
جدول ۲. نتایج برآورد مدل

متغیر وابسته: $ln(C)$ -	
ضریب	متغیر
-۰/۵۰۷۰***	$ln(CU)$
-۰/۳۴۷۵***	$ln(DE)$
۰/۹۳۳۳***	$ln(CU)*ln(DE)$
-۱/۲۵۱۶***	$\frac{1}{2}ln^2(CU)$
-۰/۷۶۸۶***	$\frac{1}{2}ln^2(DE)$
۰/۲۴۶۳***	$ln\left(\frac{In}{C}\right)$
۰/۲۵۶۶**	$\frac{1}{2}ln^2\left(\frac{In}{C}\right)$
-۰/۰۶۲۷	$ln\left(\frac{In}{C}\right)\times ln(CU)$
۰/۰۲۰۸	$ln\left(\frac{In}{C}\right)\times ln(DE)$
۰/۲۷۰۴***	$Constant$
$Prob > \chi^2$ = ۰/۰۰۰	$Wald\ \chi^2$ (۹) =۲۱۳۰/۹۳
توجه: *، ** و *** به ترتیب نشان‌دهنده سطح معنی‌داری ۱۰، ۵ و ۱ درصد می‌باشند.	

منبع: یافته‌های تحقیق

از روی نتایج مدل مزبور، کارایی فنی سالانه هر یک از شرکت‌های توزیع برق محاسبه گردیده است[1]. در نمودار (۱) پراکنش کارایی‌های فنی مزبوردر مقابل اندازه شرکت‌ها آورده شده است.

نمودار ۱. کارایی فنی و اندازه شرکت‌های توزیع برق ایران



منبع: یافته‌های تحقیق

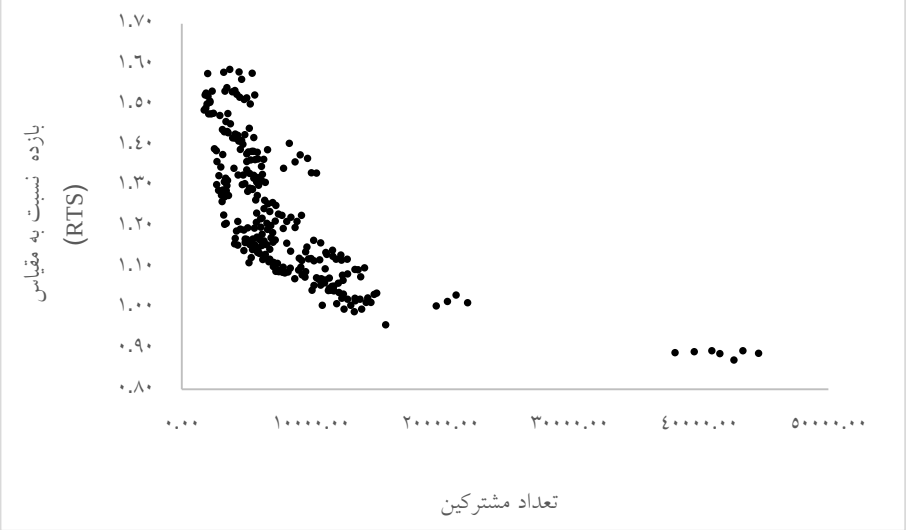
به منظور بررسی رابطه بین کارایی فنی و اندازه شرکت‌ها، شرکت‌های توزیع برق به سه گروه کوچک، متوسط و بزرگ طبقه‌بندی گردیده‌اند. معیار طبقه‌بندی مزبور، به پیروی از گرووِیچ و همکاران (۲۰۰۹)، به این ترتیب بوده است که با مرتب کردن شرکت‌ها از کوچک به بزرگ از منظر تعداد مشترکین، شرکت‌هایی که در مجموع، به ۵۰ درصد تعداد کل مشترکین، ارائه خدمات می‌دهند به عنوان شرکت‌های کوچک در نظر گرفته می‌شوند. شرکت‌هایی که در مجموع، بین ۵۰ تا ۹۵ درصد تعداد کل مشترکین را ارائه خدمات می‌دهند به عنوان شرکت‌های متوسط دسته‌بندی می‌شوند، و در نهایت، شرکت‌هایی که در مجموع، به ۵ درصد تعداد کل مشترکین، ارائه خدمات می‌دهند به عنوان شرکت‌های

۱. با عنایت به تعدد کارایی‌های فنی محاسبه‌شده (هر شرکت در هر سال)، میانگین کارایی فنی هر شرکت طی دوره زمانی مورد بررسی در پیوست ارائه شده است.

بزرگ تعریف می‌گردند. میانگین کارایی فنی شرکت‌های کوچک، متوسط و بزرگ، به ترتیب برابر ۰/۸۴۶۱، ۰/۸۲۵۴ و ۰/۸۹۰۱ به دست می‌آید. بدین ترتیب، با عنایت به اینکه مطابق نتایج، میانگین کارایی فنی، با افزایش اندازه شرکت‌ها، ابتدا کاهش یافته و سپس افزایش می‌یابد، بنابراین فرضیه اول تحقیق، مبنی بر وجود کارایی بیشتر برای شرکت‌های بزرگ تأیید نمی‌گردد. در ادامه، بازده نسبت به مقیاس و صرفه‌های تنوع محصول محاسبه گردیده و پراکنش آنها در مقابل تعداد مشترکین، به ترتیب در نمودارهای ۲ و ۳ آمده است. بررسی بازده نسبت به مقیاس نشان‌دهنده وجود صرفه‌های مقیاس در قریب به اتفاق شرکت‌ها می‌باشد، هرچند که با بزرگ‌تر شدن شرکت‌ها، بهره‌مندی آنها از مزایای بازده نسبت به مقیاس، کاهش می‌یابد. میانگین بازده نسبت به مقیاس شرکت‌های کوچک، متوسط و بزرگ، به ترتیب برابر ۱/۳۴۶۵، ۱/۱۲۸۳ و ۰/۸۸۸۷ می‌باشد. با عنایت به این امر که اندازه بهینه شرکت جایی است که بازده نسبت به مقیاس آن برابر یک باشد، می‌توان گفت که مقیاس فعالیت اغلب شرکت‌های توزیع برق ایران کمتر از اندازه بهینه بوده و شرکت‌های کوچک و متوسط نتوانسته‌اند از تمام صرفه‌های مقیاس بالقوه خود استفاده نمایند. این در حالی است که شرکت تهران بزرگ از عدم صرفه‌های مقیاس رنج می‌برد که می‌تواند ناشی از اندازه بیش از حد بزرگ آن باشد. می‌توان نتیجه گرفت که به جز شرکت تهران بزرگ، اندازه سایر شرکت‌ها بایستی افزایش یابد که این امر می‌تواند از طریق ادغام افقی شرکت‌های قابل ادغام، و یا گسترش خدمات آنها صورت پذیرد. همچنین مطابق نمودار (۲)، صرفه‌های تنوع محصول نیز در سرتاسر نمونه قابل مشاهده می‌باشد، هرچند که با بزرگ‌تر شدن شرکت‌ها، میزان صرفه‌های تنوع محصول کاهش می‌یابد.

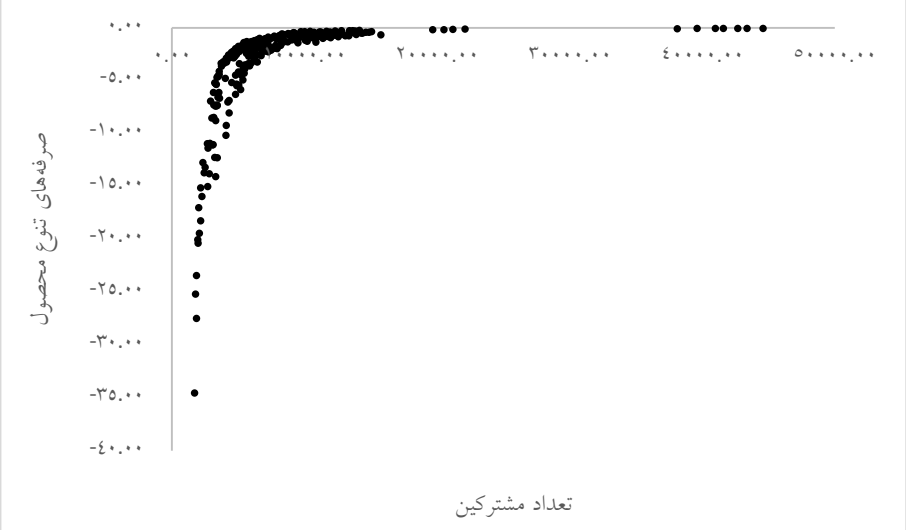
بدین ترتیب می‌توان گفت که با عنایت به وجود صرفه‌های مقیاس و صرفه‌های تنوع محصول، شرط لازم برای برقراری ساختار انحصار طبیعی درخصوص شرکت‌های توزیع برق ایران وجود دارد. علیرغم این، فرضیه صرفه‌های مقیاس مبنی بر کارایی فنی بیشتر شرکت‌های بزرگ‌تر تأیید نمی‌شود. این امر با مقایسه میانگین کارایی فنی و میانگین بازده نسبت به مقیاس شرکت‌های کوچک، متوسط و بزرگ در جدول (۳) نشان داده شده است.

نمودار ۲. بازده نسبت به مقیاس و اندازه شرکت‌های توزیع برق ایران



منبع: یافته‌های تحقیق

نمودار ۳. صرفه‌های تنوع محصول و اندازه شرکت‌های توزیع برق ایران



منبع: یافته‌های تحقیق

جدول ۳. مقایسه میانگین کارایی فنی و میانگین بازده نسبت به مقیاس شرکت‌ها

اندازه شرکت‌ها		
شرکت‌های کوچک	میانگین کارایی فنی	۰/۸٤٦۱
	میانگین *RTS*	۱/۳٤٦٥
شرکت‌های متوسط	میانگین کارایی فنی	۰/۸۲٥٤
	میانگین *RTS*	۱/۱۲۸۳
شرکت‌های بزرگ	میانگین کارایی فنی	۰/۸۹۰۱
	میانگین *RTS*	۰/۸۸۸۷

منبع: یافته‌های تحقیق

٦. جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

علیرغم وجود مطالعات متنوع درخصوص شرکت‌های توزیع برق، برخی از جنبه‌های این صنعت چندان مورد توجه قرار نگرفته است. یکی از این جنبه‌ها، رابطه بین کارایی فنی و اندازه شرکت‌ها می‌باشد. در همین زمینه، فرضیه صرفه‌های مقیاس به این ترتیب مطرح می‌شود که برقراری ویژگی‌های انحصار طبیعی (یعنی وجود صرفه‌های مقیاس و صرفه‌های تنوع محصول)، منجر به کارایی فنی بیشتر شرکت‌های بزرگ‌تر می‌شود. مطالعه حاضر به بررسی این فرضیه درخصوص شرکت‌های توزیع برق ایران پرداخته است. مطابق نتایج حاصله، صرفه‌های مقیاس در اغلب شرکت‌های مورد بررسی وجود داشته، هرچند که با افزایش اندازه شرکت‌ها، بهره‌مندی آنها از مزایای صرفه‌های مقیاس، کاهش می‌یابد. در نتیجه اغلب شرکت‌های توزیع برق ایران در اندازه کمتر از مقیاس بهینه فعالیت می‌نمایند و به جز شرکت تهران بزرگ، بقیه شرکت‌ها صرفه‌های مقیاس استفاده نشده دارند که می‌توان با گسترش خدمات آنها و یا از طریق ادغام شرکت‌ها، از آن بهره‌مند گشت. همچنین، صرفه‌های تنوع محصول در تمامی شرکت‌های مورد بررسی قابل مشاهده بوده و میزان آن، با افزایش اندازه شرکت‌ها، کاهش می‌یابد. بدین ترتیب شرط لازم برای برقراری ساختار انحصار طبیعی درخصوص شرکت‌های توزیع برق ایران وجود دارد. علیرغم این، فرضیه صرفه‌های مقیاس مبنی بر کارایی فنی بیشتر شرکت‌های بزرگ‌تر تأیید نمی‌شود، چرا که با افزایش اندازه شرکت‌ها، کارایی آنها ابتدا کاهش و سپس افزایش می‌یابد.

۷. تعارض منافع

تعارض منافع وجود ندارد.

۸. سپاسگزاری

نویسندگان مقاله از نظرات ارزشمند داوران گرامی در راستای بهبود کیفی مقاله سپاسگزاری می‌نمایند.

ORCID

Mohsen Pourebadollahan Covich https://orcid.org/0000-0002-9148-9133
Elham Nobahar https://orcid.org/0000-0001-7168-1710
Sakineh Sojoodi https://orcid.org/0000-0002-2109-3555
Reza Khalafi https://orcid.org/0000-0002-6103-7304

۹. منابع

اوشنی، محمد. (۱۳۹۷). اندازه‌گیری کارایی شرکت‌های توزیع برق ایران در راستای تنظیم اقتصادی بازار برق ایران. *فصلنامه پژوهش‌های اقتصاد صنعتی*، ۲(۶)، صفحات ۷۰-۴۹.

برادران، وحید؛ یعقوبی، ناهید. (۱۳۹۴). بهبود کیفیت ارزیابی کارایی شرکت‌های توزیع نیروی برق ایران با رویکرد تحلیل پوششی تصادفی غیرپارامتریک داده‌ها (*StoNED*). دوفصلنامه *کیفیت و بهره‌وری صنعت برق ایران*، ۴(۲)، صفحات ۲۶-۱۵.

پورعبادالهان کویچ، محسن؛ فلاحی، فیروز؛ حیدری، کیومرث و کیانی، پویان. (۱۳۹۶). تصحیح کارایی شرکت‌های توزیع برق ایران به وسیله عوامل محیطی: کاربرد تحلیل دو مرحله‌ای (*DEA* و *Tobit*). *فصلنامه پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران*، ۶(۲۳)، صفحات ۸۸-۵۹.

خداداد کاشی، فرهاد؛ اوشنی، محمد؛ قاضی‌زاده، محمد صادق و حیدری، کیومرث. (۱۳۹۸). تنظیم شرکت‌های توزیع برق ایران بر مبنای کیفیت و بهره‌وری. *فصلنامه پژوهشنامه اقتصادی*، ۱۹(۷۵)، صفحات ۳۸-۱.

زیبا، فاطمه. (۱۳۸۷). نظم‌بخشی و وضع مقررات اقتصادی و ارزیابی کارایی و بهره‌وری در شرکت‌های توزیع برق ایران. فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی ایران، ۱۰(۳۴)، صفحات ۲۰۰-۱۷۹.

سخنور، محمد؛ صادقی، حسین؛ عصاری، عباس؛ یاوری، کاظم و مهرگان، نادر. (۱۳۹۰). استفاده از تحلیل پوششی داده‌های پنجره‌ای برای تحلیل ساختار و روند کارایی شرکت‌های توزیع برق ایران. *فصلنامه پژوهش‌های رشد و توسعه اقتصادی*، ۱(۴)، صفحات ۱۸۲-۱۴۵.

سخنور، محمد؛ صادقی، حسین؛ عصاری، عباس؛ یاوری، کاظم و نادران، الیاس. (۱۳۹۱). تعیین کارایی شرکت‌های توزیع برق ایران و عوامل مؤثر بر آن با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها و رویکرد دو مرحله‌ای. *فصلنامه تحقیقات اقتصادی*، ۴۷(۲)، صفحات ۳۹-۲۱.

سخنور، محمد؛ عصاری، عباس؛ صادقی، حسین؛ یاوری، کاظم و مهرگان، نادر. (۱۳۹۲). تخمین توابع فاصله نهاده مرزی و فرامرزی تصادفی برای شرکت‌های توزیع برق ایران و تعیین عوامل مؤثر بر کارایی. *دوفصلنامه سیاست‌گذاری اقتصادی*، ۵(۹)، صفحات ۱۶۸-۱۲۹.

سلیمی، مهرداد و کرامتی، محمدعلی. (۱۳۹۴). ارزیابی و تجزیه کارایی فنی شرکت‌های برق منطقه‌ای ایران با رویکرد سه مرحله‌ای تحلیل پوششی داده‌ها. *دو فصلنامه کیفیت و بهره‌وری صنعت برق ایران*، ۴(۲)، صفحات ۴۸-۳۷.

سیماب، محسن و حقی فام، محمود. (۱۳۸۹). *تنظیم کیفیت توان و محک‌زنی شرکت‌های توزیع برق ایران*. پایان‌نامه دکتری دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر، دانشگاه تربیت مدرس.

علی محمدلو، مسلم؛ دامن کشان، آزیتا و مطفف، زهره. (۱۳۹۵). سنجش کارایی نسبی شرکت‌های توزیع برق کشور: تحلیل پوششی داده‌ها با مرز دوگانه. *دو فصلنامه کیفیت و بهره‌وری صنعت برق ایران*، ۵(۲) ۲، صفحات ۱۱۷-۱۰۸.

فلاحی، محمدعلی و احمدی، وحیده. (۱۳۸۵). ارزیابی کارایی هزینه شرکت‌های توزیع برق در استان خراسان (نگرش مرزی تصادفی). *فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی ایران*، ۸(۲۸)، صفحات ۱۳۷-۱۲۳.

فلاحی، محمدعلی؛ کاظمی، مصطفی و سیدزاده، میترا. (۱۳۹۰). بررسی عوامل مؤثر بر کارایی شرکت‌های برق منطقه ای ایران با تأکید بر فناوری اطلاعات. *دو فصلنامه پژوهشنامه اقتصاد کلان*، ۶(۱۲)، صفحات ۱۰۶-۸۵.

فلاحی، محمدعلی و احمدی، وحیده. (۱۳۸۴). ارزیابی کارایی شرکت‌های توزیع برق در ایران. *فصلنامه تحقیقات اقتصادی*، ۴۰(۴)، صفحات ۳۲۰-۲۹۷.

میرهاشمی، سیدمحمد؛ صدرایی جواهری، احمد؛ مرزبان، حسین و میردهقان اشکذری، سیدمرتضی. (۱۳۹۷). اندازه‌گیری فاکتور X در تنظیم مقررات انگیزشی: مطالعه موردی صنعت توزیع برق ایران. *فصلنامه پژوهش‌های سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی انرژی*، ۴(۱۲)، صفحات ۲۶۳-۲۳۱.

References

Aigner, D. Lovell, C.K. & Schmidt, P. (1977). Formulation and estimation of stochastic frontier production function models. *Journal of Econometrics*, 6(1), pp. 21-37.

Al-Mahish, M. (2017). Economies of scale, technical change, and total factor productivity growth of the Saudi electricity sector. *International Journal of Energy Economics and Policy,* 7(3), pp. 86-94.

Arcos, A. & De Toledo, P. A. (2009). An analysis of the Spanish electrical utility industry: Economies of scale, technological progress and efficiency. *Energy Economics*, 31(3), pp. 473-481.

Bishnoi, N. & Gaur, P. (2017). Technical and Scale Efficiency with its Decomposition in Indian Electricity Distribution Utilities-A State Wise Assessment. In MANAGEMENT INSIGHT A Glimpse of Contemporary Research. DBH Publishers and Distributors. Delhi.

Cheng, X. Bjorndal, E. & Bjorndal, M.H. (2015). Optimal scale in different environments–the case of Norwegian electricity distribution companies. *NHH Dept. of Business and Management Science Discussion Paper*, 2015/22.

Christensen, L.R. Jorgenson, D.W. & Lau, L.J. (1973). Transcendental logarithmic production frontiers. *The Review of Economics and Statistics,* 55(1), pp. 28-45.

Coelli,T.J Rao, D.S.P. O'Donnell, C.J. & Battese, G.E. (2005*). An introduction to efficiency and productivity analysis.* Springer Science & Business Media, New York.

Cooper, W.W. Seiford, L.M. & Tone, K. (2006). *Introduction to data envelopment analysis and its uses: with DEA-solver software and references.* Springer Science & Business Media, NewYork.

Coto-Millán, P. de la Fuente, M. & Fernández, X.L. (2018). Determinants of the European electricity companies' efficiency: 2005–2014. *Energy Strategy Reviews,* 21,1 pp. 49-156.

Fare, R. Primont, D. & Tauchen, H. (1996). Multi-output production and duality: Theory and applications. *Journal of Economic Literature,* 34(3), pp. 1343-1343.

Farsi, M. Filippini, M. Plagnet, M.A. & Saplacan, R. (2010). *The economies of scale in the French power distribution utilities*. Paper presented at the 2010 7th International Conference on the European Energy Market.

Fetz, A. & Filippini, M. (2010). Economies of vertical integration in the Swiss electricity sector. *Energy Economics,* 32(6), pp. 1325-1330.

Filippini, M. (1996). Economies of scale and utilization in the Swiss electric power distribution industry. *Applied Economics,* 28(5), pp. 543-550.

Filippini, M. Wild, J. & Kuenzle, M. (2001). Scale and cost efficiency in the Swiss electricity distribution industry: evidence from a frontier cost approach. *CEPE Working Paper*, 8.

Giles, D. & Wyatt, N.S. (1993). Economies of scale in the New Zealand electricity distribution industry. in *Models, Methods and Applications of Econometrics*, (Ed) P. C. B. Phillips, Blackwell, Oxford, 370-82.

Greer, M. (2010*). Electricity cost modeling calculations,* Academic Press.
Growitsch, C. Jamasb, T. & Pollitt, M. (2009). Quality of service, efficiency and scale in network industries: an analysis of European electricity distribution. *Applied Economics*, 41(20), pp. 2555-2570.
Hajargasht, G. Coelli, T. & Rao, D.P. (2008). A dual measure of economies of scope. *Economics Letters*, 100(2), pp. 185-188.
Huang, Y.J. Chen, K.H. & Yang, C.H. (2010). Cost efficiency and optimal scale of electricity distribution firms in Taiwan: An application of metafrontier analysis. *Energy Economics*, 32(1), pp. 15-23.
Jamasb, T. & Pollitt, M. (2007). Incentive regulation of electricity distribution networks: Lessons of experience from Britain. *Energy Policy*, 35(12), pp. 6163-6187.
Jamasb, T. & Pollitt, M.G. (2011). *The future of electricity demand: customers, citizens and loads.* Cambridge University Press, Cambridge, UK.
Kumbhakar, S. & Lovell, K. (2000). *Stochastic frontier analysis.* Cambridge University Press, Cambridge, UK.
Kumbhakar, S.C. Amundsveen, R. Kvile, H.M. & Lien, G. (2015). Scale economies, technical change and efficiency in Norwegian electricity distribution, 1998–2010. *Journal of Productivity Analysis,* 43(3), pp. 295-305.
Kwoka, Jr J.E. (2005). Electric power distribution: economies of scale, mergers, and restructuring. *Applied Economics*, 37(20), pp.2373-2386.
Meeusen, W. & van Den Broeck, J. (1977). Efficiency estimation from Cobb-Douglas production functions with composed error. *International Economic Review*, pp. 435-444.
Miguéis, V.L. Camanho, A.S. Bjørndal, E. & Bjørndal, M. (2012). Productivity change and innovation in Norwegian electricity distribution companies. *Journal of the Operational Research Society*, 63(7), pp. 982-990.
Mydland, Ø. Haugom, E. & Lien, G. (2018). Economies of scale in Norwegian electricity distribution: a quantile regression approach. *Applied Economics.* 50(40), pp.4360-4372.
Mydland, Ø. Kumbhakar, S.C. Lien, G. Amundsveen, R. & Kvile, H.M. (2020). Economies of scope and scale in the Norwegian electricity industry. *Economic Modelling*, 88, pp. 39-46.
Senyonga, L. & Bergland, O. (2015). *Quality of Service Regulation, Firm Size, Technical Efficiency and Productivity in Electricity Distribution*. Paper presented at the The Dynamic Energy Landscape, 33rd USAEE/IAEE North American Conference, pp. 25-28.
Shephard, R.W. (1953). *Theory of cost and production functions.* Princeton University Press, Princeton, USA.

Vesterberg, M. Zhou, W. & Lundgren, T. (2021). Wind of change: Small-scale electricity production and distribution-grid efficiency in Sweden. *Utilities Policy*, 69, 101175.

Xie, B.C. Ni, K.K. O'Neill, E. & Li, H.Z. (2021). The scale effect in China's power grid sector from the perspective of malmquist total factor productivity analysis. *Utilities Policy*, 69, 101187.

Yatchew, A. (2000). Scale economies in electricity distribution: A semiparametric analysis. *Journal of Applied Econometrics*, 15(2), pp.187-210.

پیوست

جدول میانگین کارایی فنی شرکت‌های توزیع برق ایران

اندازه شرکت‌ها	نام شرکت	میانگین کارایی فنی
شرکت‌های کوچک	شهر اهواز	۰/۸۳٦۵
	استان اردبیل	۰/۸۷۲۱
	استان بوشهر	۰/۸۸٤۲
	چهارمحال و بختیاری	۰/۸۳۷٤
	استان هرمزگان	۰/۷٦٦٦
	استان ایلام	۰/۷۹۲۳
	کهگیلویه و بویر احمد	۰/۷۰۹۸
	استان کردستان	۰/۹۱۳۰
	استان لرستان	۰/۷۸۲۵
	خراسان شمالی	۰/۸۲۸٤
	شمال کرمان	۰/۷۹٤۹
	استان قزوین	۰/۹۳۰٦
	استان قم	۰/۸۵۲۵
	استان سمنان	۰/۸۸۵۷
	جنوب کرمان	۰/۸٤۵۱
	خراسان جنوبی	۰/۹۰۹۷
	غرب مازندران	۰/۸٤۸٦
	استان یزد	۰/۸۹۸۵
	استان زنجان	۰/۸۹٤٦
شرکت‌های متوسط	استان البرز	۰/۸۱۷۷
	استان مرکزی	۰/۸٦۳۰
	آذربایجان شرقی	۰/۷٤۳۰
	استان فارس	۰/۸۸۸۸
	استان گیلان	۰/۸٤۱۵
	استان گلستان	۰/۸٤٦٤
	استان همدان	۰/۸۸۸۲

اندازه شرکت‌ها	نام شرکت	میانگین کارایی فنی
	شهر اصفهان	۰/۸۷٦۸
	استان اصفهان	۰/۸٦۱۷
	استان کرمانشاه	۰/۸۲۷٦
	خراسان رضوی	۰/۹۰۸۱
	استان خوزستان	۰/۸۰۱۹
	مشهد	۰/۸۵۵۸
	استان مازندران	۰/۷۷٦۹
	شیراز	۰/۷٦۹۳
	سیستان و بلوچستان	۰/۷٤۷۷
	تبریز	۰/۸٤٦۳
	نواحی تهران	۰/۷۰۷۵
	آذربایجان غربی	۰/۸۱٤٦
شرکت‌های بزرگ	تهران بزرگ	۰/۸۹۰۱

استناد به این مقاله: پورعبادالهان کویچ، محسن، نوبهار، الهام، سجودی، سکینه، خلفی، رضا. (۱۴۰۰). کارایی و مقیاس: شواهدی از شرکت‌های توزیع برق ایران، پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران، ۳۹ (۱۰)، ۷۱-۹۷.

Iranian Energy Economics is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.