پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران
سال ششم ، شماره 23، تابستان1396، صفحات 88-59

تصحیح کارایی شرکت‌های توزیع برق ایران به وسیله عوامل محیطی: کاربرد تحلیل دو مرحله‌ای (DEA و Tobit) *

محسن پورعبادالهان کویچ[1]
فیروز فلاحی[2]
کیومرث حیدری[3]
پویان کیانی[4]

تاریخ وصول: 1396/03/27 تاریخ پذیرش:1396/08/02

چکیده:

از آنجایی که شرکت‌های توزیع برق در شرایط محیطی مختلف فعالیت می‌نمایند که ممکن است بر کارایی آنها تاثیر گذارد و با عنایت به استفاده از این مقادیر کارایی برای مقاصدی همچون مقررات‌گذاری اقتصادی، ضرورت دارد که کارایی این شرکت‌ها به وسیله عوامل محیطی تصحیح گردد. در مطالعه حاضر، این کار برای شرکت‌های توزیع برق ایران با استفاده از کاربرد تحلیل دو مرحله‌ای (DEA و Tobit) صورت می‌پذیرد. برای این منظور، ابتدا با استفاده از روش DEA، به اندازه‌گیری کارایی 39 شرکت توزیع برق ایران طی سال 1394 پرداخته می‌شود. سپس تاثیر عوامل محیطی بر کارایی این شرکت‌ها با استفاده از روش Tobit مورد بررسی قرار می‌گیرد. نتایج مدل نشان داد که متغیرهای میزان بارش باران و ترکیب مشتریان به ترتیب اثر منفی و مثبت بر کارایی شرکت‌های توزیع برق ایران دارند. در نهایت کارایی‌های اولیه با استفاده از عوامل

---

* این مقاله برگرفته از رساله دانشجوی دکتری آقای پویان کیانی می‌باشد.

1.دانشیار، دانشگاه تبریز (نویسنده مسئول)
mohsen_p54@hotmail.com
2. دانشیار، دانشگاه تبریز
ffallahi@tabrizu.ac.ir
3.استادیار، پژوهشگاه نیرو
Kioumars.h@gmail.com
4. دانشجوی دکتری اقتصاد صنعتی، دانشگاه تبریز
kiani.pu@gmail.com

محیطی موثر، که همانا میزان بارش باران و ترکیب مشتریان می‌باشند، مورد تصحیح قرار می‌گیرند. مقایسه اندازه کارایی‌های محاسبه شده اولیه و تصحیح شده حاکی از ایجاد تغییر در اندازه کارایی و رتبه شرکت‌های توزیع برق می‌باشد، به نحوی که شرکت-های توزیع برقی که بارش باران بیشتر از میانگین و مشتریان صنعتی کمتری نسبت به میانگین داشتند، کاراییشان افزایش پیدا کرده است و برعکس.

طبقه‌بندی JEL: Q48 ،L94 ،L16 ،O13

کلیدواژه‌ها: کارایی، عوامل محیطی، شرکت‌های توزیع برق، تحلیل دو مرحله‌ای، ایران.

1. مقدمه

شرکت‌های توزیع برق معمولا به صورت انحصار طبیعی محلی عمل می‌کنند که در بیشتر کشورها، توسط سازمان‌های نظارتی ایجاد شده به وسیله دولت، کنترل می‌شوند. کنترل قدرت انحصاری بنگاه‌هایی همچون شرکت‌های توزیع برق را مقررات‌گذاری می‌نامند. یکی از مهم‌ترین چالش‌های پیش روی مقررات‌گذار، تعیین قیمت یا درآمد مناسب برای شرکت-های توزیع برق است. این چالش از عدم تقارن اطلاعات بین مقررات‌گذار و بنگاه تحت مقررات‌گذاری ناشی می‌شود (نیلسن و پولیت[1]، 2007). به منظور حل این مشکل، نظام‌های مقررات‌گذاری بیشتر به سمت مقررات‌گذاری مبتنی بر انگیزه[2] و مقررات‌گذاری مبتنی بر عملکرد[3] تمایل پیدا کرده‌اند (جسکو[4]، 2006؛ جاماسب[5] و پولیت، 2000). از ویژگی‌های مهم روش‌های مقررات‌گذاری مبتنی بر انگیزه، استفاده از عامل کارایی است. هدف این گونه مدل‌ها فراهم نمودن شرایطی است که انحصارگر انگیزه لازم برای استفاده از اطلاعات منحصر به فرد خود را داشته باشد که به منظور بهبود عامل کارایی، سعی و تلاش بیشتری در جهت کاهش هزینه‌ها انجام دهد تا اطمینان حاصل شود که مصرف‌کنندگان از دستاوردهای این کارایی بهره‌مند می‌شوند. هر چند استفاده از عامل کارایی، مشکل عدم تقارن اطلاعات

1.Nillesen and Pollitt (2007)
2.Incentive-Based Regulation
3.Performance-Based Regulation
4.Joskow (2006)
5.Jamasba (2000)

را تا حدودی کاهش می‌دهد، اما صحت کارایی‌های محاسبه شده محل مناقشه می‌باشد، چرا که کارایی‌های مزبور معمولا با عوامل برونزایی مرتبط هستند که در قالب عوامل محیطی بر بنگاه مقررات‌گذاری شده تاثیر می‌گذارند (شلفر[1]، 1985). به عبارت دیگر تفاوت سطح کارایی بین بنگاه‌ها ممکن است ناشی از تفاوت شرایط محیطی آنها باشد، فلذا کارایی‌های به دست آمده بایستی به وسیله عوامل محیطی موثر، تصحیح شوند. با عنایت به این امر که شرکت‌های توزیع برق نیز در محیط‌های عملیاتی مختلفی فعالیت می‌نمایند و نوعی از ناهمگنی بین آنها وجود دارد، فلذا احتمال بروز مشکل مزبور در مورد آنها نیز وجود دارد. شرکت‌های توزیع برق با گستره وسیعی از عوامل محیطی روبرو هستند. برای مثال مناطق شهری با تراکم جمعیت زیاد و نیاز بیشتر به کابل‌های زیرزمینی، مناطق ساحلی با بادهای قوی و گرد و غبار، مناطق کوهستانی با رانش زمین، بارش برف و دسترسی مشکل به خطوط توزیع برق و در نهایت مناطق جنگلی با جنگل‌های به سرعت در حال رشد مواجه هستند که این عوامل به وضوح بر هزینه ارائه خدمات برق در این مناطق تاثیر می‌گذارند (آماندسوین و همکاران[2]، 2014). این امر می‌تواند در کارایی شرکت‌های توزیع برق فعال در مناطق مختلف موثر باشد. با توجه به این که این عوامل از کنترل مستقیم مدیریت شرکت‌ها خارج هستند، فلذا باید کارایی شرکت‌های توزیع برق مورد ارزیابی مجدد قرار گرفته و به وسیله عوامل محیطی موثر بر آن‌ها تصحیح شوند.

این مطالعه به دنبال بررسی تاثیر عوامل محیطی بر کارایی شرکت‌های توزیع برق ایران و تصحیح کارایی‌های مزبور به وسیله عوامل محیطی موثر می‌باشد. برای این منظور، ابتدا کارایی 39 شرکت توزیع برق ایران طی سال 1394 با استفاده از روش DEA محاسبه می‌شود، سپس تاثیر عوامل محیطی بر کارایی این شرکت‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد. در نهایت کارایی شرکت‌های مزبور با استفاده از تاثیر عوامل محیطی موثر مورد تصحیح قرار می‌گیرد.

1.Shleifer (1985)

2.Amundsveen et al. (2014)

سازماندهی مقاله به این ترتیب است که بعد از مقدمه حاضر، در بخش دوم به مروری بر ادبیات پژوهش پرداخته می‌شود. بخش سوم به روش‌شناسی پژوهش اختصاص دارد. بخش چهارم پژوهش شامل تجزیه و تحلیل یافته‌های پژوهش است. در نهایت، بخش پنجم به جمع‌بندی و نتیجه‌گیری می‌پردازد.

2.مروری بر ادبیات پژوهش

2-1.مبانی نظری

در ادبیات موضوع کارایی دو روش عمده تحلیل مرز تصادفی[1] (SFA) و تحلیل پوششی داده‌ها[2] (DEA) وجود دارد که هر یک از آنها دارای مزایا و معایب خاص خود می‌باشند[3]. در اغلب مطالعات موجود در زمینه کارایی شرکت‌های توزیع برق از روش DEA استفاده شده است. تاناسولیس و همکاران[4] (2008) مزایایی برای تعیین عملکرد شرکت‌ها توسط روش DEA ذکر کرده‌اند، به عنوان مثال این روش به دلیل ساده بودن، درک درستی از ارزیابی کارایی به کاربران غیر فنی می‌دهد و بدین ترتیب یادگیری سازمانی را تسهیل می‌کند. همچنین روش DEA به طور گسترده‌ای توسط مقررات‌گذاران به کاربرده شده است. مدل‌های DEA از دو رویکرد نهاده محور[5] و ستاده محور[6] استفاده می‌کنند. DEA در مدل با رویکرد نهاده محور، مرز را با ثابت نگه داشتن سطوح ستاده و جستجوی حداکثر کاهش نسبی در استفاده از نهاده‌ها مشخص می‌کند، اما DEA در مدل با رویکرد ستاده محور، با ثابت در نظر گرفتن نهاده‌ها، به دنبال حداکثر افزایش نسبی ممکن در ستاده‌ها است. در صورت وجود شرایط تکنولوژی با بازدهی ثابت نسبت به مقیاس (CRS)، دو مدل مذکور ارزیابی‌های کارایی یکسانی به دست می‌آورند، اما زمانی که تکنولوژی دارای

1.Stochastic Frontier Analysis

2.Data Envelopment Analysis

3.برای اطلاعات بیشتر در این زمینه به مطالعه آزاده و همکاران (2009) مراجعه شود.

4.Thanassoulis et al.

5.Input-Oriented

6.Output-Oriented

بازدهی متغیر نسبت به مقیاس (VRS) باشد، دو مدل مذکور مقیاس‌های کارایی متفاوتی به دست خواهند داد (سخنور و همکاران، 1391).

مدل‌های DEA تنها متغیرهایی را ترکیب می‌کنند که مقدارشان می‌تواند در یک دروه زمانی مشخص به وسیله واحدهای تصمیم‌گیر تغییر کند. این نوع از متغیرهای قابل کنترل، متغیرهای آشکار[1] نامیده می‌شوند. علاوه بر متغیرهای آشکار، برخی متغیرهای غیر آشکار وجود دارد که غالبا خارج از کنترل مدیریت بنگاه می‌باشند. این متغیرها که به عنوان متغیرهای محیطی شناخته می‌شوند ممکن است بر عملکرد (کارایی) بنگاه تاثیر بگذارند. مدل‌های DEA قابلیت کنترل اثرات این عوامل محیطی را دارند. پنج روش اصلی به منظور وارد کردن عوامل محیطی و تصحیح اثرات آنها وجود دارند. این پنج روش عبارتند از 1- روش مجزا[2] 2- روش یک مرحله‌ای[3] (یا وارد کردن مستقیم) 3- روش مبتنی بر رگرسیون دو مرحله‌ای[4] 4- روش مبتنی بر رگرسیون سه مرحله‌ای[5] 5- روش مبتنی بر رگرسیون چهار مرحله‌ای[6] (یانگ و پولیت[7]، 2009).

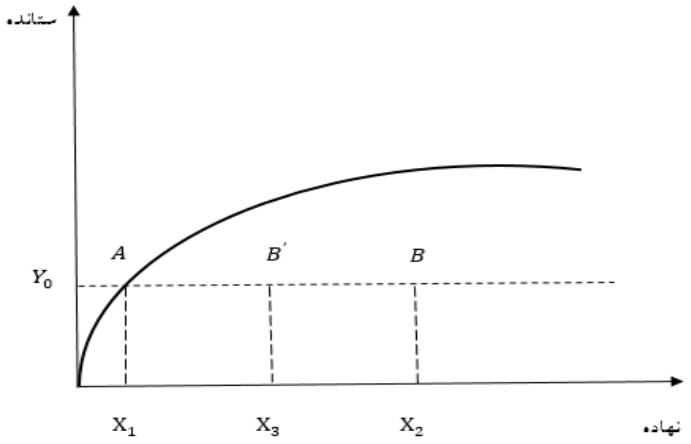
روش دو مرحله‌ای یکی از روش‌های پرکاربرد در ادبیات کارایی است که متغیرهای خارج از کنترل بنگاه (حداقل در کوتاه‌مدت) را در نظر می‌گیرد. در این روش که برای اولین بار توسط تیمر[8] (1971) معرفی شد، در مرحله اول کارایی بنگاه‌ها با استفاده از مدل DEA محاسبه می‌شود. در مرحله دوم به منظور بررسی تاثیر عوامل محیطی بر کارایی بنگاه-ها، کارایی محاسبه شده در مرحله اول بر روی یک مجموعه عوامل محیطی برازش می‌شود. در این مرحله با توجه به اینکه متغیر وابسته (کارایی محاسبه شده توسط DEA) مقداری بین 0 و 1 دارد، باید از روش توبیت که در مطالعاتی با متغیر وابسته محدود کاربرد دارد، استفاده

1.Discretionary
2.A Separation Approach
3.One Stage Approach
4.Two-Stage Regression Based Method
5.Three-Stage Regression Based Method
6.Four-Stage Regression Based Method
7.Yang and Pollitt (2009)
8.Timmer (1971)

شود. مزیت اصلی روش دو مرحله‌ای در آن است که اجازه می‌دهد یک تصحیح مداوم در میزان کارایی انجام شود. به عبارت دیگر، روش دو مرحله‌ای این فرصت را به مدیریت بنگاه می‌دهد که به وسیله برجسته کردن عوامل محیطی خاص، به میزان کارایی محاسبه شده (به منظور مقررات‌گذاری) واکنش نشان دهد، چرا که بررسی اثر متغیرهای محیطی و توصیف آن برای مدیریت بنگاه نسبتا آسان است. با این وجود، علیرغم تصحیح میزان کارایی با عوامل محیطی، هنوز عوامل تصادفی زیادی باقی می‌مانند که می‌توانند بر موقعیت نسبی واحدها موثر باشند.

شکل (1) روش دو مرحله‌ای را در یک مثال ساده با یک نهاده و یک ستانده نشان می‌دهد. بنگاه A روی مرز امکانات تولید قرار گرفته است و دارای کارایی کامل است، در حالی که بنگاه B چنین شرایطی ندارد. کارایی نهاده محور بنگاه B برابر با $\frac{X_1}{X_2}$ است. بخشی از ناکارایی بنگاه B ممکن است به دلیل عوامل محیطی نامطلوب باشد. به عبارت دیگر، استفاده ناکارآمد از نهاده در کنار عوامل محیطی نامطلوب ممکن است بنگاه B را مجبور به استفاده بیشتر از نهاده (X_2) به جای حداقل سطح مورد نیاز نهاده (X_1) نماید. با از بین رفتن عامل محیطی نامطلوب، بنگاه B می‌تواند همان سطح ستانده (Y_0) را با میزان نهاده کمتر (X_3) تولید کند. بدین ترتیب بنگاه B در نقطه‌ای همچون B' که به مرز تولید نزدیک‌تر است، قرار می‌گیرد. در این وضعیت مطلوب‌تر جدید، کارایی بنگاه B از $\frac{X_1}{X_2}$ به $\frac{X_1}{X_3}$ افزایش می‌یابد (سلن[1]، 2013).

1.Çelen (2013)



شکل (1): روش DEA و متغیرهای محیطی
منبع: سلن (2013)

در خصوص شرکت‌های توزیع برق عوامل محیطی متعددی وجود درند که می‌توانند کارایی این شرکت‌ها را تحت تاثیر قرار دهند که در ذیل به برخی از این عوامل اشاره می-شود:

دستمزد: دستمزد بالاتر ممکن است منعکس کننده کار باکیفیت‌تر باشد و یا اینکه نیروی کار را مجبور به تولید بیشتر کند که در هر دو حال موجبات افزایش کارایی را فراهم خواهد آورد. از سوی دیگر دستمزد بالاتر ممکن است باعث تشویق جایگزینی سرمایه به جای کار شود که در این صورت تاثیر آن بر روی کارایی نامشخص خواهد بود. از همین روی رابطه علّی روشنی بین سطح دستمزدها و کارایی پیش‌بینی نمی‌شود (دومانت،[1] 2015).

شرایط آب و هوایی: شرایط آب و هوایی (همچون میزان بارش برف و باران یا میزان دما) می‌تواند هزینه‌های عملیاتی و سرمایه‌ای شرکت‌های توزیع برق را به طور مستقیم تحت تاثیر قرار داده و کاهش کارایی آنها را سبب شود. به عنوان مثال، نگهداری و تعمیرات شبکه توزیع برق برای مناطقی که میزان بارش برف و باران زیاد است دشوارتر از مناطق دیگر

1.Damonte (2015)

است. همچنین بارش برف و باران ممکن است شرکت توزیع برق را مجبور به استفاده بیشتر از کابل‌های زیرزمینی کند و با توجه به گران‌تر بودن کابل‌های زیرزمینی نسبت به کابل‌های هوایی موجبات افزایش هزینه‌های سرمایه‌ای را فراهم آورد. بنابراین انتظار می‌رود که رابطه مستقیمی بین میزان بارش باران و تعداد روزهای یخبندان با هزینه‌های عملیاتی شرکت‌های توزیع برق وجود داشته باشد (نیلسن و پولیت، 2010).

ترکیب مشتریان[1]: ترکیب مشتریان یکی دیگر از عوامل محیطی موثر بر کارایی شرکت-های توزیع برق است. پیش‌بینی می‌شود که شرکت‌هایی که مشتریان صنعتی بیشتری دارند کاراتر از شرکت‌هایی هستند که بیشتر مشتریان آن‌ها خانگی هستند. این امر به خاطر صرفه-های ناشی از تراکم حجم در توزیع است. به علاوه، تقاضای یک مشتری صنعتی در طول زمان به احتمال زیاد باثبات‌تر از تقاضای یک خانوار است، که این امر به شرکت توزیع برق اطمینان می‌دهد که زمانی که مشتریان صنعتی بیشتری وجود دارد شبکه به صورت بهینه‌تری مورد استفاده قرار می‌گیرد (ماهادو،[2] 2015).

عمر دارایی‌ها: عمر دارایی‌ها معمولا به وسیله شاخص تعداد سال‌هایی که از شبکه استفاده شده است، سنجیده می‌شود. ارتباط بین عمر دارایی‌های و کارایی نیز روشن نیست، چرا که از یک سو دارایی‌های قدیمی‌تر نتیجه هزینه‌های سرمایه‌ای کمتر هستند، اما از سوی دیگر دارایی‌های قدیمی‌تر ممکن است هزینه‌های عملیاتی بالاتری داشته باشند (نیلسن و پولیت، 2010).

تراکم اتصال: با افزایش تعداد اتصالات در هر کیلومتر مربع (یا طول شبکه)، احتمالا هزینه متوسط کاهش پیدا می‌کند. این موضوع به دلیل صرفه‌های مثبت ناشی از تراکم است. با عنایت به ثابت بودن سرمایه‌گذاری در شبکه، اتصالات بیشتر موجب افزایش ضریب بار و سرشکن شدن سرمایه ثابت بر روی همه اتصالات می‌شود. با این حال ممکن است از درجه خاصی از تراکم به بعد، هزینه‌ها افزایش یابد. به عنوان مثال، ممکن است هزینه‌های فعالیت شرکت‌های شبکه‌ای در شهرهایی با تراکم بالا، به دلیل فزاینده بودن شرایط سختی کار در

1.Customer Mix

2.Mahadeo (2015)

این شهرها، افزایش یابد (به عنوان مثال حفر کردن خیابان‌های شلوغ). همچنین هزینه‌های بالاتر این شرکت‌ها ممکن است به دلیل هزینه‌های دستمزد بالاتر باشد. از سوی دیگر، این شرکت‌ها ممکن است به منظور حصول اطمینان، نیاز به تقویت سیستم فراتر از شرایط نرمال داشته باشند، چرا که خسارت اقتصادی ناشی از قطع برق در مناطق با تراکم جمعیتی بالا زیاد می‌باشد. در خصوص رابطه بین تراکم اتصال و کارایی شرکت‌های توزیع برق، بسیاری از مطالعات به رابطه منفی دست یافته‌اند، هر چند در برخی از مطالعات شواهدی دال بر وجود یک ارتباط غیر خطی بین تراکم اتصال و کارایی به دست آمده است (سلن، 2013).

درصد کابل هوایی: کابل‌های هوایی به دلایلی همچون آسیب‌های ناشی از طوفان، نیازمند نگهداری عملیاتی بیشتری نسبت به کابل‌های زیرزمینی هستند. بنابراین، انتظار می‌رود که وجود درصد بالایی از کابل‌های هوایی، تاثیر منفی بر کارایی هزینه‌های عملیاتی شرکت‌های توزیع برق بگذارد. کابل‌های زیرزمینی علیرغم گران‌تر بودن نسبت به کابل‌های هوایی (که باعث افزایش هزینه‌های سرمایه‌ای می‌شود) نیازمند نگهداری چندانی نیستند، فلذا درصد بالای کابل‌های زیرزمینی می‌تواند تاثیر مثبتی بر کارایی هزینه‌های عملیاتی داشته باشد، اما تاثیر آن بر کارایی هزینه‌های کل (که شامل هزینه‌های سرمایه‌ای نیز می‌باشد) منفی خواهد بود (نیلسن و پولیت، 2010).

2-2.پیشینه تجربی

هر چند مطالعات خارجی متعددی وجود دارند که کارایی شرکت‌های توزیع برق را مورد ارزیابی قرار داده‌اند اما تعداد مطالعاتی که به تصحیح کارایی شرکت‌های توزیع برق با استفاده از عوامل محیطی پرداخته‌اند، اندک است. در جدول (1) به برخی از این مطالعات اشاره شده است.

جدول (1): مطالعات خارجی

نویسندگان	مورد مطالعه و بازه زمانی	روش تحقیق	عوامل محیطی موثر
نیلسن و پولیت (2010)	109 شرکت توزیع برق آمریکا در سال 2003	DEA و Tobit	دستمزد، ترکیب مشتریان و ادغام عمودی
سلن (2013)	21 شرکت توزیع برق ترکیه طی دوره زمانی 2009-2002	DEA و Tobit	تراکم مشتریان در یک منطقه و مالکیت خصوصی
انایا و پولیت[1] (2014)	شرکت‌های توزیع برق آمریکا جنوبی طی دوره زمانی 2008-1998	SFA	میزان بارش باران، کمینه دما و بیشینه دما
ماهادو (2015)	شرکت‌های توزیع برق هند طی دوره زمانی 2012-1995	DEA و بوت استرپ	نرخ تعرفه‌ها، ترکیب مشتریان، تراکم جمعیت، مالکیت و یارانه
دومانت (2015)	شرکت‌های توزیع برق برزیل طی دوره زمانی 2009-2004	رویکرد سه مرحله‌ای	دستمزد، میزان بارش باران و شاخص پیچیدگی اقتصادی - اجتماعی[2]

منبع: یافته‌های پژوهش

در جدول (2) برخی از مطالعات داخلی مرتبط با محاسبه کارایی در شرکت‌های توزیع برق ایران آورده شده است.

1.Anaya and Pollitt (2014)

2.Socioeconomic Complexity Index

جدول (2): مطالعات داخلی

نویسندگان	مورد مطالعه و بازه زمانی	روش تحقیق	نتیجه
امامی میبدی[1] (1998)	30 شرکت توزیع برق ایران در سال 1995	DEA	عدم کارایی فنی و مقیاس سهم یکسانی در عدم کارایی شرکت‌های توزیع برق در ایران داشته‌اند و بیشتر شرکت‌ها در ناحیه بازدهی صعودی نسبت به مقیاس فعالیت می‌کرده‌اند.
فلاحی و احمدی (1384)	42 شرکت توزیع برق ایران طی دوره زمانی 1380-1377	DEA	عدم کارایی مقیاس مهم‌ترین عامل عدم کارایی شرکت‌های توزیع برق ایران بوده است.
آزاده و همکاران (2009)[2]	شرکت‌های توزیع برق ایران طی دوره زمانی 2004-2000	DEA، COLS[3]، SFA[4]، PAC[5]	روش DEA-CRS نهاده محور به عنوان مناسب‌ترین روش انتخاب شده است.
زراء نژاد و یوسفی حاجی آباد (1390)	41 شرکت توزیع برق ایران طی دوره زمانی 1385-1382	SFA	شرکت‌های توزیع برق قم و گیلان به ترتیب دارای بالاترین و پایین‌ترین میزان کارایی بوده‌اند.
سخنور و همکاران (1390)	36 شرکت توزیع برق ایران طی دوره زمانی 1388-1381	DEA	میانگین کارایی پنجره‌ای گروه‌های 1 و 2 با توجه به فرا مرز، تحت دو فرض بازدهی ثابت و متغیر نسبت به مقیاس، دارای روند به ترتیب صعودی و نزولی بوده است.
سخنور و همکاران (1391)	36 شرکت توزیع برق ایران طی دوره زمانی 1388-1381	DEA و Tobit	خصوصی‌سازی دارای اثر مثبت و عامل بار شبکه دارای اثر منفی بر کارایی شرکت‌ها بوده است.
برادران و یعقوبی (1394)	39 شرکت توزیع برق ایران طی دوره زمانی 1391-1387	DEA و StoNED	مقایسه رتبه‌ها بیانگر دقت بالاتر روش StoNED در ارزیابی کارایی و رفع مشکلات روش DEA است. عامل موثر سهم طول خطوط زمینی از کل شبکه بود.
آزاده و همکاران (2015)[6]	شرکت‌های توزیع برق ایران طی دوره زمانی 2011-2001	SDEA[7]	طول شبکه مهم‌ترین متغیر در محاسبه کارایی بوده است.

منبع: یافته‌های پژوهش

همان طور که در جدول (2) مشاهده می‌شود، اکثر مطالعات انجام شده برای ایران نیز عوامل محیطی را در نظر نگرفته‌اند. عمده تفاوت این مطالعات در روش مورد استفاده برای

1.Emami Meibodi
2.Azadeh et al (2009)
3.Corrected Ordinary Least Squares
4.Stochastic Frontier Analysis
5.Principle Component Analysis
6.Azadeh et al (2015)
7.Stochastic Data Envelopment Analysis

محاسبه کارایی و یا متغیرهایی است که برای محاسبه کارایی در نظر گرفته‌اند. تنها مطالعات سخنور و همکاران (1391) و برادران و یعقوبی (1394) ضمن تعیین کارایی به بررسی برخی عوامل محیطی موثر بر کارایی نیز پرداخته‌اند. در این میان، صرفا مطالعه برادران و یعقوبی (1394) با استفاده از روش StoNED به تصحیح کارایی‌های به دست آمده با بهره‌گیری از سهم طول خطوط زمینی از کل شبکه (به عنوان تنها عامل محیطی) پرداخته است. اما مطالعه حاضر با استفاده از عوامل محیطی موثر چندگانه و با بهره‌گیری از روش دو مرحله‌ای (DEA و Tobit)، به تصحیح کارایی شرکت‌های توزیع برق ایران می‌پردازد. تفاوت این مطالعه با مطالعات اشاره شده این است که در این مطالعه اکثر عوامل محیطی موثر بر کارایی شرکت-های توزیع برق مورد بررسی قرار گرفته است، سپس کارایی اولیه با استفاده از عوامل محیطی موثر تصحیح شده است. در صورتی که در مطالعات قبلی تنهای یک یا دو مورد از عوامل محیطی بر کارایی شرکت‌های توزیع برق سنجیده می‌شد و نحوه تصحیح کارایی توسط این عوامل محیطی روشن نبود.

3. روش‌شناسی پژوهش

3-1.مدل DEA برای تخمین کارایی

در مطالعه حاضر برای تخمین کارایی از روش ناپارامتریک DEA استفاده می‌شود. همان گونه که پیشتر نیز مورد اشاره قرار گرفت، مدل‌های DEA در قالب دو رویکرد نهاده محور و ستاده محور به کار برده می‌شوند. استفاده از رویکرد نهاده محور زمانی مناسب است که محصول به صورت برون‌زا برای بنگاه‌های مورد بررسی تعیین شود. برای شرکت‌های توزیع برق وضعیت مشابهی وجود دارد چرا که تقاضا برای خدمات توزیع برق این شرکت‌ها به صورت برون‌زا بوده و خارج از کنترل شرکت‌های مذکور می‌باشند. از همین روی، در این مطالعه از روش DEA با رویکرد نهاده محور بهره گرفته خواهد شد.

معادله (1) در برگیرنده برنامه‌ریزی خطی محاسبه کننده کارایی شرکت توزیع برق iام در یک نمونه N شرکتی با فرض بازدهی ثابت نسبت به مقیاس (CRS) است.

$$\begin{aligned} &\min \theta, \\ &\theta, \lambda \\ &s.t. \\ &-y_i + Y\lambda \geq 0, \\ &\theta x_i - X\lambda \geq 0, \\ &\lambda \geq 0 \end{aligned} \qquad (1)$$

در این معادله θ عدد بیانگر کارایی بوده و λ نشان‌دهنده بردار $N\times 1$ اعداد ثابت است. با فرض این که شرکت‌ها از K نهاده استفاده کرده و M ستاده تولید می‌کنند، X و Y به ترتیب نشان‌دهنده ماتریس‌های $K\times N$ نهاده و $M\times N$ ستاده می‌باشند. بردارهای ستونی نهاده و ستاده برای شرکت iام به ترتیب به وسیله x_i و y_i نمایش داده می‌شود. این معادله یک بار برای هر شرکت حل می‌شود. در مدل‌های با بازدهی متغیر نسبت به مقیاس (VRS)، شرط تحدب $\sum \lambda = 1$ اضافه می‌شود. این شرط اضافی تضمین می‌کند که هر شرکت با دیگر شرکت‌های با اندازه مشابه مقایسه می‌شود (گیناکیس و همکاران[1]، 2005).

در مرحله بعد، انتخاب متغیرهای نهاده و ستاده در DEA مطرح می‌شود. هر چند اجماع کاملی بر سر اینکه کدام متغیرها بهترین توضیح‌دهنده عملیات شرکت‌های توزیع برق هستند، وجود ندارد، اما جاماسب و پولیت (2001) متغیرهایی که غالبا در مطالعات مربوط به تخمین کارایی شرکت‌های توزیع برق مورد استفاده قرار داده‌اند را ذکر کرده‌اند. در مطالعه حاضر، مشابه مطالعات جاماسب و پولیت (2003)، گیناکیس و همکاران (2005)، اجدیا و همکاران[2] (2006)، نیلسن و پولیت (2010)، برندال و همکاران[3] (2010)، کازمن[4] (2012)، کولی و

1.Giannakis et al. (2005)

2.Ajodhia et al. (2006)

3.Bjørndal et al. (2010)

4.Kuosmanen (2012)

همکاران[1] (2013)، سینیونگا و بلگراد[2] (2014)، دومانت (2015)، لی و همکاران[3] (2016) و برندال و همکاران (2016)، از هزینه‌های عملیاتی به عنوان متغیر نهاده استفاده شده است. همچنین مطابق مطالعات پولیت (1995)، گیناکیس و همکاران (2005)، جاماسب و پولیت (2005)، نیلسن و پولیت (2010)، کازمن (2012)، کولی و همکاران (2013)، لی و همکاران (2016) و برندال و همکاران (2016)، از متغیرهای تعداد مشترکین، میزان برق توزیع شده و طول شبکه به عنوان متغیرهای ستاده بهره گرفته شده است.

در این مطالعه از داده‌های 39 شرکت توزیع برق ایران طی سال 1394 استفاده شده است. این داده‌ها از آمار تفصیلی صنعت برق ایران و صورت سود و زیان شرکت‌های توزیع برق جمع‌آوری شده است. در جدول (3) آمار توصیفی متغیرهای مورد استفاده به عنوان متغیرهای نهاده و ستاده مدل DEA آورده شده است.

جدول (3): آمار توصیفی متغیرهای نهاده و ستاده مدل DEA سال 1394

متغیر	واحد	میانگین	انحراف معیار	حداقل	حداکثر
هزینه‌های عملیاتی	میلیون ریال	4105360	3110250	1021594	17112207
تعداد مشترکین	هزار مشترک	840	698	201	4374
میزان برق توزیع شده	میلیون کیلووات ساعت	5478	4140	1245	21005
طول شبکه	کیلومتر	19245	9201	6957	39786

منبع: یافته‌های پژوهش

2-3.مدل Tobit برای بررسی عوامل محیطی موثر بر کارایی

برآورد مدل‌هایی که متغیر وابسته به طیفی از مقادیر، محدود شده است مستلزم استفاده از مدل‌های سانسور شده[4] همچون توبیت است. به منظور بررسی تاثیر عوامل محیطی موثر بر

1.Coelli et al. (2013)

2.Senyonga and Bergland (2014)

3.Li et al. (2015)

4.Censoedring

کارایی شرکت‌های توزیع برق نیز از مدل توبیت استفاده می‌شود، چرا که کارایی به عنوان متغیر وابسته، در محدوده صفر تا یک قرار می‌گیرد.

هرچند برای بررسی تاثیر عوامل محیطی بر کارایی با استفاده از رویکرد دو مرحله‌ای، اغلب از مدل توبیت استفاده می‌شود، اما مدل‌های توبیت دارای محدودیت‌هایی هستند که بیشتر آن‌ها توسط سمیر و ویلسون[1] (2000 و 2007) مورد اشاره قرار گرفته‌اند. مهم‌ترین محدودیت مدل توبیت در آن است که احتمالا متغیرهای محیطی مورد استفاده در مدل توبیت با کارایی محاسبه شده در مرحله ماقبل، دارای همبستگی خواهند بود که این مسئله منجر به مشکل ناسازگاری تخمین‌زننده‌ها می‌شود. برای رفع این مشکل، سمیر و ویلسون (2007) رویکرد بوت استرپ[2] را پیشنهاد داده‌اند. محدودیت دیگر مدل توبیت ممکن است به دلیل انتخاب نمونه به وجود آید. با این وجود، در مطالعه حاضر بنا به دلایل زیر از مدل توبیت استفاده خواهد شد:

الف- مشابه مطالعه سلن (2013)، متغیرهای محیطی به نحوی انتخاب می‌شوند که همبستگی بین آن‌ها و مقیاس‌های کارایی، حداقل باشد.

ب- حتی در صورت وجود مشکل ناسازگاری، معلوم نیست که تخمین‌زننده‌های بوت استرپ لزوما قابل اعتمادتر باشند چرا که رویه‌های بوت استرپ متکی بر مجموعه‌ای از فروض در مورد فرآیند تولید داده‌ها هستند (افونسو و اُبین[3]، 2006).

ج- مشکل انتخاب نمونه نیز وجود ندارد چرا که از اطلاعات تمامی شرکت‌های توزیع برق ایران استفاده می‌شود.

با در نظر گرفتن تفاوت زیاد در شرایط اقلیمی ایران و با عنایت به مطالعات تجربی پیشین همچون نیلسن و پولیت (2010) و دومانت (2015) مدل (2) به منظور بررسی عوامل محیطی موثر بر کارایی شرکت‌های توزیع برق ایران به شرح زیر معرفی می‌گردد:

1.Simar and Wilson (2000, 2007)

2.Bootstrap

3.Afonso and Aubyn

$$\text{Efficiency}_i = \beta_0 + \beta_1(Wage_i) + \beta_2(Rain_i) + \beta_3(Glacial_i) + \beta_4(Custmix_i) + \beta_5(Age_i) + \beta_6(Conndensity_i) + \beta_7(Overhead_i) + U_i \quad (2)$$

که در آن اندیس i بیانگر شرکت توزیع برق بوده و متغیرهای مدل به شرح زیر معرفی می‌شوند:

Efficiency: کارایی شرکت توزیع برق تخمین زده شده توسط مدل DEA

Wage: متوسط دستمزد سالانه شرکت توزیع برق

Rain: میزان بارش باران (میلیمتر در سال) در منطقه تحت پوشش شرکت توزیع برق

Glacial: تعداد روزهای یخبندان در منطقه تحت پوشش شرکت توزیع برق

Custmix: ترکیب مشتریان که از نسبت تعداد مشتریان صنعتی به کل مشتریان شرکت توزیع برق به دست می‌آید

Age: عمر دارایی‌های شرکت توزیع برق که از طریق تقسیم استهلاک انباشته بر استهلاک سالانه محاسبه می‌شود

Conndensity: تراکم اتصال که برابر با تعداد اتصالات در هر کیلومتر شبکه است

Overhead: درصد کابل هوایی که از تقسیم میزان کابل هوایی بر کل طول شبکه به دست می‌آید

جدول (4) آمار توصیفی متغیرهای محیطی موثر بر کارایی را نشان می‌دهد.

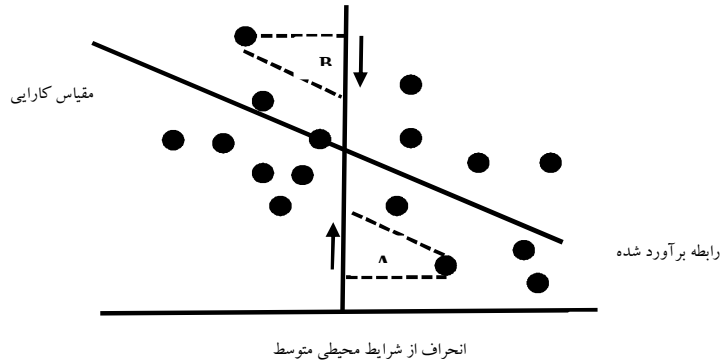
جدول (4): آمار توصیفی متغیرهای محیطی موثر بر کارایی سال 1394

متغیر	واحد	میانگین	انحراف معیار	حداقل	حداکثر
متوسط دستمزد سالانه	میلیون ریال	939	196	46	95
میزان بارش باران	میلیمتر در سال	319	276	38	1388
تعداد روزهای یخبندان	روز در سال	51	35	0	133
ترکیب مشتریان	ندارد	0/0066	0/0033	0/0027	0/0166
عمر دارایی‌ها	سال	6/77	1/19	4/51	8/89
تراکم اتصال	تعداد مشترک در هر کیلومتر شبکه	160	689	2/23	4326
درصد کابل‌های هوایی	درصد	0/91	0/10	0/41	0/99

منبع: یافته‌های پژوهش

3-3.تصحیح کارایی با استفاده از عوامل محیطی موثر

هدف از تصحیح مقیاس‌های کارایی، مقایسه تمامی شرکت‌های توزیع برق تحت شرایط محیطی یکسان است. بدین مفهوم مقیاس‌های کارایی به نحوی تصحیح می‌شوند تا تاثیر عوامل محیطی (مثل سطوح بالا یا پایین دستمزد) بر عملکرد شرکت در نظر گرفته شود. تصحیح اعمال شده، شرکت‌ها را در شرایط محیطی متوسط مورد مقایسه قرار می‌دهد. برای مثال در شکل (2) فرآیند تصحیح، زمانی که یک رابطه منفی بین عامل محیطی و مقیاس کارایی وجود دارد، توضیح داده شده است.



شکل (2): فرآیند تصحیح عامل محیطی
منبع: نیلسن و پولیت (2010)

در چنین وضعیتی، شرکت‌هایی که از لحاظ عامل محیطی یاد شده بالاتر از سطح متوسط قرار دارند نسبت به شرکت‌های پایین‌تر از سطح متوسط، ناکاراتر به نظر می‌رسند. فلذا به منظور مقایسه شرکت‌ها تحت شرایط محیطی یکسان، مقیاس‌های کارایی نسبت به میانگین عامل محیطی مذکور تعدیل می‌شوند. این تعدیل با ضرب کردن ضریب متغیر عامل محیطی مورد بررسی (در رگرسیون توبیت) در فاصله از میانگین عامل محیطی مزبور صورت می-پذیرد. به عنوان مثال برای شرکت A، بالاتر بودن از سطح متوسط عامل محیطی مورد بررسی، نشان‌دهنده ناکارایی نسبی این شرکت خواهد بود. فلذا تصحیح شرکت A با تعدیل

نسبت به میانگین عامل محیطی مزبور، باعث افزایش کارایی این شرکت خواهد شد. به عبارت دیگر، اگر شرکت A در شرایط پایین‌تر از سطح متوسط عامل محیطی فعالیت می‌کرد، مقیاس کارایی آن بالاتر بود. وضعیت برعکسی برای شرکت B وجود دارد، به این مفهوم که شرایط محیطی مطلوب (یعنی پایین‌تر از سطح متوسط عامل محیطی) باعث بیشتر شدن مقیاس کارایی آن شده است و به منظور مقایسه شرکت‌ها تحت شرایط محیطی یکسان، مقیاس کارایی برای شرکت B به سمت پایین تعدیل می‌شود (نیلسن و پولیت، 2010).

4.تجزیه و تحلیل یافته‌ها

همان گونه که پیشتر ذکر شد به منظور اندازه‌گیری کارایی از مدل DEA نهاده محور با بازدهی ثابت نسبت به مقیاس استفاده شده است که در آن از هزینه‌های عملیاتی به عنوان متغیر نهاده و از تعداد مشترکین، میزان برق توزیع شده و طول شبکه به عنوان متغیرهای ستاده بهره گرفته شده است. برآوردهای کارایی تحت فرض بازده ثابت نسبت به مقیاس، که در مطالعات نیلسن و پولیت (2010)، سلن (2013) و برادران و یعقوبی (1394) نیز مورد استفاده قرار گرفته است، هردو کارایی فنی و مقیاس را لحاظ می‌کند. این در حالی است که فرض بازدهی متغیر نسبت به مقیاس، تنها کارایی فنی را محاسبه می‌کند (دمیرل و همکاران[1]، 2012). اندازه کارایی اولیه شرکت‌های توزیع برق ایران منتج از برآورد مدل DEA و رتبه‌بندی حاصل از آنها در جدول (5) آورده شده است. برای برآورد مدل DEA از نرم‌افزار DEAP استفاده شده است.

1.Demirel et al.

جدول (5): اندازه کارایی اولیه و رتبه‌بندی شرکت‌های توزیع برق ایران

شرکت توزیع برق	کارایی اولیه	رتبه	شرکت توزیع برق	کارایی اولیه	رتبه
شهر تبریز	0/8087	30	استان کهکیلویه و بویراحمد	0/7241	39
استان آذربایجان شرقی	0/7968	34	استان زنجان	0/9112	14
استان آذربایجان غربی	0/7754	37	استان قزوین	0/9241	12
استان اردبیل	0/8860	17	استان سیستان و بلوچستان	0/8581	21
استان اصفهان	0/9565	7	استان سمنان	1	1
شهر اصفهان	0/8175	29	استان کرمانشاه	0/9480	8
استان چهارمحال بختیاری	0/8531	22	استان کردستان	0/9231	13
استان مرکزی	0/9329	10	استان ایلام	0/7882	35
استان همدان	0/9570	6	شهر شیراز	0/7698	38
استان لرستان	0/8815	19	استان فارس	0/9654	5
استان البرز	0/8484	23	استان بوشهر	0/9381	9
تهران بزرگ	0/8177	28	استان کرمان (شمال)	0/8882	16
استان تهران	0/8469	24	استان کرمان (جنوب)	0/9740	4
استان قم	0/8340	26	استان گیلان	0/8074	31
شهر مشهد	0/8007	33	استان مازندران	0/8027	32
استان خراسان رضوی	1	1	استان مازندران (غرب)	0/8200	27
استان خراسان جنوبی	1	1	استان گلستان	0/7879	36
استان خراسان شمالی	0/9044	15	استان هرمزگان	0/8852	18
شهر اهواز	0/8778	20	استان یزد	0/8436	25
استان خوزستان	0/9308	11	میانگین	0/8737	-

منبع: یافته‌های پژوهش

در جدول (5) کارایی محاسبه شده از روش DEA را نشان می‌دهد، همانطور که مشاهده می‌شود شرکت‌های توزیع برق استان خراسان رضوی، استان خراسان جنوبی و استان سمنان کارا هستند و شرکت توزیع برق استان کهکیلویه و بویراحمد ناکاراترین شرکت (0/7241) است. همچنین میانگین کارایی شرکت‌های توزیع برق 0/8737 بوده است که نشان می‌دهد به طور متوسط کارایی شرکت‌های توزیع برق میزان قابل قبولی است.

پس از محاسبه کارایی اولیه، در مرحله بعد به بررسی تاثیر عوامل محیطی بر کارایی اولیه شرکت‌های توزیع برق با استفاده از مدل توبیت پرداخته می‌شود. برای برآورد مدل توبیت از نسخه 9 نرم‌افزار Eviews استفاده شده است. نتایج این مدل در جدول (6) نشان داده شده است.

جدول (6): تاثیر عوامل محیطی بر کارایی اولیه شرکت‌های توزیع برق ایران با استفاده از مدل توبیت

متغیر	ضریب	انحراف معیار	آماره Z	Prob
متوسط دستمزد	-0/00052	0/00077	-0/67	0/496
میزان بارش باران	-0/00013	0/00004	-2/85	0/004
تعداد روزهای یخبندان	-0/00017	0/00030	-0/57	0/567
درصد کابل‌های هوایی	0/07457	4/03534	0/02	0/985
عمر دارایی‌ها	-0/00142	0/00929	-0/15	0/878
تراکم اتصال	0/00004	0/00003	1/33	0/182
ترکیب مشتریان	0/53824	0/00929	2/30	0/021
عرض از مبدا	0/47103	0/24979	1/88	0/059

منبع: یافته‌های پژوهش

همان گونه که در جدول (6) مشاهده می‌شود، بجز متغیرهای میزان بارش باران و ترکیب مشتریان که در سطح خطای 5 درصد معنی‌دار هستند، دیگر متغیرهای مدل معنی‌دار نمی-باشند. به منظور حصول اطمینان از نتایج مدل و بررسی احتمال وجود همخطی بین متغیرهای مستقل مدل، همبستگی بین این متغیرها مورد بررسی قرار گرفت که نتایج حاکی از وجود همبستگی پایین بین متغیرهای مستقل بود، لذا فرض وجود هم‌خطی بین متغیرهای مستق مدل رد می‌شود. در مرحله بعد، بی‌معنی‌ترین متغیر مستقل طبق اصول مدل‌سازی از مدل حذف گردیده و مدل مورد برآورد مجدد قرار گرفت. این روند تا جایی که همه متغیرهای مدل معنی‌دار شوند، ادامه پیدا کرد. نتایج مدل نهایی در جدول (7) آورده شده است.

جدول (7): تاثیر عوامل محیطی بر کارایی اولیه شرکت‌های توزیع برق ایران با استفاده از مدل نهایی توبیت

متغیر	ضریب	انحراف معیار	آماره Z	Prob
میزان بارش باران	-0/00013	0/00004	-2/97	0/002
ترکیب مشتریان	0/26430	0/10773	2/45	0/014
عرض از مبدا	0/67430	0/09838	6/85	0/000

منبع: یافته‌های پژوهش

همان گونه که در جدول (7) مشاهده می‌شود، در مدل نهایی نیز تنها متغیرهایی میزان بارش باران و ترکیب مشتریان از نظر آماری معنی‌دار هستند، اما اندازه ضریب متغیر ترکیب مشتریان نسبت به مدل اولیه کاهش یافته است. لذا از این ضرایب برای تصحیح کارایی شرکت‌های توزیع برق استفاده می‌شود.

ضریب متغیر میزان باراش باران منفی است و نشان می‌دهد که با افزایش میزان باراش باران، کارایی شرکت‌های توزیع برق کاهش می‌یابد. دلیل این امر این است که با افزایش میزان بارش باران، احتمال قطعی خطوط برق افزایش یافته و در نتیجه هزینه‌های تعمیر و نگهداری بالا می‌رود و در نهایت هزینه‌های عملیاتی افزایش خواهد یافت. لذا برای تصحیح کارایی باید کارایی شرکت‌هایی که در حوزه خدمات‌رسانی آنها، میزان بارش باران بیشتر از میانگین بوده است، بایستی افزایش یابد و برعکس. در مقابل، متغیر ترکیب مشتریان تاثیر مثبت بر کارایی شرکت‌های توزیع برق دارد. دلیل این امر نیز این است که شرکت‌هایی که مشتریان صنعتی بیشتری دارند کاراتر از شرکت‌هایی هستند که بیشتر مشتریان آن‌ها خانگی هستند. این امر که به خاطر صرفه‌های ناشی از تراکم حجم در توزیع است، به دلیل پایین بودن هزینه‌های نهایی در مقایسه با هزینه‌های ثابت رخ می‌دهد. لذا کارایی شرکت‌هایی که ترکیب مشتریان آنها بیشتر از میانگین بوده است، بایستی کاهش یابد و برعکس. بدین ترتیب با توجه به معنی‌دار بودن تاثیر متغیرهای میزان بارش و ترکیب مشتریان برای تصحیح کارایی شرکت‌های توزیع برق صرفا بایستی از دو متغیر مذکور استفاده شود. برای این منظور، ابتدا فاصله از میانگین[1] هر یک از دو متغیر مزبور محاسبه گردیده و با ضرب کردن آنها در ضریب متغیرهای مذکور، میزان تصحیح کارایی ناشی از هر یک از این دو متغیر به دست می‌آید. در نهایت، جمع کارایی اولیه با میزان تصحیح کارایی ناشی از هر یک از دو متغیر یاد شده، کارایی تصحیح شده شرکت‌های توزیع برق را به دست می‌دهد. جدول (8) کارایی تصحیح شده به وسیله تاثیر عوامل محیطی موثر و رتبه‌بندی شرکت‌های توزیع برق با توجه به کارایی تصحیح شده آنها، به همراه تغییر در رتبه کارایی آن‌ها نسبت به کارایی اولیه را نشان می‌دهد.

1.فاصله از میانگین هر متغیر برای یک شرکت توزیع برق خاص، از طریق میانگین متغیر مزبور برای کل شرکت‌های توزیع برق منهای میزان متغیر مذکور برای آن شرکت توزیع برق به دست می‌آید.

جدول (8): کارایی تصحیح شده شرکت‌های توزیع برق

شرکت توزیع برق	فاصله از میانگین میزان بارش باران	تصحیح کارایی ناشی از تاثیر میزان بارش باران	فاصله از میانگین ترکیب مشتریان	تصحیح کارایی ناشی از تاثیر ترکیب مشتریان	کارایی تصحیح شده	رتبه	تغییر رتبه کارایی
شهر تبریز	32/95	-0/0043	-0/0044	-0/0012	0/8035	33	+3
استان آذربایجان شرقی	32/95	-0/0043	0/0002	0/00004	0/7927	34	0
استان آذربایجان غربی	42/55	-0/0055	0/0022	0/0006	0/7700	37	0
استان اردبیل	23/35	-0/0030	0/0006	0/0002	0/8831	18	+1
استان اصفهان	223/55	-0/0291	-0/0069	-0/0018	0/9251	13	+6
شهر اصفهان	223/55	-0/0291	-0/0069	-0/0007	0/7872	35	+6
استان چهارمحال بختیاری	10/15	-0/0013	0/0005	0/0001	0/8518	25	+3
استان مرکزی	35/05	-0/0046	-0/0024	0/0006	0/9278	11	+1
استان همدان	104/15	-0/0135	-0/0006	-0/0001	0/9432	8	+2
استان لرستان	-215/75	0/0280	0/0015	0/0004	0/9104	15	+4
استان البرز	99/35	-0/0129	0/0016	0/0004	0/8355	26	+3
تهران بزرگ	110/55	-0/0144	0/0039	0/0010	0/8046	32	+4
استان تهران	110/55	-0/0144	-0/0071	-0/0019	0/8307	28	+4
استان قم	208/25	-0/0271	-0/0052	-0/0014	0/8055	30	+4

ادامه جدول (8): کارایی تصحیح شده شرکت‌های توزیع برق

شرکت توزیع برق	فاصله از میانگین میزان بارش باران	تصحیح کارایی ناشی از تاثیر میزان بارش باران	فاصله از میانگین ترکیب مشتریان	تصحیح کارایی ناشی از تاثیر ترکیب مشتریان	کارایی تصحیح شده	رتبه	تغییر رتبه کارایی
شهر مشهد	۱۳۶/۴۵	-۰/۰۱۷۷	-۰/۰۰۱۱	-۰/۰۰۰۳	۰/۷۸۲۹	۳۶	+۳
استان خراسان رضوي	۱۳۶/۴۵	-۰/۰۱۷۷	۰/۰۰۱۴	۰/۰۰۰۴	۰/۹۸۲۶	۱	۰
استان خراسان جنوبی	۱۷۵/۵۵	-۰/۰۲۲۸	۰/۰۰۰۷	۰/۰۰۰۲	۰/۹۷۷۳	۲	+۱
استان خراسان شمالی	۹۲/۴۵	-۰/۰۱۲۰	۰/۰۰۳۵	۰/۰۰۰۹	۰/۸۹۲۹	۱۷	+۲
شهر اهواز	۵۰/۱۵	-۰/۰۰۶۵	۰/۰۰۲۷	۰/۰۰۰۷	۰/۸۷۲۲	۲۰	۰
استان خوزستان	۵۰/۱۵	-۰/۰۰۶۵	۰/۰۰۳۵	۰/۰۰۰۹	۰/۹۲۵۴	۱۲	+۱
استان کهکیلویه و بویراحمد	-۲۹۱/۲۵	۰/۰۳۷۸	۰/۰۰۲۱	۰/۰۰۰۶	۰/۷۶۲۴	۳۸	-۱
استان زنجان	۳۶/۷۵	-۰/۰۰۴۸	-۰/۰۰۰۸	-۰/۰۰۰۲	۰/۹۰۶۰	۱۶	+۲
استان قزوین	۶/۱۵	-۰/۰۰۰۸	-۰/۰۰۰۶	-۰/۰۰۰۲	۰/۹۲۳۰	۱۴	+۲
استان سیستان و بلوچستان	۲۱۶/۱۵	-۰/۰۲۸۱	۰/۰۰۳۸	۰/۰۰۱۰	۰/۸۳۰۹	۲۷	+۶
استان سمنان	۲۱۲/۳۵	-۰/۰۲۷۶	-۰/۰۰۴۹	-۰/۰۰۱۳	۰/۹۷۱۱	۴	+۳
استان کرمانشاه	-۱۹۲/۹۵	۰/۰۲۵۱	۰/۰۰۲۴	۰/۰۰۰۶	۰/۹۷۳۷	۳	-۵
استان کردستان	-۱۲۴/۵۵	۰/۰۱۶۲	۰/۰۰۱۵	۰/۰۰۰۴	۰/۹۳۹۵	۹	-۴

ادامه جدول (8): کارایی تصحیح شده شرکت‌های توزیع برق

شرکت توزیع برق	فاصله از میانگین میزان بارش باران	تصحیح کارایی ناشی از تاثیر میزان بارش باران	فاصله از میانگین ترکیب مشتریان	تصحیح کارایی ناشی از تاثیر ترکیب مشتریان	کارایی تصحیح شده	رتبه	تغییر رتبه کارایی
استان ایلام	-522/55	0/0679	0/0016	0/0004	0/8564	23	-12
شهر شیراز	48/35	-0/0063	-0/0016	-0/0004	0/7533	39	+1
استان فارس	48/35	-0/0063	0/0008	0/0002	0/9599	5	0
استان بوشهر	47/35	0/0062	0/0017	0/0005	0/9323	10	+1
استان کرمان (شمال)	210/05	-0/0273	0/0013	0/0003	0/8610	22	+6
استان کرمان (جنوب)	210/05	-0/0273	0/0026	0/0007	0/9474	6	+2
استان گیلان	-1068/45	0/1389	0/0027	0/0007	0/9466	7	-24
استان مازندران	-404/85	0/0526	-0/0007	-0/0002	0/8544	24	-8
استان مازندران (غرب)	-404/85	0/0526	0/0009	0/0002	0/8729	19	-8
استان گلستان	-157/95	0/0205	0/0020	0/0005	0/8091	29	-7
استان هرمزگان	167/65	-0/0218	0/0033	0/0009	0/8651	21	+3
استان یزد	281/45	-0/0366	-0/0101	-0/0027	0/8047	31	+6

منبع: یافته‌های پژوهش

مطابق جدول (8)، کارایی شرکت‌های توزیع برق بعد از در نظر گرفتن تاثیر عوامل محیطی تغییر پیدا کرده است، به طوری که کارایی 9 شرکت توزیع برق افزایش و کارایی 30 شرکت دیگر کاهش یافته است. از لحاظ رتبه‌بندی نیز، 8 شرکت توزیع برق با کاهش رتبه مواجه شده‌اند (یعنی وضعیت بهتری نسبت به رتبه کارایی اولیه خود دارند)، این در حالی است که رتبه 26 شرکت توزیع برق افزایش یافته است (یعنی وضعیت بدتری نسبت به رتبه کارایی اولیه خود دارند). رتبه 5 شرکت توزیع برق نیز بدون تغییر مانده است. بیشترین افزایش کارایی مربوط به شرکت توزیع برق استان گیلان (با 14 درصد افزایش کارایی) و بیشترین کاهش کارایی متعلق به شرکت توزیع برق استان یزد (با 4 درصد کاهش کارایی) است. دلیل این امر عمدتا ناشی از میزان بارش زیاد و کم باران (نسبت به میانگین کشوری) در این دو استان می‌باشد. سه شرکت توزیع برق استان خراسان رضوی، استان خراسان جنوبی و استان سمنان با داشتن کارایی اولیه برابر یک، کاراترین شرکت‌های توزیع برق ایران بودند که بعد از تصحیح به وسیله عوامل محیطی، کارایی آنها به ترتیب برابر 0/9803، 0/9775 و 0/9697 شده است و شرکت توزیع برق استان کرمانشاه با داشتن کارایی تصحیح شده 0/9743 در جایگاهی بالاتر از شرکت توزیع برق استان سمنان قرار گرفته است. از سوی دیگر مطابق نتایج کارایی اولیه، شرکت توزیع برق استان کهگیلویه و بویراحمد ناکاراترین واحد بوده است که بعد از تصحیح، کارایی این شرکت افزایش یافته و به جای آن، شرکت توزیع برق شهر شیراز به ناکاراترین شرکت توزیع برق تبدیل شده است. مقایسه رتبه‌بندی شرکت‌های توزیع برق و نیز میزان تغییرات کارایی قبل و بعد از تصحیح نشان می‌دهد که اگر تاثیر عوامل محیطی بر کارایی شرکت‌های توزیع برق نادیده گرفته شود، نمی‌توان به نتایج کارایی اعتماد کرد و میزان کارایی محاسبه شده با مقدار واقعی تفاوت دارد.

همان گونه که پیشتر نیز گفته شد، تنها مطالعه برادران و یعقوبی (1394) با استفاده از روش StoNED به تصحیح کارایی‌های به دست آمده با بهره‌گیری از سهم طول خطوط زمینی از کل شبکه (به عنوان تنها عامل محیطی) پرداخته است. نتایج مطالعه مزبور نشان می‌داد که کارایی همه شرکت‌های توزیع برق بعد از تصحیح، نسبت به کارایی اولیه افزایش یافته است. در حالی که در مطالعه حاضر، با توجه به شرایط خاص هر کدام از شرکت‌های توزیع برق،

کارایی تصحیح شده نسبت به کارایی اولیه افزایش، کاهش و یا ثابت مانده است. با توجه به شرایط محیطی مختلفی که شرکت‌های توزیع برق ایران دارند، انتظار می‌رود که اگر یک عامل محیطی موجب افزایش کارایی یک شرکت توزیع برق شود، علی‌القاعده در شرکت توزیع برق دیگر باید موجب کاهش کارایی شود. بنابراین رویکرد تحلیل دو مرحله‌ای (DEA و Tobit) که در این مطالعه استفاده شده است نتایج قابل اعتمادتری نسبت به دیگر روش‌ها ارائه می‌دهد.

5.جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

این مطالعه به دنبال تصحیح کارایی شرکت‌های توزیع برق ایران به وسیله عوامل محیطی موثر بود. برای این منظور، ابتدا با استفاده از روش DEA، کارایی 39 شرکت توزیع برق ایران طی سال 1394 محاسبه گردید. سپس تاثیر عوامل محیطی بر کارایی این شرکت‌ها با استفاده از روش Tobit مورد بررسی قرار گرفت. از عوامل محیطی مورد بررسی، صرفا متغیرهای میزان بارش باران و ترکیب مشتریان دارای تاثیر معنی‌دار از لحاظ آماری بودند، به نحوی که متغیر میزان بارش باران تاثیر منفی بر کارایی و متغیر ترکیب مشتریان تاثیر مثبت بر کارایی داشت. در ادامه، کارایی شرکت‌های توزیع برق با استفاده از تاثیر متغیرهای میزان بارش باران و ترکیب مشتریان مورد تصحیح قرار گرفت. مقایسه اندازه کارایی اولیه و تصحیح شده حاکی از ایجاد تغییر در اندازه کارایی و رتبه شرکت‌های توزیع برق بود. ضرورت تصحیح کارایی‌های مزبور از آنجا ناشی می‌شود که لحاظ نکردن تاثیر متغیرهای محیطی موثر بر کارایی شرکت‌های توزیع برق منجر به ایجاد اطلاعات نادرستی در زمینه کارایی این شرکت‌ها می‌شود که استفاده از آنها برای مقاصد بعدی همچون مقررات‌گذاری را دچار اختلال می‌کند. لذا به سیاست‌گذران بخش برق پیشنهاد می‌شود که قبل از استفاده از نتایج کارایی در اهداف بعدی (همچون مقررات‌گذاری در شبکه توزیع برق ایران)، حتما تاثیر عوامل محیطی بر کارایی سنجیده شود و کارایی‌های اولیه مورد تصحیح قرار گیرد تا حقوق شرکت‌های توزیع و مصرف‌کنندگان تضییع نگردد. همچنین پیشنهاد می‌شود که در

مطالعات آتی از روش‌های دیگری همچون DEA و بوت استرپ برای تصحیح کارایی شرکت‌های توزیع برق استفاده شود و با نتایج مطالعه حاضر مقایسه شود.

6.منابع

الف) فارسی

برادران، وحید؛ یعقوبی، ناهید (1394)، «بهبود کیفیت ارزیابی کارایی شرکت‌های توزیع برق ایران با رویکرد تحلیل پوششی تصادفی غیرپارامتریک داده‌ها (StoNED)»، *نشریه علمی-پژوهشی کیفیت و بهره‌وری صنعت برق ایران*، سال چهارم، شماره 8، صص 15- 26.

زراء نژاد، منصور؛ حاجی یوسف آباد، رضا (1390)، «ارزیابی کارایی اقتصادی شرکت-های توزیع برق ایران»، *پژوهشنامه‌ی علوم اقتصادی*، سال ششم، شماره 11، صص 106-81.

سخنور، محمد؛ صادقی، حسین؛ عصاری، عباس؛ یاوری، کاظم؛ مهرگان، نادر (1390)، «استفاده از تحلیل پوششی داده‌های پنجره‌ای برای تحلیل ساختار و روند کارایی شرکت‌های توزیع برق ایران»، *فصلنامه پژوهش‌های رشد و توسعه اقتصادی*، سال اول، شماره چهارم، صص 182-145.

سخنور، محمد؛ صادقی، حسین؛ عصاری، عباس؛ یاوری، کاظم؛ مهرگان، نادر (1391)، «تعیین کارایی شرکت‌های توزیع برق ایران و عوامل موثر بر آن با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها و رویکرد دو مرحله‌ای»، *مجله تحقیقات اقتصادی*، دوره 47، شماره 2، صص 39-21.

فلاحی، محمد علی؛ احمدی، وحیده (1384)، «ارزیابی کارایی شرکت‌های توزیع برق در ایران، *مجله تحقیقات اقتصادی*»، دوره 40، شماره 4، صص 320-297.

ب) انگلیسی

Afonso, A., & Aubyn, M. (2006). Relative Efficiency of Health Provision: A DEA Approach with Non-Discretionary Inputs. Department of Economics at the School of Economics and Management (ISEG), Technical University of Lisbon.

Ajodhia, V., Kristiansen, T., & Petrov, K. (2006).Total Cost Efficiency Analysis for Regulatory Purposes: Statement of the Problem and Two European Case Studies. Competition and Regulation in Network Industries, Volume1 (9), No. 2. 263- 275.

Amundsveen, R., Kordahl, O. P., Kvile, H. M., & Langset, T. (2014). Second Stage Adjustment for Firm Heterogeneity in DEA: a Novel Approach Used in Regulation of Norwegian Electricity DSOs. Recent Developments in Data Envelopment Analysis and its Applications, 334.

Anaya, K.L., & Pollitt, M.G. (2014). Experience with Smarter Commercial Arrangements for Distributed Wind Generation. Energy Policy, 71, 52-62.

Azadeh, A., Ghaderi, S. F., Omrani, H., & Eivazy, H. (2009). An Integrated DEA–COLS–SFA Algorithm for Optimization and Policy Making of Electricity Distribution Units. Energy Policy, 37(7), 2605-2618.

Azadeh, A., Haghighi, S. M., Zarrin, M., & Khaefi, S. (2015). Performance Evaluation of Iranian Electricity Distribution Units by Using Stochastic Data Envelopment Analysis. International Journal of Electrical Power & Energy Systems, 73, 919-931.

Bjorndal, E., Bjorndal, M. H., Cullmann, A., & Nieswand, M. (2016). Finding the Right Yardstick: Regulation under Heterogeneous Environments.

Bjørndal, E., Bjorndal, M., & Fange, K. A. (2010). Benchmarking in Regulation of Electricity Networks in Norway: An Overview. In Energy, Natural Resources and Environmental Economics (pp. 317-342). Springer Berlin Heidelberg.

Çelen, A. (2013). Efficiency and productivity (TFP) of the Turkish Electricity Distribution Companies: An Application of Two-Stage (DEA&Tobit) analysis. Energy Policy, 63, 300-310.

Coelli, T. J., Gautier, A., Perelman, S., & Saplacan-Pop, R. (2013). Estimating the Cost of Improving Quality in Electricity Distribution: A Parametric Distance Function Approach. Energy Policy, 53, 287-297.

Damonte, F. (2015). The Efficiency of Brazilian Electricity Distributors during 2004–2009. Benchmarking using Data Envelopment Analysis-DEA in Regulating Electricity, 96.

Demirel, B., Cullinane, K., & Haralambides, H. (2012). Container Terminal Efficiency and Private Sector Participation. Blackwell Companion to Maritime Economics, 571-598.

Emami Meibodi, A. (1998). Efficiency Considerations in the Electricity Supply Industry: The Case of Iran. University of Surrey.

Fried, H. O., Schmidt, S. S., & Yaisawarng, S. (1999). Incorporating the Operating Environment into a Nonparametric Measure of Technical Efficiency. Journal of productivity Analysis, 12(3), 249-267.

Giannakis, D., Jamasb, T., & Pollitt, M. (2005). Benchmarking and Incentive Regulation of Quality of Service: an Application to the UK Electricity Distribution Networks. Energy Policy, 33(17), 2256-2271.

Hu, J. L., & Wang, S. C. (2006). Total-Factor Energy Efficiency of Regions in China. Energy policy, 34(17), 3206-3217.

Jamasb, T., & Pollitt, M. (2003). International Benchmarking and Regulation: an Application to European Electricity Distribution Utilities. Energy policy, 31(15), 1609-1622.

Joskow, P. L. (2006). Incentive Regulation in Theory and Practice. Electricity Distribution and Transmission Networks, Cambridge.

Kao, C., & Hwang, S. N. (2014). Scale Efficiency Measurement in Two-Stage Production Systems. In Data Envelopment Analysis (pp. 119-135). Springer US.

Kuosmanen, T. (2012). Stochastic Semi-Nonparametric Frontier Estimation of Electricity Distribution Networks: Application of the StoNED Method in the Finnish Regulatory Model. Energy Economics, 34(6), 2189-2199.

Li, H. Z., Kopsakangas-Savolainen, M., Xiao, X. Z., Tian, Z. Z., Yang, X. Y., & Wang, J. L. (2016). Cost Efficiency of Electric Grid Utilities in China: A Comparison of Estimates from SFA–MLE, SFA–Bayes and StoNED–CNLS. Energy Economics, 55, 272-283.

Mahadeo, B. S. (2015). Structural Reforms' Policy and Technical Efficiency: An Empirical Evidence from Indian Electricity Distribution Sector. National Graduate Institute for Policy Studies.

Nillesen, P., & Pollitt, M. (2010). Using Regulatory Benchmarking Techniques to Set Company Performance Targets: the Case of US Electricity. Competition & Reg. Network Indus., 11, 50.

Senyonga, Livingstone; Bergland, Olvar (2014). Incentive Regulation, Efficiency Improvements and Productivity Growth in Electricity Distribution Utility: A Norwegian Case. Conference: 4th IAEE Asian Conference, Beijing, 2014, At BEIJING, China.

Shleifer, A. (1985). A Theory of Yardstick Competition. The RAND Journal of Economics, 319-327.

Simar, L., & Wilson, P. W. (2000). A General Methodology for Bootstrapping in Non-Parametric Frontier Models. Journal of Applied Statistics, 27(6), 779-802.

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.

Thanassoulis, E., Portela, M. C., & Despic, O. (2008). Data Envelopment Analysis: the Mathematical Programming Approach to Efficiency Analysis. The Measurement of Productive Efficiency and Productivity Growth, 251-420.

Timmer, C. P. (1971). Using a Probabilistic Frontier Production Function to Measure Technical Efficiency. Journal of Political Economy, 79(4), 776-794.

Yang, H., & Pollitt, M. (2009). Incorporating Both Undesirable Outputs and Uncontrollable variables Into DEA: The Performance of Chinese Coal-Fired Power Plants. European Journal of Operational Research, 197(3), 1095-1105.