مجله تحقیقات اقتصادی / شماره ۷۱ / زمستان ۱۳۸۴ / صفحات ۳۲۰-۲۹۷

ارزیابی کارایی شرکت‌های توزیع برق در ایران

محمد علی فلاحی *

وحیده احمدی **

تاریخ دریافت: ۸۳/۹/۳۰ تاریخ پذیرش: ۸۴/۱/۳۰

چکیده

در این مقاله، عملکرد نسبی شرکت‌های توزیع برق ایران، با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها بررسی شده است. کارایی فنی (کل و محض) و کارایی مقیاس ۴۲ شرکت توزیع برق در سال ۱۳۸۱ و رشد بهره‌وری مجموع عوامل با استفاده از شاخص بهره‌وری مالم‌کوییست برای شرکت‌های مزبور در دوره زمانی ۱۳۸۰-۱۳۷۷ محاسبه شده است.

نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهند که عدم کارایی مقیاس، مهم‌ترین عامل عدم کارایی شرکت‌های توزیع برق در ایران است. اکثر شرکت‌ها در ناحیه بازده نسبت به‌مقیاس فزاینده فعالیت می‌کنند و تحصیلات کارکنان تأثیرمعنی‌داری بر مقادیر کارایی شرکت‌ها ندارد. علاوه بر این رشد بهره‌وری مجموع عوامل شرکت‌های مزبور طی دوره زمانی مورد بررسی منفی است. مهم‌ترین دلیل رشد منفی بهره‌وری شرکت‌ها، استفاده از تجهیزات فرسوده و از رده خارج در شرکت‌های توزیع است.

طبقه‌بندی JEL: D61، H21.

کلید واژه: تحلیل پوششی داده‌ها، کارایی فنی، کارایی مقیاس، شاخص مالم‌کوییست، شرکت‌های توزیع برق، ایران.

پرتال جامع علوم انسانی

---

* عضو هیأت علمی دانشکده علوم اداری و اقتصادی دانشگاه فردوسی مشهد. Email: falahi@ferdowsi.um.ac.ir

** کارشناس ارشد علوم اقتصادی. Email: vahideh_ahmadi@yahoo.com

۱- مقدمه

صنعت برق به‌خاطر نقش زیر بنایی وارتباط زیادی که با کلیه عوامل مؤثر بر رشد اقتصادی دارد، صنعتی پویا و تأثیرگذار است. با توجه به‌فراگیری گسترده انرژی برق، می‌توان آن را به‌عنوان یکی از اصلی‌ترین عوامل بسترساز توسعه اقتصادی کشور محسوب کرد. صنعت برق به‌دو بخش تولید و توزیع تقسیم می‌شود که هر کدام به‌نوبه خود اهمیت اساسی دارند. در این بین بخش توزیع برق به‌دلیل ارتباط نزدیک با مشترکان از جایگاه و اهمیت خاصی برخوردار است. اما متأسفانه به‌دلیل کاستی‌ها و ضعف نظام برنامه‌ریزی، به‌این بخش از صنعت برق طی سالیان متمادی توجه لازم نشده است.

آمار و ارقام عوامل مرتبط با عملکرد این بخش در کشور، حاکی از پایین بودن سطح بهره‌وری آن در مقایسه با کشورهای پیشرفته و حتی بسیاری از کشورهای در حال توسعه است. افزایش درصد اندکی در قابلیت بهره‌برداری مناسب‌تر از شبکه‌های توزیع، صرفه‌جویی‌های کلانی را در بردارد که این امر حکایت از اهمیت بالای سطح بهره‌وری عوامل دخیل دراین بخش از صنعت برق دارد[۱].

وزارت نیرو، با مشخص شدن جایگاه حساس بخش توزیع در صنعت برق در صدد برآمد با دادن هویتی مستقل به‌آن، وظایف بهره‌برداری، تعمیر و نگهداری شبکه‌ها و تاسیسات توزیع و فروش برق به‌مشترکان را به‌این بخش واگذار کند. در راستای نیل به‌این هدف، شرکت‌های توزیع برق درسال ۱۳۷۱ تاسیس شدند[۲].

پیچیدگی‌های این بخش از صنعت برق و راهبردی بودن آن نیازمندی‌های ویژه‌ای را برای ارزیابی آن می‌طلبد. پرداخت جامع و واقع بینانه به‌روش‌های ارزیابی عملکرد این بخش سبب هدایت توان آن به‌صورتی بهینه شده و در شناسایی نقاط قوت و ضعف آن مؤثر خواهد بود.

محققان دردهه‌های گذشته روش‌های متعددی را برای محاسبه عملکرد

۱- محمدرضا علیرضایی و دیگران، ۱۳۷۸.

۲- وزارت نیرو، ۱۳۷۸.

مؤسسات اقتصادی پیشنهاد کرده‌اند که دارای مفاهیم اساسی مشترکی هستند. روش تحلیل پوششی داده‌ها[1] با توجه به‌قابلیت‌های متعددی که نسبت به‌سایر روش‌های ارزیابی عملکرد دارد[2]، در عمل کاربرد وسیعی در صنعت برق یافته است.

۲- پیشینه تحقیق

بغدادی اغلو، وادامس پرایس و ویمن جونز[3] (۱۹۹۶) برای بررسی اثر نوع مالکیت بر میزان کارایی شرکت‌های توزیع برق کشور ترکیه، در سال ۱۹۹۱، ۷۰ شرکت توزیع برق این کشور را که مشتمل بر ۶۶ شرکت دولتی و ۴ شرکت خصوصی‌اند، با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها مورد ارزیابی قرار داده‌اند. ستاده‌های به‌کار رفته در مطالعه مزبور عبارتند از: ۱- حجم الکتریسیته تحویلی به‌مشترکان ۲- تعداد مشترکان ۳- حداکثر تقاضا (MW) ۴- اندازه منطقه (Km^2) و نهاده‌ها شامل ۱- تعداد کارکنان ۲- ظرفیت ترانسفورماتورها (MVA) ۳- هزینه عمومی (لیر ترکیه) ۴- تلفات شبکه (MWH).

نتایج به‌دست آمده از آزمون من- ویتنی[4] مبنی برمعنی‌دار بودن تفاوت میان مقادیر کارایی شرکت‌های دولتی و خصوصی، کاراتر بودن شرکت‌های خصوصی را نسبت به‌همتاهای دولتی، نشان داده است.

فرسوند وکیتلسن[5] (۱۹۹۸) برای بررسی روند رشد بهره‌وری صنایع توزیع برق نروژ، رشد بهره‌وری ۱۵۰ شرکت توزیع برق این کشور را در دو سال ۱۹۸۳ و ۱۹۸۹، با استفاده از شاخص بهره‌وری مالم‌کوییست[6] ارزیابی کرده‌اند. ستاده‌های مورد نظر در این مطالعه عبارتند از: ۱- تراکم مشترکان ۲- تعداد مشترکان ۳- حجم الکتریسیته تحویلی به‌مشترکان (MWH) و نهاده‌ها شامل ۱- نیروی کار ۲-

---

1- Data Envelopment Analysis.

۲- غلامرضا جهانشاهلو، ۱۳۸۰.

3- Necimiddin Bagdadioglu, Catherin Waddams Price and Thomas G. Weyman-Jones, 1996.

4- Mann-Withney.

5- Fan Forsund and Sverre A. C. Kittelsen, 1998.

6- Malmquist Productivity Index.

سرمایه ۳- مواد خام ۴- تلفات انرژی.

نتایج به‌دست آمده نشان‌دهنده رشد مثبت بهره‌وری در صنایع توزیع برق این کشور بوده است. مهم‌ترین دلیل رشد مثبت بهره‌وری شرکت‌های مذکورکاهش تلفات انرژی ذکر شده است.

امامی میبدی[1] به‌منظور ارزیابی کارایی صنعت برق ایران، کارایی ۳۰ شرکت توزیع برق کشور در سال ۱۹۹۵ را با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها بررسی کرده است. ستاده‌های به‌کار رفته در مطالعه مذکور عبارتند از: ۱- حجم الکتریسیته تحویلی به‌مشترکان خانگی (MWH) ۲- حجم الکتریسیته تحویلی به‌مشترکان صنعتی (MWH) ۳- تعداد مشترکان خانگی ۴- تعداد مشترکان صنعتی و نهاده‌ها شامل ۱- نیروی کار ۲- ظرفیت ترانسفورماتورها (MVA) ۳-اندازه شبکه (Km).

نتایج به‌دست آمده از تحلیل کارایی شرکت‌های توزیع برق با استفاده از دو فرض بازدهی ثابت[2] و بازدهی متغیر نسبت به‌مقیاس[3]، نشان داده است که عدم کارایی فنی و مقیاس سهم یکسانی در عدم کارایی کل صنایع توزیع برق کشور داشته‌اند و اکثر شرکت‌های توزیع در ناحیه بازدهی فزاینده نسبت به‌مقیاس فعالیت می‌کنند.

هاتوری، جاماسب و پولیت[4] به‌منظور مقایسه عملکرد نسبی شرکت‌های توزیع برق انگلستان و ژاپن، عملکرد نسبی این شرکت‌ها را در دوره زمانی۱۹۹۸-۱۹۸۵ با استفاده از سه روش تحلیل پوششی داده‌ها، حداقل مربعات تصحیح شده[5] و تحلیل مرزی تصادفی[6] بررسی کرده‌اند.

به‌منظور بررسی کارایی شرکت‌ها با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها، ۵ الگو براورد شده است. در الگوهای اول، دوم و سوم مخارج عملیاتی و در الگوهای

1- Emami Meibodi, Ali, 1998.
2- Constant Return to Scale.
3- Variable Return to Scale.
4- Hatori, Toru, Jamasb, Tooraj and Pollitt, Micheal G., 2002.
5- Corrected Ordinary Least Squares.
6- Stochastic Frontier Analysis.

چهارم و پنجم مخارج کل که مجموع مخارج عملیاتی و سرمایه‌ای است، به‌عنوان متغیرهای نهاده‌ای استفاده شده است. متغیرهای ستاده‌ای برای الگوهای اول و چهارم حجم الکتریسیته تحویلی به‌مشترکان وتعداد مشترکان، برای الگوهای دوم و پنجم حجم الکتریسیته تحویلی به‌مشترکان خانگی و غیرخانگی و برای الگوی سوم حجم الکتریسیته تحویلی به‌مشترکان، تعداد مشترکان و اندازه شبکه است. مقادیر کارایی فنی شرکت‌های مزبور با دو فرض بازدهی ثابت و متغیر نسبت به‌مقیاس، برای سه زیر دوره ۸۹/۹۰- ۱۹۸۵/۸۶، ۹۴/۹۵- ۱۹۹۰/۹۱، ۹۷/۹۸- ۱۹۹۵/۹۶ محاسبه شده است.

نتایج به‌دست آمده نشان داده است که عملکرد نسبی صنایع توزیع برق انگلستان و ژاپن، تا حد زیادی به‌الگوی انتخابی بستگی دارد. در الگوهای اول و چهارم صنایع توزیع برق ژاپن، کارایی بالاتری را نسبت به‌انگلستان نشان داده‌اند. صنایع انگلستان در الگوی سوم (با فرض بازدهی ثابت نسبت به‌مقیاس)، الگوی چهارم (با فرض بازدهی متغیر نسبت به‌مقیاس) و الگوی پنجم، به‌طور متوسط کارایی بالاتری را نشان داده‌اند.

برای بررسی روند رشد بهره‌وری شرکت‌های مزبور، مقادیر بهره‌وری این شرکت‌ها با استفاده از شاخص بهره‌وری مالم‌کوییست و با فرض بازدهی ثابت نسبت به‌مقیاس براورد شده است. نتایج به‌دست آمده رشد بهره‌وری بالاتری را در صنایع توزیع برق انگلستان نسبت به‌ژاپن نشان می‌دهد. الگوهای فوق با استفاده از دو روش حداقل مربعات تصحیح شده و تحلیل مرزی تصادفی نیز براورد شده‌اند. مقادیر کارایی براوردی با استفاده از این دو روش نیز کارایی بالاتر صنایع توزیع برق انگلستان، نسبت به‌ژاپن را مورد تأیید قرار داده است.

رزنده[1] برای به‌دست آوردن معیاری برای تعیین قیمت رقابتی شرکت‌های توزیع برق کشور برزیل، کارایی نسبی ۲۴ شرکت توزیع برق این کشور در سال ۱۹۹۷/۹۸ را با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها بررسی کرده است.

1- Resende, Marcelo, 2002.

ستاده‌های به‌کار رفته در مطالعه مذکور عبارتند از: ۱- اندازه منطقه (km^2) ۲- تعداد مشترکان ۳- حجم الکتریسیته تحویلی به‌مشترکان صنعتی (MWH) ۴- حجم الکتریسیته تحویلی به‌مشترکان غیرصنعتی (MWH) و نهاده‌ها شامل ۱- تعداد کارکنان ۲- ظرفیت ترانسفورماتورها (MVA) ۳- اندازه شبکه (Km).

نتایج تحلیل کارایی شرکت‌های مزبور نشان داده است که عدم کارایی مقیاس، مهم‌ترین دلیل عدم کارایی اکثر شرکت‌های غیرکارا است. در انتها نیز خاطر نشان شده است به‌منظور افزایش انگیزه شرکت‌ها برای بهبود کارایی و تعدیل هزینه‌ها، باید قیمت رقابتی براساس هزینه کاراترین شرکت‌ها مشخص شود.

۳- مبانی نظری

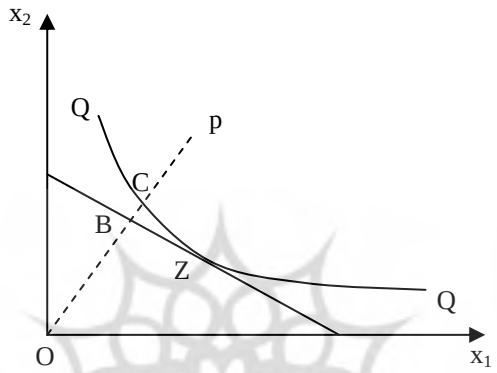
در نظریات اقتصاد خرد، تابع تولید به‌عنوان تابع مرزی تعریف شده است، زیرا این تابع حداکثر میزان محصولی را که در واحد زمان از طریق مقادیر مشخصی از نهاده‌ها و سطح معینی از فناوری موجود قابل دسترس است، بیان می‌کند. با توجه به‌این‌که درادبیات اقتصادی، تابع هزینه دوگان[1] تابع تولید است، بنابر این به‌ازای قیمت‌های مشخصی از نهاده‌ها، تابع هزینه را نیز می‌توان به‌عنوان تابع مرزی تلقی کرد. عبارت مرز در تابع به‌این دلیل به‌کار برده می‌شود که تحقق هزینه‌های پایین‌تر از حداقل نهاده‌های مورد نیاز در فرایند تولید مرزی غیرممکن است. مقادیری را که در آن هر شرکت زیر مرز تولید و یا بالای مرز هزینه قرار می‌گیرد، به‌عنوان مقادیر کارایی نسبی آن شرکت در نظر می‌گیرند.[2]

اندازه‌گیری کارایی به‌شیوه نوین از مطالعه فارل[3] آغاز شد که با الهام گرفتن از دبرو و کوپمانز[4] تعریف ساده‌ای از کارایی شرکت‌ها ارائه کرد. او کارایی هر شرکت را به‌دو جزء کارایی فنی[5] وکارایی تخصیص[6] تجزیه کرده و ایده خود را با نگرش

1- Dual.
2- Cubbin, John and Ganley, Joseph Augustin, 1992.
3- Farrell, M., 1957.
4- Debru and Koopmans, 1951.
5- Technical Efficiency.
6- Allocative Efficiency.

نهاده‌ای[1] و با فرض بازدهی ثابت نسبت به‌مقیاس برای اندازه‌گیری کارایی بخش کشاورزی ایالات متحده آمریکا به‌کار برد. بر اساس تعریف ارائه شده توسط فارل، کارایی فنی توانایی هر شرکت را در کسب حداکثر محصول از مقادیر مشخص نهاده‌ها و کارایی تخصیص توانایی هر شرکت را در استفاده از نهاده‌ها با نسبت‌های بهینه به‌ازای قیمت‌های نسبی مشخص آنها نشان می‌دهد[2].

مبانی تحلیل کارایی فارل در نمودار ۱ نشان داده شده است.



نمودار ۱- تحلیل کارایی فارل

این نمودار حالتی را ترسیم می‌کند که در آن یک شرکت، دو نهاده x_1 و x_2 را برای تولید محصول Q استفاده می‌کند. QQ منحنی تولید همسان[3] یا مجموعه ترکیبات کارای نهاده‌ها است که سطح محصول Q را تولید می‌کنند. نقطه Z کاراترین نقطه تولید، هم از نظرحداقل‌سازی مقادیرکل نهاده‌ها برای محصول Q (کارایی فنی) و هم از لحاظ حداقل‌سازی هزینه استفاده از نهاده‌ها بر حسب قیمت‌های نسبی مشخص آن‌ها (کارایی تخصیص) است. اگر شرکت مورد نظر در نقطه P فعالیت کند، مقدار کارایی فنی آن معادل $\frac{OC}{OP}$ خواهد بود. با توجه

1- Input Oriented.
2- Coelli, T., 1996.
3- Isoquant Curve.

به‌این‌که مقدار این نسبت کمتر از یک است، بنابر این شرکت مزبور به‌لحاظ فنی غیرکارا در نظر گرفته می‌شود.کارایی تخصیص شرکتی که در نقطه P فعالیت می‌کند، از نسبت $\frac{OB}{OP}$ به‌دست می‌آید. با توجه به‌این‌که مقدار این نسبت کمتر از یک است، پس شرکت مزبور به‌لحاظ تخصیص نیز غیرکاراست.[۱]

روش پیشنهادی فارل برای اندازه‌گیری کارایی شرکت‌ها، با توجه به‌فروض محدودکننده‌ای که به‌همراه داشت، کاربرد عملی چندانی نیافت، تا این‌که با انتشار مقاله چارنز، کوپر و رودز[۲] در سال ۱۹۷۸ اندازه‌گیری عملی کارایی با استفاده از روش‌های برنامه‌ریزی خطی (تحلیل پوششی داده‌ها) امکان‌پذیر شد.

روش تحلیل پوششی داده‌ها یک روش ناپارامتری است. یعنی شکل تابعی خاصی را برای توابع مرزی نظیر روش‌های پارامتری در نظر نمی‌گیرد و با استفاده از روش‌های برنامه‌ریزی خطی، بهترین مرز را برای مشاهدات موجود در نمونه، براورد می‌کند. نقص اندازه‌گیری کارایی با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها این است که این روش تمام انحرافات ازمرز را به‌عنوان عدم کارایی در نظر گرفته و وزنی برای تکانه‌های تصادفی قائل نیست.[۳]

۱-۳- اندازه‌گیری کارایی در روش تحلیل پوششی داده‌ها

کارایی فنی برای هر شرکت از طریق حل روش برنامه‌ریزی کسری[۴] (مدل اولیه چارنز، کوپر و رودز) به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\text{Maximize} \quad h_0 = \frac{\sum_{r=1}^{s} u_r y_{r0}}{\sum_{i=1}^{m} v_i x_{i0}} \qquad (۱)$$

مشروط بر این‌که

۱- امامی میبدی، علی، ۱۳۷۹.

2- Charnes, A., Cooper, W.W. and E. Rhodes, 1978.
3- Ganley, John and Ganley, Joseph Augustin, 1992.
4- Fractional Programming.

$$\frac{\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij}} \le 1 \qquad j = 1,\dots,n \;;\; u_r \ge 0 \;;\; v_i \ge 0$$

این مسأله برای هر شرکت از طریق انتخاب ضرایب بهینه v_i برای مقادیر نهاده و u_r برای مقادیر ستاده به‌گونه‌ای حل می‌شود که مجموع وزنی مقادیر ستاده به‌نهاده حداکثر شود، مشروط بر این‌که نسبت‌های مربوط برای هر شرکت از مقدار یک تجاوز نکرده و ضرایب v_i و u_r غیرمنفی باشند. مقادیر v_i و u_r اثر نهایی مقادیر نهاده و ستاده‌های مورد استفاده توسط هر شرکت را بر مقادیر کارایی براورد شده از این روش نشان می‌دهد.

مسأله مذکور به‌دلیل مشکلاتی که در ارتباط با حل روش‌های برنامه‌ریزی کسری وجود دارد به‌آسانی قابل حل نیست. پیشنهاد چارنز، کوپر و رودز به‌این صورت بود که این مسأله را می‌توان با مساوی یک قرار دادن مخرج کسر در روش برنامه‌ریزی کسری به‌برنامه‌ریزی خطی تبدیل کرد. این مسأله برای کارایی‌های بر مبنای نهاده‌ای، با مساوی یک قرار دادن مخرج کسر در تابع هدف و اضافه کردن آن به‌سایر قیود به‌صورت زیر حل می‌شود:

$$\text{Maximize} \quad h_0 = \sum_{r=1}^{s} u_r y_{r0} \qquad (۲)$$

مشروط براین‌که

$$\sum_{i=1}^{m} v_i x_{i0} = 1$$

$$\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij} \le 0 \qquad j = 1,\dots,n \;;\; u_r \ge 0 \;;\; v_i \ge 0$$

در اکثر مطالعات براورد مقدار کارایی با استفاده از دوگان برنامه‌ریزی خطی صورت می‌گیرد. دوگان مسأله (۲) مقادیر نهاده‌ها را مشروط به‌مقادیر مشخصی از محصول، به‌صورت زیر حداقل می‌کند:

$$\text{Minimize} \quad \theta_0 - \varepsilon\left(\sum_{i=1}^{m} s_i^- + \sum_{r=1}^{s} s_r^+\right) \qquad (۳)$$

مشروط بر این‌که

$$\sum_{j=1}^{n} x_{ij}\lambda_j + s_i = \theta_0 x_{i0}$$

$$\sum_{j=1}^{n} y_{rj}\lambda_j - s_r^+ = y_{r0}$$

$$\lambda_j \geq 0 \quad ; \quad s_i^- \geq 0 \quad ; \quad s_r^+ \geq 0$$

در این‌جا، علایم منفی ومثبت بالای متغیرهای مازاد[1] (s_i^- و s_r^+) بیان‌گر میزان مازاد نهاده و ستاده‌ای است که باید برای افزایش کارایی شرکت مورد نظر، به‌ترتیب کاهش و افزایش یابد.

متغیرهای مازادکه دردوگان مسأله (۲) ظاهر می‌شوند عدم تساوی در قیود را به‌تساوی تبدیل می‌کنند. وارد کردن ε این اطمینان را ایجاد می‌کند که مرز کارا، هیچ قسمت عمودی و یا افقی را در بر نداشته باشد. به‌عبارت دیگر مقدار بهینه، تحت تأثیر متغیرهای مازاد واقع نشود. مقادیر θ و مقادیر غیرمنفی λ دوگان متغیرهایی هستند که از مسأله (۲) به‌دست می‌آیند. هر شرکت باید حاوی دو شرط باشد تا به‌عنوان شرکتی کارا در نظر گرفته شود. اول، مقدار کارایی واحد داشته باشد و دوم، همه مقادیر متغیرهای مازاد آن مساوی صفر باشند.

اضافه کردن قید تحدب ($\sum_{j=1}^{n}\lambda_j = 1$) به‌مسأله (۳)، الگوی با فرض بازدهی ثابت (چارنز، کوپر و رودز، ۱۹۷۸) را به‌الگوی با فرض بازدهی متغیر (بانکر، چارنز و کوپر[2]، ۱۹۸۴) تبدیل می‌کند. در این حالت کارایی فنی به‌دو جزء کارایی فنی محض[3] (بخشی از کارایی فنی که مستقل از اثرات مقیاس است) و کارایی

1- Slack Variable.
2- Banker, R.D., Charnes, A. and Cooper, W.W., 1984.
3- Pure Technical Efficiency.

مقیاس[1] تقسیم‌بندی می‌شود. یک شرکت با مقدار کارایی واحد در الگوی CCR (چارنز، کوپر و رودز) ممکن است کارایی بالاتری را در الگوی BCC (بانکر، چارنز و کوپر) دارا باشد. بر اساس الگوی BCC، اگر شرکتی مقدار کارایی واحد داشته باشد، تنها به‌لحاظ فنی کارا خواهد بود و ممکن است به‌لحاظ مقیاس کارایی نداشته باشد.[2]

هر یک از متغیرهای الگوهای (۱)، (۲) و (۳) در جدول ۱ معرفی شده است.

جدول ۱- متغیرهای الگوهای (۱)، (۲) و (۳)

θ	مقدار کارایی براورد شده با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها (DEA)
O	سازمان توزیع خاصی که کارایی آن نسبت به‌سایر سازمان‌ها ارزیابی می‌شود. $1 \le o \le n$
i	اندیس مشخص‌کننده نهاده‌ها ($i = 1,2,...,m$)
j	اندیس مشخص‌کننده هر سازمان توزیع ($j = 1,2,...,n$)
r	اندیس مشخص‌کننده ستاده‌ها ($r = 1,2,...,s$)
x_{ij}	مشخص‌کننده i امین نهاده j امین سازمان توزیع
y_{rj}	مشخص‌کننده r امین ستاده j امین سازمان توزیع
v_i	متغیر وزنی برای i امین نهاده
u_r	متغیر وزنی برای r امین ستاده
s_i^-	متغیر مازاد برای i امین نهاده
s_r^+	متغیر مازاد برای r امین ستاده
λ_j	وزن j امین سازمان مرجع

۲-۳- شاخص بهره‌وری مالم‌کوییست

با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها، شاخص بهره‌وری مالم‌کوییست (که تغییر بهره‌وری مجموع عوامل شرکت‌ها را در دو نقطه زمانی با استفاده از تابع مسافت[3] اندازه‌گیری می‌کند) نیز قابل محاسبه است. مطابق تعریف فار[4] (۱۹۹۴) شاخص بهره‌وری مالم‌کوییست با نگرش ستاده ای[5] برای دوره s تا t به‌صورت زیر

1- Scale Efficiency.
2- Bagdadioglu and et al, 1996.
3- Distance Function.
4- Färe.
5- Output Oriented.

محاسبه می‌شود:

$$m_0(y_s, x_s, y_t, x_t) = \frac{d_0{}^t(y_t, x_t)}{d_0{}^s(y_s, x_s)} \left[\frac{d_0{}^s(y_t, x_t)}{d_0{}^t(y_t, x_t)} \times \frac{d_0{}^s(y_s, x_s)}{d_0{}^t(y_s, x_s)} \right]^{\frac{1}{2}}$$

به عنوان مثال $d_0{}^s(y_t, x_t)$ تابع مسافت مشاهدات دوره t را نسبت به‌فناوری دوره s نشان می‌دهد.

اولین و دومین جزء به‌ترتیب تغییر در کارایی و تغییر در کارایی فناوری شرکت‌ها را از دوره s به‌دورهt نشان می‌دهند. مقدار بزرگ‌ترازیک محاسبه شده برای این شاخص در نگرش ستاده‌ای، رشد بهره‌وری مجموع عوامل شرکت‌ها را از دوره s به‌دوره t نشان می‌دهد. این در حالی است که اگر شاخص مالم‌کوییست با نگرش نهاده‌ای محاسبه شود، مقدار کمتر از یک محاسبه شده برای آن بیان‌گر رشد بهره‌وری خواهد بود.[1]

امروزه برای محاسبه مقادیر کارایی و بهره‌وری شرکت‌ها با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها، نرم‌افزارهای متعددی طراحی شده است که از آن جمله می‌توان به DEAP 2.1 ، EMS، Banxia Frontier Analyst، Warwick DEA و... اشاره کرد. در این مطالعه برای براورد مقادیر کارایی و بهره‌وری شرکت‌های توزیع برق کشور، با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها، از نرم‌افزار DEAP 2.1 که به‌وسیله کوئلی (۱۹۹۶) طراحی شده، استفاده می‌کنیم.

۴- معرفی متغیرهای تحقیق

در این پژوهش، ابتدا مقادیر کارایی ۴۲ شرکت توزیع برق کشور در سال ۱۳۸۱، با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها (با دو فرض بازدهی ثابت و متغیر نسبت به‌مقیاس) و با نگرش نهاده‌ای بررسی شده و سپس روند تغییر بهره‌وری مجموع عوامل شرکت‌های مزبور در دوره زمانی ۱۳۸۰- ۱۳۷۷ با استفاده از شاخص بهره‌وری مالم‌کوییست براورد می‌شود.

1- Coelli, T. and Prasada Rao, D.S, 2003.

با توجه به‌این‌که شرکت‌های توزیع برق همواره به‌دنبال حداقل کردن هزینه‌های توزیع هستند، بنابر این در این‌جا از نگرش نهاده‌ای برای برآورد مقادیر کارایی و بهره‌وری شرکت‌های مزبور استفاده شده است. با استفاده از این نگرش مقادیر نهاده مورد استفاده شرکت‌ها، مشروط به‌مقادیر مشخصی از ستاده‌ها حداکثر می‌شود.

برای براورد مقادیر کارایی شرکت‌های توزیع، از دو الگو استفاده شده است. در الگوی اول، متغیر تعداد کارکنان بدون توجه به‌میزان تحصیلات آنان و در الگوی دوم، این متغیر با تفکیک کارکنان دارای مرک کارشناسی و بالاتر و پایین‌تر از کارشناسی موزون شده است.

متغیرهای مورد استفاده در این مطالعه، در جداول ۲ و۳ نشان داده شده است.[۱]

جدول ۲- متغیرهای الگوی اول تحقیق

متغیرهای نهاده‌ای	متغیرهای ستاده ای
طول خطوط (km)	حجم الکتریسیته تحویلی به‌مشترکان خانگی (MW)
ظرفیت ترانسفورماتورها (MVA)	حجم الکتریسیته تحویلی به‌مشترکان غیرخانگی (MW)
تعداد کارکنان	تعداد مشترکان خانگی
	تعداد مشترکان غیرخانگی

جدول ۳- متغیرهای الگوی دوم تحقیق

متغیرهای نهاده‌ای	متغیرهای ستاده‌ای
طول خطوط (Km)	فروش انرژی برق به‌مشترکان خانگی(MWH)
ظرفیت ترانسفورماتورها(MVA)	فروش انرژی برق به‌مشترکان غیرخانگی(MWH)
تعداد کارکنان بالاتر از کارشناسی به‌کل کارکنان	تعدادمشترکان خانگی
تعداد کارکنان پایین‌تر از کارشناسی به‌کل کارکنان	تعداد مشترکان غیرخانگی

اطلاعات مربوط به‌این متغیرها از آمارنامه‌های تفضیلی صنعت برق (که هر ساله توسط وزارت نیرو منتشر می‌شود) استخراج شده است.

۱- با توجه به عدم دسترسی به هزینه شرکت‌های توزیع برق در ایران، ورود هزینه در کنار سایر متغیرهای نهاده‌ای (ورودی) امکان‌پذیر نشد. اما حجم الکتریسیته تحویلی به مشترکان (به تفکیک خانگی و غیرخانگی) به‌عنوان معیاری برای مشخص کردن درآمد شرکت‌ها، در مجموعه متغیرهای ستاده‌ای (خروجی) لحاظ شده است.

برای بررسی اثر تحصیلات کارکنان بر مقادیر کارایی شرکت‌های توزیع برق، متغیر میزان تحصیلات به‌دو جزء کارکنان بالاتر از مدرک کارشناسی و کارکنان پایین‌تراز کارشناسی تفکیک شده و از نسبت این اجزا به‌کل کارکنان برای مشخص شدن سهم تحصیلات کارکنان، در هر یک از شرکت‌های توزیع استفاده شده است.

ضریب براورد شده همبستگی اسپیرمن بین مقادیر کارایی الگوها ی اول و دوم در سطح اهمیت ۹۵درصد، $r_s = 0.78$ است که بیان‌گر همبستگی بالای مقادیر کارایی براورد شده از دو الگوی فوق است. بنابر این سهم تحصیلات کارکنان تأثیری بر مقادیر کارایی شرکت‌های مزبور نداشته است. با توجه به‌این‌که در روش تحلیل پوششی داده‌ها، با افزایش تعداد متغیرها از دقت براورد کاسته می‌شود و نیز همبستگی بالای مقادیر کارایی براورد شده از دو الگوی فوق، بنابر این الگوی اول به‌عنوان الگوی اصلی تحقیق انتخاب شده است.

در مدل‌های اولیه چارنز،کوپر و رودز وزن‌های نسبت داده شده به‌ضرایب ورودی و خروجی (v_i و U_r) اغلبغیرمنفی (از نوع بزرگ‌تر یا مساوی صفر) در نظر گرفته می‌شدند بنابر این امکان داشت که مقدار یکی از متغیرها صفر شود، در نتیجه آن متغیر در تعیین میزان کارایی مورد توجه قرار نگیرد. پیشنهادی که بعدها توسط آنان ارائه شد این بود که مقدار این ضرایب از یک مقدار بسیار کوچک (مثل ε) بزرگ‌تر در نظر گرفته شود. در این مطالعه مقدار ε معادل 10^{-6} در نظر گرفته شده است.

۵- کارایی فنی شرکت‌های توزیع برق با فرض بازدهی ثابت نسبت به‌مقیاس

در حالت بازدهی ثابت نسبت به‌مقیاس، کارایی فنی اثرات مقیاس را نیز در بر می‌گیرد. بنابراین شرکتی که مقدار کارایی فنی واحد را نشان می‌دهد، از نظر مقیاس نیز کاراست.

نتایج براورد کارایی فنی هر یک از شرکت‌های توزیع در جدول ۴ نشان داده شده است.

جدول ۴- نتایج براورد کارایی فنی شرکت‌های توزیع برق در سال ۱۳۸۱

	شرکت	کارایی فنی
۱	آذربایجان شرقی	۰/۹۱۱
۲	آذربایجان غربی	۰/۹۶۵
۳	تبریز	۱
۴	اردبیل	۱
۵	شهرستان اصفهان	۱
۶	استان اصفهان	۰/۶۴۶
۷	چهار محال و بختیاری	۰/۷۲۵
۸	مرکزی	۰/۶۳۷
۹	همدان	۰/۷۶۸
۱۰	لرستان	۰/۶۵۹
۱۱	قم	۰/۷۶۲
۱۲	غرب تهران	۰/۸۷۲
۱۳	شمال غرب تهران	۱
۱۴	جنوب غرب تهران	۰/۸۶۲
۱۵	مرکز تهران	۱
۱۶	شمال شرق تهران	۰/۹۶۰
۱۷	جنوب شرقی تهران	۰/۸۴۵
۱۸	خراسان	۰/۸۲۰
۱۹	مشهد	۰/۹۱۹
۲۰	جنوب خراسان	۰/۹۶۰
۲۱	شمال خراسان	۰/۹۸۴
۲۲	اهواز	۱
۲۳	خوزستان	۰/۵۵۵
۲۴	کهکیلویه و بویر احمد	۰/۴۰۱
۲۵	زنجان	۰/۶۵۷
۲۶	قزوین	۰/۸۸۵
۲۷	سمنان	۰/۵۵۱
۲۸	سیستان و بلوچستان	۰/۷۷۳
۲۹	کرمانشاه	۰/۸۰۱
۳۰	کردستان	۰/۸۸۶
۳۱	ایلام	۰/۴۶۲
۳۲	شیراز	۰/۶۱۴
۳۳	فارس	۰/۶۷۹
۳۴	بوشهر	۱
۳۵	شمال کرمان	۰/۷۲۱
۳۶	جنوب کرمان	۰/۵۵۲
۳۷	گیلان	۱
۳۸	مازندران	۰/۸۴۲
۳۹	غرب مازندران	۰/۹۲۶
۴۰	گلستان	۰/۸۴۸
۴۱	هرمزگان	۱
۴۲	یزد	۰/۷۸۲
	میانگین	۰/۸۱۵

منبع: محاسبات تحقیق

مقادیر مندرج در جدول ۴ بیان‌گر این واقعیت است کـه از میـان ۴۲ شـرکت توزیـع بـرق کـشور، در سـال ۱۳۸۱ تنهـا ۹ شـرکت (۵،۴،۳، ۱۳، ۱۵، ۲۲، ۳۴، ۳۷،۴۱) دارای مقدار کارایی واحد هستند. این شـرکت‌هـا مـی‌تواننـد بـه‌عنـوان مجموعه‌های مرجع برای سایر شرکت‌ها برای بهبود مقادیرکـارایی آنـان پیـشنهاد شوند. بررسی دقیق‌تر مقادیر کارایی براورد شده شرکت‌ها با فـرض بـازدهی ثابـت نسبت بـه‌مقیـاس نـشان مـی‌دهدکـه پـنج شـرکت (۲۳،۲۴، ۲۷، ۳۱،۳۶) دارای کمترین مقادیرکارایی و یا بـه‌عبـارت دیگـر دارای بیـشترین فاصـله از مـرز کـارا هستند. در این بین مقدار کارایی محاسبه شده برای شرکت ۲۴ از سایر شرکت‌ها کمتر است. مقدار کارایی به‌دست آمده بیان‌گر این واقعیت است که شرکت مزبـور به‌میزان ۴۰/۱ درصد (درمقایسه با شرکت‌هـایی کـه مجموعـه‌هـای مرجـع آن را می‌سازند)، کارا است. این به‌معنی آن است که این شرکت می‌تواند نهاده‌های خود را حداقل به‌میزان ۵۹/۹ درصد کاهش دهد، بدون این‌که هـیچ گونـه کاهـشی در میزان ستاده‌های آن صورت گیرد.

۱-۵- مجموعه‌های مرجع

مجموعه‌های مرجع به‌وسیله سازمان‌هایی مشخص می‌شوند که با توجه به‌مـرز تعیین شده توسط داده‌های نمونه، بهترین عملکرد را نشان مـی‌دهنـد بـه‌عبـارت دیگر دارای مقدار کـارایی واحـد هـستند. ایـن شـرکت‌هـا مـی‌تواننـد بـه‌عنـوان شرکت‌های مرجع برای شرکت‌های غیرکارا جهـت بهبـود عملکردشـان پیـشنهاد شوند. هر یک از شرکت‌های غیرکارا باید تلاش کنند مقادیر نهـاده و سـتاده‌هـای خود را بر طبق نهاده و ستاده‌های مورد استفاده توسط این شرکت‌هـا بـه‌گونـه‌ای تعدیل کنند که به‌مرز کارا دست پیدا کنند.

وزن‌های براورد شده مجموعه‌های مرجع برای هر یک از شرکت‌های غیـرکـارا، اهمیت نسبی هر کدام از این شرکت‌ها را در تشکیل مجموعه‌های هدف، برای هر یک از شرکت‌های غیرکارا نشان می‌دهد. برای توضیح بیشتر مجموعه‌های مرجـع، شرکت توزیع برق استان کهکیلویه و بویر احمد (که پایین‌ترین میـزان کـارایی را

نسبت به‌شرکت‌های مورد بررسی داراست) را به‌عنوان نمونه بررسی می‌کنیم. مجموعه‌های مرجع برای این شرکت، شرکت‌های توزیع استان‌های اردبیل، شهرستان اصفهان و بوشهر است. بررسی مقادیر جدول ۵ نشان می‌دهد که از میان شرکت‌هایی که مجموعه‌های مرجع را برای این شرکت تشکیل می‌دهند، شرکت توزیع شهرستان اصفهان بالاترین وزن را داراست. پس این شرکت باید به‌عنوان مهم‌ترین مرجع برای شرکت مزبور برای تعدیل مقادیر نهاده و ستاده‌های آن در نظر گرفته شود.

۶ - تحلیل مقادیر کارایی فنی شرکت‌های توزیع برق با فرض بازدهی متغیر نسبت به‌مقیاس

در حالت بازدهی متغیر نسبت به‌مقیاس، کارایی فنی بدون حضور اثرات مقیاس محاسبه می‌شود. پس شرکتی که مقدار کارایی فنی واحد را نشان می‌دهد، ممکن است به‌لحاظ مقیاس کارایی نداشته باشد.

نتایج براورد کارایی فنی شرکت‌های توزیع با فرض بازدهی متغیر نسبت به‌مقیاس، در جدول ۶ نشان داده شده است.

در حالت بازدهی متغیر نسبت به‌مقیاس، که کارایی فنی بدون حضور اثرات مقیاس محاسبه می‌شود، ۲۱ شرکت به‌صورت کارا فعالیت می‌کنند. در حالی که در حالت بازدهی ثابت نسبت به‌مقیاس که کارایی فنی اثرات مقیاس را نیز در بر دارد، تنها ۹ شرکت دارای مقدار کارایی واحد هستند. بنابراین می‌توان چنین استنباط کرد که عدم کارایی ۱۲ شرکتی که در حالت بازدهی ثابت نسبت به‌مقیاس مقدار کارایی کمتر از واحد را نشان داده‌اند، تنها ناشی از عدم فعالیت در مقیاس بهینه بوده است.

از نظر مقیاس، بیش از نیمی از شرکت‌هایی که در مقیاس غیربهینه فعالیت می‌کنند دارای بازدهی فزاینده نسبت به‌مقیاس هستند. بنابر این پتانسیل بالقوه‌ای در این شرکت‌ها برای بسط حوزه فعالیت آنها به‌منظور بهبود عملکرد، تعدیل هزینه‌ها و بهبود مقادیر کارایی وجود دارد.

جدول ۵- مجموعه‌های مرجع برای شرکت‌های توزیع برق غیرکارا در سال ۱۳۸۱

شرکت	تابع هدف	تبریز	اردبیل	شهرستان اصفهان	شمال غرب تهران	مرکز تهران	اهواز	بوشهر	گیلان	هرمزگان
تبریز	۱									
اردبیل	۱									
شهرستان اصفهان	۱									
شمال غرب تهران	۱									
مرکز تهران	۱									
اهواز	۱									
بوشهر	۱									
گیلان	۱									
هرمزگان	۱									
آذربایجان شرقی	۰/۹۱۱		۱/۲۶۲	۰/۰۸۹					۰/۰۹۶	
آذربایجان غربی	۰/۹۶۵		۱/۳۸۷	۰/۴۰۹				۰/۰۲۴		
استان اصفهان	۰/۶۴۶		۰/۶۱۶	۰/۳۰۳	۰/۵۷۵					
چهارمحال و بختیاری	۰/۷۲۵		۰/۳۲۷	۰/۰۰۲	۰/۱۳۰					
مرکزی	۰/۶۳۷		۰/۳۱۸	۰/۱۴۲	۰/۳۳۶					
همدان	۰/۷۶۸		۰/۶۷۲	۰/۲۲۶	۰/۱۲۶					
لرستان	۰/۶۵۹		۰/۵۴۹	۰/۲۸۷						
قم	۰/۷۶۲		۰/۲۶۲		۰/۲۸					
غرب تهران	۰/۸۷۲				۱/۰۸۸					
جنوب غرب تهران	۰/۸۶۲				۰/۹۱۴					
شمال شرق تهران	۰/۹۶۰		۰/۱۰۵	۰/۳۴۳	۰/۷۳۷					
جنوب شرق تهران	۰/۸۴۵		۰/۰۴۳	۰/۵۹۵	۰/۶۳۵					
خراسان	۰/۸۲۰		۰/۹۳۴	۰/۳۸۱	۰/۰۹۱					
مشهد	۰/۹۱۹	۰/۱۳۲		۱/۱۹۵		۰/۰۳۳				
جنوب خراسان	۰/۹۶۰		۰/۴۳	۰/۰۷۹						
شمال خراسان	۰/۹۸۴		۰/۷۱۷	۰/۰۶۳	۰/۰۱۱					
خوزستان	۰/۵۵۵			۰/۳۴۹	۰/۵۹۶			۰/۶۵۲		
کهکیلویه بویر احمد	۰/۴۰۱		۰/۰۹۳	۰/۱۲۶				۰/۰۰۵		
زنجان	۰/۶۵۷		۰/۲۴۵	۰/۰۷۴	۰/۱۷۰					
قزوین	۰/۸۸۵			۰/۱۲۸	۰/۳۲۸					
سمنان	۰/۵۵۱			۰/۲۲۵		۰/۰۱۲			۰/۰۶۰	
سیستان و بلوچستان	۰/۷۷۳			۰/۴۵۲	۰/۰۷۲			۰/۱۰۰		
کرمانشاه	۰/۸۰۱		۰/۷۶۹		۰/۲۸۲					
کردستان	۰/۸۸۶		۰/۸۰۸		۰/۱۴۲					
ایلام	۰/۴۶۲		۰/۱۱۸	۰/۱۲۳	۰/۰۰۹					
شیراز	۰/۶۱۴		۰/۴۳۶		۰/۵۳۸					
فارس	۰/۶۷۹		۰/۶۲۳	۰/۵۳۶				۰/۰۳۶		
شمال کرمان	۰/۷۲۱		۰/۵۴۷	۰/۲۳۶					۰/۰۵۳	
جنوب کرمان	۰/۵۵۲		۰/۳۹۰	۰/۱۵۲	۰/۰۸۱					
مازندران	۰/۸۴۶		۰/۷۲۱	۰/۶۹۰					۰/۰۷۱	
غرب مازندران	۰/۹۲۶		۰/۳۸۳	۰/۱۰۵	۰/۱۱۴					
گلستان	۰/۸۴۸		۰/۴۶		۰/۳					
یزد	۰/۷۸۲		۰/۱۵۳	۰/۳۳۳					۰/۱۳۶	

منبع: محاسبات تحقیق

جدول ۶- کارایی فنی محض و کارایی مقیاس شرکت‌های توزیع برق کشور در سال ۱۳۸۱

	شرکت	کارایی فنی محض	کارایی مقیاس	نوع مقیاس
۱	آذربایجان شرقی	۰/۹۵۹	۰/۹۵۰	drs
۲	آذربایجان غربی	۱	۰/۹۶۵	drs
۳	تبریز	۱	۱	crs
۴	اردبیل	۱	۱	crs
۵	شهرستان اصفهان	۱	۱	crs
۶	استان اصفهان	۱	۰/۶۴۶	drs
۷	چهارمحال و بختیاری	۰/۹۹۸	۰/۷۲۶	irs
۸	مرکزی	۰/۶۵۴	۰/۹۷۵	irs
۹	همدان	۰/۷۷۰	۰/۹۹۸	drs
۱۰	لرستان	۰/۶۷۸	۰/۹۵۹	irs
۱۱	قم	۰/۹۷۵	۰/۷۸۱	irs
۱۲	غرب تهران	۱	۰/۸۷۲	drs
۱۳	شمال غرب تهران	۱	۱	crs
۱۴	جنوب غرب تهران	۰/۸۷۶	۰/۹۸۵	irs
۱۵	مرکز تهران	۱	۱	crs
۱۶	شمال شرق تهران	۱	۰/۹۶۰	drs
۱۷	جنوب شرق تهران	۱	۰/۸۴۵	drs
۱۸	خراسان	۰/۸۶۱	۰/۹۵۲	drs
۱۹	مشهد	۱	۰/۹۱۹	drs
۲۰	جنوب خراسان	۱	۰/۹۶۰	irs
۲۱	شمال خراسان	۱	۰/۹۸۴	irs
۲۲	اهواز	۱	۱	crs
۲۳	خوزستان	۱	۰/۵۵۵	drs
۲۴	کهکیلویه و بویراحمد	۰/۹۹۷	۰/۴۱۰	irs
۲۵	زنجان	۰/۷۵۹	۰/۸۲۷	irs
۲۶	قزوین	۱	۰/۸۸۵	irs
۲۷	سمنان	۰/۸۶۰	۰/۶۴۱	irs
۲۸	سیستان و بلوچستان	۰/۸۰۷	۰/۹۵۷	irs
۲۹	کرمانشاه	۰/۸۰۴	۰/۹۹۶	drs
۳۰	کردستان	۰/۸۹۰	۰/۹۹۶	irs
۳۱	ایلام	۱	۰/۴۶۲	irs
۳۲	شیراز	۰/۶۱۵	۰/۹۹۸	irs
۳۳	فارس	۰/۶۸۵	۰/۹۹۱	drs
۳۴	بوشهر	۱	۱	crs
۳۵	شمال کرمان	۰/۷۲۹	۰/۹۸۹	irs
۳۶	جنوب کرمان	۰/۶۱۴	۰/۸۹۹	irs
۳۷	گیلان	۱	۱	crs
۳۸	مازندران	۰/۹۰۳	۰/۹۳۷	drs
۳۹	غرب مازندران	۱	۰/۹۲۶	irs
۴۰	گلستان	۰/۸۸۲	۰/۹۶۱	irs
۴۱	هرمزگان	۱	۱	crs
۴۲	یزد	۰/۸۱۹	۰/۹۵۵	irs
	میانگین	۰/۹۰۹	۰/۹۰۱	

Crs= بازدهی ثابت نسبت به‌مقیاس، **drs**= بازدهی کاهنده نسبت به‌مقیاس، **irs**= بازدهی فزاینده نسبت به‌مقیاس
منبع: محاسبات تحقیق

جدول ۷- مقادیر براورد شده تغییر بهره‌وری مجموع عوامل شرکت‌های توزیع برق کشور در دوره زمانی ۱۳۸۰- ۱۳۷۷ با فرض بازدهی ثابت نسبت به‌مقیاس

	شرکت	تغییر کارایی فنی	تغییر فناوری	تغییر کارایی فنی محض	تغییر کارایی مقیاس	تغییر بهره‌وری مجموع عوامل
۱	آذربایجان شرقی	۰/۹۸۲	۰/۹۶۹	۰/۹۹۹	۰/۹۸۳	۰/۹۵۱
۲	آذربایجان غربی	۱/۰۱۵	۰/۹۸۸	۱/۰۰۸	۱/۰۰۷	۱/۰۰۲۱
۳	تبریز	۱/۰۲۸	۱/۰۲۳	۱/۰۲۲	۱/۰۰۶	۱/۰۵۱
۴	اردبیل	۱/۰۳۹	۱/۰۰۹	۱	۱/۰۳۹	۱/۰۴۹
۵	شهرستان اصفهان	۱/۰۴۰	۰/۹۵۹	۱/۰۳۳	۱/۰۰۷	۰/۹۹۸
۶	استان اصفهان	۰/۹۳۸	۰/۹۱۷	۱	۰/۹۳۸	۰/۸۶۱
۷	چهارمحال و بختیاری	۱/۰۹۳	۱/۲۹۶	۱	۱/۰۹۳	۱/۴۱۶
۸	مرکزی	۰/۹۰۹	۰/۹۷۵	۰/۹۰۹	۱	۰/۸۸۶
۹	همدان	۱/۰۱۹	۱/۰۰۴	۱	۱/۰۱۹	۱/۰۲۳
۱۰	لرستان	۰/۹۵۹	۰/۹۸۸	۱/۰۱۴	۰/۹۱۶	۰/۹۴۸
۱۱	قم	۱/۰۰۹	۱/۰۲۸	۱/۰۴۶	۰/۹۶۴	۱/۰۳۸
۱۲	غرب تهران	۱	۱/۰۲۷	۱	۱	۱/۰۲۷
۱۳	شمال غرب تهران	۱	۱	۱	۱	۱
۱۴	جنوب غرب تهران	۰/۹۹۸	۱/۰۷۱	۰/۹۸۱	۱/۰۱۷	۱/۰۶۸
۱۵	مرکز تهران	۱	۱/۰۳۱	۱	۱	۱/۰۳۱
۱۶	شمال شرق تهران	۰/۹۹۹	۱/۰۴۵	۱	۰/۹۹۹	۱/۰۴۳
۱۷	جنوب شرق تهران	۰/۹۶۷	۱/۰۴۲	۱	۰/۹۶۷	۱/۰۰۷
۱۸	خراسان	۱/۰۱۵	۰/۹۷۹	۱	۱/۰۵۱	۱/۰۲۸
۱۹	مشهد	۱/۰۲۰	۱/۰۱۲	۱	۱/۰۲۰	۱/۰۳۲
۲۰	اهواز	۱	۱/۰۱۳	۱	۱	۱/۰۱۳
۲۱	خوزستان	۰/۹۷۸	۱/۰۰۹	۱	۰/۹۷۸	۰/۹۸۷
۲۲	کهکیلویه و بویر احمد	۱/۰۵۴	۰/۹۴۲	۱	۱/۰۵۴	۰/۹۹۳
۲۳	زنجان	۰/۹۹۸	۱	۱/۰۰۵	۰/۹۹۴	۰/۹۹۸
۲۴	قزوین	۱	۱/۰۰۹	۱	۱	۱/۰۰۹
۲۵	سمنان	۱/۰۲۹	۰/۹۸۲	۰/۹۹۲	۱/۰۳۷	۰/۹۵۵
۲۶	سیستان و بلوچستان	۰/۹۶۲	۱/۰۳۳	۰/۹۶۷	۰/۹۹۴	۰/۹۹۳
۲۷	کرمانشاه	۱/۰۴۸	۰/۹۹۶	۱/۰۲۳	۱/۰۲۵	۱/۰۴۴
۲۸	کردستان	۱	۰/۹۹۸	۱/۰۰۱	۱	۰/۹۹۸
۲۹	ایلام	۰/۹۷۶	۰/۹۶۲	۱	۰/۹۷۶	۰/۹۳۸
۳۰	شیراز	۰/۹۷۰	۱/۰۴۱	۰/۹۶۳	۱/۰۰۷	۱/۰۱۰
۳۱	فارس	۰/۹۹۷	۰/۹۶۷	۰/۹۹۱	۱/۰۰۶	۰/۹۶۴
۳۲	بوشهر	۰/۸۰۷	۱/۳۱۰	۰/۹۲۲	۰/۸۷۵	۱/۰۵۷
۳۳	کرمان	۱	۰/۸۶۴	۱	۱	۰/۸۶۴
۳۴	گیلان	۱/۰۷۱	۰/۹۷۶	۱/۰۱۸	۱/۰۵۱	۱/۰۴۵
۳۵	مازندران	۱/۰۲۵	۰/۹۸۳	۱/۰۰۶	۱/۰۱۹	۱/۰۰۸
۳۶	غرب مازندران	۰/۹۷۶	۰/۹۸۵	۱	۰/۹۷۶	۰/۹۶۱
۳۷	گلستان	۱/۰۵۰	۰/۸۷۴	۱/۰۵۹	۰/۹۹۲	۰/۹۱۸
۳۸	هرمزگان	۰ /۷۳۷	۱/۳۳۷	۰/۷۵۳	۰/۹۸۰	۰/۹۸۶
۳۹	یزد	۱/۰۸۸	۰/۹۱۶	۱/۰۷۸	۱/۰۱۰	۰/۹۹۶
	میانگین	۰/۹۹۳	۱/۰۰۹	۰/۹۹۳	۱	۱/۰۰۲

منبع: محاسبات تحقیق

۷- براورد تغییر بهره‌وری مجموع عوامل شرکت‌های توزیع برق کشور با استفاده از شاخص بهره‌وری مالم‌کوییست:

شاخص بهره‌وری مالم‌کوییست، تغییر بهره‌وری مجموع عوامل شرکت‌ها را از دورهt به t+1 با استفاده از تابع مسافت اندازه‌گیری می‌کند. این شاخص از دو جزء تشکیل شده است. اولین جزء، تغییر در کارایی فنی شرکت‌ها از دوره t به t+1 (حرکت در امتداد تابع مرزی) بوده و دومین جزء، نحوه تغییر در کارایی فناوری شرکت‌ها را از دوره t به t+1 (انتقال تابع مرزی) محاسبه می‌کند. در حالت کارایی فناوری مشخص می‌شود که اگر شرکتی مقدار نهاده دوره t را دارا باشد، با تغییر فناوری وقتی به‌دوره t+1 می‌رسد چه تغییری در مقادیر کارایی آن ایجاد می‌شود و یا اگر مقادیر نهاده دوره t+1 در دسترس باشد، تغییر فناوری چه تغییری را در مقادیر کارایی ایجاد می‌کند. تغییر کل در کارایی فناوری، از میانگین هندسی این دو مقدار به‌دست می‌آید.

با توجه به‌این‌که محاسبه شاخص مالم‌کوییست با استفاده از تابع مسافت نهاده‌ای صورت گرفته است، مقادیر کمتر از یک براورد شده برای این شاخص، بیان‌گر بهبود در بهره‌وری شرکت‌ها خواهد بود.

مقادیر مندرج در جدول ۷ نشان می‌دهد که از میان ۳۹ شرکت توزیع برق کشور، ۱۸ شرکت (۱، ۵، ۶، ۸، ۱۰، ۲۱، ۲۲، ۲۳، ۲۵، ۲۶، ۲۸، ۲۹، ۳۱، ۳۳، ۳۶، ۳۷، ۳۸، ۳۹) به‌طور متوسط رشد مثبت بهره‌وری را طی این دوره زمانی نشان می‌دهند. و از میان ۲۱ شرکت باقیمانده، ۲۰ شرکت کاهش رشد بهره‌وری دارند و تنها یک شرکت (۱۳)، هیچ تغییری در مقادیر بهره‌وری در این دوره زمانی نداشته است.

بررسی دقیق‌تر مقادیر جدول ۷، حاکی از این است که تقریباً اکثر شرکت‌ها، حتی شرکت‌هایی که دارای رشد مثبت بهره‌وری هستند، یا از نظر تخصیص بهینه منابع و یا در زمینه استفاده از تجهیزات و امکانات پیشرفته، دارای عدم کارایی هستند. در این بین تعداد شرکت‌هایی که دارای رشد منفی در کارایی فناوری

هستند، تا حدودی بیشتر است که نشان می‌دهد که به‌موازات ورود تجهیزات و امکانات پیشرفته برای کاهش تلفات و بهبود کیفیت عرضه برق به‌مشترکان، به‌دلیل هزینه بالایی که تعویض دستگاه‌ها با تجهیزات پیشرفته وارداتی برای شرکت‌ها به‌همراه داشته است، اکثر شرکت‌ها از این تجهیزات برای بهبود مقادیر کارایی و بهره‌وری خود استفاده نکرده‌اند. بیشتر تلفات و عدم کارایی‌هایی که در سیستم‌های توزیع مشاهده می‌شود، به‌دلیل استفاده از تجهیزات فرسوده و از رده خارج بوده، که این تجهیزات علاوه بر کاهش بازده، کیفیت عرضه برق را نیز به‌میزان قابل توجهی تحت تأثیر قرار داده و رشد بهره‌وری شرکت‌ها را با مشکل مواجه کرده است.

۸- نتیجه‌گیری

نتایج ارزیابی کارایی شرکت‌های توزیع برق کشوردرسال ۱۳۸۱، با استفاده ازروش تحلیل پوششی داده‌ها نشان می‌دهد که عدم کارایی مقیاس، مهم‌ترین معضل عدم کارایی اغلب شرکت‌های توزیع است. در این سال از میان ۴۲ شرکت توزیع برق کشور، تنها ۹ شرکت در مقیاس بهینه فعالیت داشته‌اند. علاوه بر این بیش از نیمی از شرکت‌هایی که دارای عدم کارایی مقیاس می‌باشند در ناحیه بازدهی فزاینده نسبت به‌مقیاس فعالیت کرده‌اند. بنابر این این شرکت‌ها می‌توانند با بسط حوزه فعالیت، مقادیر کارایی خود را بهبود بخشند. در سال ۱۳۸۱، از میان شرکت‌های توزیع برق کشور، شرکت‌های تبریز، اردبیل، شهرستان اصفهان، شمال غرب تهران، مرکز تهران، اهواز، بوشهر، گیلان و هرمزگان، با میزان کارایی فنی و مقیاس واحد، بالاترین میزان کارایی را به‌خود اختصاص داده‌اند. پس این شرکت‌ها به‌عنوان مجموعه‌های مرجع برای سایر شرکت‌ها برای بهبود مقادیر کارایی پیشنهاد می‌شوند.

ارزیابی تحولات بهره‌وری مجموع عوامل (TFP) شرکت‌ها، بر اساس شاخص بهره‌وری مالم‌کوییست، سیر نزولی بهره‌وری را در مجموعه شرکت‌های مورد بررسی نشان می‌دهد. از عوامل تأثیرگذار بر کاهش رشد بهره‌وری شرکت‌ها، عدم

کارایی در فناوری مورد استفاده توسط آنهاست، به‌گونه‌ای که اکثر شرکت‌ها به‌موازات ورود امکانات و تجهیزات پیشرفته برای بهبود کیفیت عرضه برق و کاهش تلفات انرژی، به‌دلیل هزینه بالایی که خرید و تعویض این تجهیزات، به‌همراه داشته است، از این امکانات در تاسیسات و شبکه‌های توزیع خود استفاده نکرده‌اند. پس این عامل از عوامل عمده تأثیرگذار بر سیر نزولی بهره‌وری شرکت‌های مزبور است.

فهرست منابع

۱- احمدی، وحیده؛ (۱۳۸۳)، *شناسایی عوامل مؤثر بر کاهش هزینه تمام شده شبکه‌های انتقال و توزیع برق در استان خراسان*؛ پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد.

۲- امامی میبدی، علی؛ (۱۳۷۹)، *اصول اندازه‌گیری کارایی و بهره‌وری*؛ مؤسسه مطالعات و پژوهش‌های بازرگانی.

۳- علیرضایی، محمدرضا، محمدرضا ظرافت انگیز و نصرت الله علمدار؛ (۱۳۷۸)، *ارزیابی عملکرد شرکت‌های توزیع برق به‌کمک تحلیل پوششی داده‌ها*؛ مدیریت و توسعه، شماره ۲.

۴- وزارت نیرو؛ (۱۳۷۸)، *تاریخچه تحول در توزیع برق کشور*؛ مدیریت هماهنگی و توزیع، ماهنامه تخصصی صنعت برق، شماره ۳۷.

۵- وزارت نیرو؛ *آمارنامه تفصیلی صنعت برق ایران*؛ سال‌های ۱۳۸۱-۱۳۷۷.

6- Bagdadioglu, Necimiddin, Catherin M. Waddams Price and Thomas G. Weyman-Jones, (1996) ;"Efficiency and Ownership in Electricity Distribution: A Non Parametric Model of Turkish Experience "; *Energy Economics*, Vol.8, No.1-2, pp.1-23.

7- Banker, R.D., A. Charnes and W.W. Cooper; (1984), " Some Models for Estimating Technical Scale Efficiencies in Envelopment Analysis"; *Management Science*, Vol.30, No.9, pp.1078-1092.

8- Charnes, A., W.W. Cooper and E. Rhodes; (1978), "Measuring the Efficiency of Decision Making Units"; *European Journal of Operational Research*, 2, pp.429-444.

9- Coelli, T.; (1996), "A Guide to DEAP Version 2.1 : A Data Envelopment Analysis Computer Program"; Centre for Efficiency and Productivity Analysis, University of New England , Working Paper,

No.8.
10- Coelli, T. and D.S. Prasada Rao ; (2003), "Total Factor Productivity Growth in Agriculture : A Malmquist Index Analysis of 93 Countries, 1980-2000", Centre for Efficiency and Productivity Analysis ; University of Queensland , Working Paper, No.2.
11- Cubbin, John and Joseph Augustin Ganley; (1992), "Public Sector Efficiency Measurement: Application of Data Envelopment Analysis", Amesterdam, North Holland.
12- Emami Meibodi, Ali; (1996), "Efficiency Consideration of Electricity Supply Industry : The Case of Iran"; Department of Economics, University of Surrey, Working Paper.
13- Farrell, M.; (1957), "The Measurement of Productive Efficiency"; *Journal of the Royal Statistics Society*, Series A, Vol. 120, No. 3, pp.253-281.
14- Forsund, Finn and Sverre A.C. Kittelsen; (1998), "Productivity Development of Norwegian Electricity Distribution"; *Resource and Energy Economics*, Vol.20, No.3, pp. 207-225.
15- Hatori, Toru, Tooraj Jamasb, and Micheal G. Pollit; (2002), "A Comparison of Uk and Japanese Electricity Distribution Performance 1985-1998: Lessons for Incentive Regulation"; Cambridge and Massachusetts Institute of Technology, *CMI Working Paper*, No. 3.
16- Resende, Marcelo; "Relative Efficiency Measurement and Prospects Yardstick Competition in Brazilian Electericity Distribution"; *Energy Policy*, Vol.30, No.8, pp. 637-647.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی