

## 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 مال‌م‌کویبست برای شرکت‌های مزبور در دوره زمانی ۱۳۷۷-۱۳۸۰ 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 به مقیاس فزاینده فعالیت می‌کنند و تحصیلات کارکنان تأثیر معنی‌داری 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 مال‌م‌کویبست، شرکت‌های توزیع برق، ایران.

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

Email: vahideh\_ahmadi@yahoo.com

\*\* کارشناس ارشد علوم اقتصادی.

## ۱- مقدمه

صنعت برق به خاطر نقش زیر بنایی و ارتباط زیادی که با کلیه عوامل مؤثر بر رشد اقتصادی دارد، صنعتی پویا و تأثیرگذار است. با توجه به فراگیری گسترده انرژی برق، می توان آن را به عنوان یکی از اصلی ترین عوامل بسترساز توسعه اقتصادی کشور محسوب کرد. صنعت برق به دو بخش تولید و توزیع تقسیم می شود که هر کدام به نوبه خود اهمیت اساسی دارند. در این بین بخش توزیع برق به دلیل ارتباط نزدیک با مشترکان از جایگاه و اهمیت خاصی برخوردار است. اما متأسفانه به دلیل کاستی ها و ضعف نظام برنامه ریزی، به این 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 مناسب تر از شبکه‌های توزیع، صرفه‌جویی‌های کلانی را در بردارد که این امر حکایت از اهمیت بالای سطح بهره‌وری عوامل دخیل در این بخش از صنعت برق دارد.<sup>۱</sup>

وزارت نیرو، با مشخص شدن جایگاه حساس بخش توزیع در صنعت برق در صدد برآمد با دادن هویتی مستقل به آن، وظایف بهره‌برداری، تعمیر و نگهداری شبکه‌ها و تاسیسات توزیع و فروش برق به مشترکان را به این بخش واگذار کند. در راستای نیل به این هدف، شرکت‌های توزیع برق در سال ۱۳۷۱ تاسیس شدند.<sup>۲</sup>

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

محققان در دهه‌های 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<sup>۱</sup> با توجه به قابلیت‌های متعددی که نسبت به سایر روش‌های ارزیابی عملکرد دارد<sup>۲</sup>، در عمل کاربرد وسیعی در صنعت برق یافته است.

## ۲- پیشینه تحقیق

بغدادی اغلو، وادامس پرایس و ویمن جونز<sup>۳</sup> (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 به کار رفته در مطالعه مزبور عبارتند از: ۱- حجم الکتریسیته تحویلی به مشترکان ۲- تعداد مشترکان ۳- حداکثر تقاضا (MW) ۴- اندازه منطقه (Km<sup>2</sup>) و نهاده‌ها شامل ۱- تعداد کارکنان ۲- ظرفیت ترانسفورماتورها (MVA) ۳- هزینه عمومی (لیر ترکیه) ۴- تلفات شبکه (MWH).

نتایج به دست آمده از آزمون من-ویتنی<sup>۴</sup> مبنی بر معنی دار بودن تفاوت میان مقادیر کارایی شرکت‌های دولتی و خصوصی، کاراتر بودن شرکت‌های خصوصی را نسبت به هم‌تاهای دولتی، نشان داده است.

فرسوند و کیتلسن<sup>۵</sup> (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 مالم کویست<sup>۶</sup> ارزیابی کرده‌اند. ستاده‌های مورد نظر در این مطالعه عبارتند از: ۱- تراکم مشترکان ۲- تعداد مشترکان ۳- حجم الکتریسیته تحویلی به مشترکان (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 به دست آمده نشان دهنده رشد مثبت بهره‌وری در صنایع توزیع برق این کشور بوده است. مهم‌ترین دلیل رشد مثبت بهره‌وری شرکت‌های مذکور کاهش تلفات انرژی ذکر شده است.

امامی میبدی<sup>۱</sup> به منظور 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 به کار رفته در مطالعه مذکور عبارتند از: ۱- حجم الکتریسیته تحویلی به مشترکان خانگی (MWH) ۲- حجم الکتریسیته تحویلی به مشترکان 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 به دست آمده از تحلیل کارایی شرکت‌های توزیع برق با استفاده از دو فرض بازدهی ثابت<sup>۲</sup> و بازدهی متغیر نسبت به مقیاس<sup>۳</sup>، 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 به مقیاس فعالیت می‌کنند.

هاتوری، جاماسب و پولیت<sup>۴</sup> به منظور مقایسه عملکرد نسبی شرکت‌های توزیع برق انگلستان و ژاپن، عملکرد نسبی این شرکت‌ها را در دوره زمانی ۱۹۸۵-۱۹۹۸ با استفاده از سه روش تحلیل پوششی داده‌ها، حداقل مربعات تصحیح شده<sup>۵</sup> و تحلیل مرزی تصادفی<sup>۶</sup> بررسی کرده‌اند.

به منظور بررسی کارایی شرکت‌ها با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها، ۵ الگو برآورد 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 به مشترکان و تعداد مشترکان، برای الگوهای دوم و پنجم حجم الکتریسیته تحویلی به مشترکان خانگی و غیرخانگی و برای الگوی سوم حجم الکتریسیته تحویلی به مشترکان، تعداد مشترکان و اندازه شبکه است. مقادیر کارایی فنی شرکت‌های مزبور با دو فرض بازدهی ثابت و متغیر نسبت به مقیاس، 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 به انگلستان نشان داده‌اند. صنایع انگلستان در الگوی سوم (با فرض بازدهی ثابت نسبت به مقیاس)، الگوی چهارم (با فرض بازدهی متغیر نسبت به مقیاس) 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 مال‌کویست و با فرض بازدهی ثابت نسبت به مقیاس برآورد شده است. نتایج به‌دست آمده رشد بهره‌وری بالاتری را در صنایع توزیع برق انگلستان نسبت به ژاپن نشان می‌دهد. الگوهای فوق با استفاده از دو روش حداقل مربعات تصحیح شده و تحلیل مرزی تصادفی نیز برآورد شده‌اند. مقادیر کارایی برآوردی با استفاده از این دو روش نیز کارایی بالاتر صنایع توزیع برق انگلستان، نسبت به ژاپن را مورد تأیید قرار داده است.

رزنده<sup>۱</sup> 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 به کار رفته در مطالعه مذکور عبارتند از: ۱- اندازه منطقه ( $\text{km}^2$ )  
 ۲- تعداد مشترکان ۳- حجم الکتریسیته تحویلی به مشترکان صنعتی (MWH)  
 ۴- حجم الکتریسیته تحویلی به مشترکان 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 به منظور 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 به این که در ادبیات اقتصادی، تابع هزینه دوگان<sup>۱</sup> تابع تولید است، بنابر این  
 به‌ازای قیمت‌های مشخصی از نهاده‌ها، تابع هزینه را نیز می‌توان به‌عنوان تابع  
 مرزی تلقی کرد. عبارت مرز در تابع به این دلیل به کار 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.<sup>۲</sup>  
 اندازه‌گیری کارایی به‌شیوه نوین از مطالعه فارل<sup>۳</sup> آغاز شد که با الهام گرفتن از  
 دبرو و کوپمانز<sup>۴</sup> تعریف ساده‌ای از کارایی شرکت‌ها ارائه کرد. او کارایی هر شرکت  
 را به دو جزء کارایی فنی<sup>۵</sup> و کارایی تخصیص<sup>۶</sup> تجزیه کرده و ایده خود را با نگرش

1- Dual.

2- Cubbin, John and Ganley, Joseph Augustin, 1992.

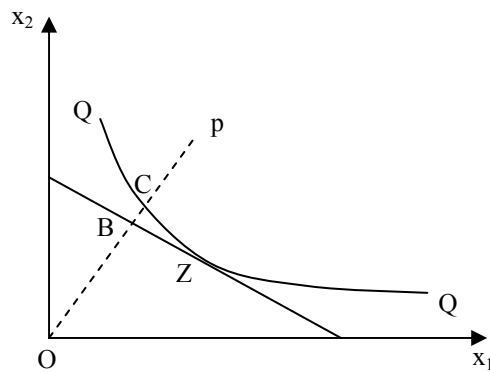
3- Farrell, M., 1957.

4- Debru and Koopmans, 1951.

5- Technical Efficiency.

6- Allocative Efficiency.

نهاده‌ای<sup>۱</sup> و با فرض بازدهی ثابت نسبت به مقیاس برای اندازه‌گیری کارایی بخش کشاورزی ایالات متحده آمریکا به کار برد. بر اساس تعریف ارائه شده توسط فارل، کارایی فنی توانایی هر شرکت را در کسب حداکثر محصول از مقادیر مشخص نهادها و کارایی تخصیص توانایی هر شرکت را در استفاده از نهادها با نسبت‌های بهینه به‌ازای قیمت‌های نسبی مشخص آنها نشان می‌دهد.<sup>۲</sup> 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 نهاد  $x_1$  و  $x_2$  را برای تولید محصول  $Q$  استفاده می‌کند.  $QQ$  منحنی تولید همسان<sup>۳</sup> یا مجموعه ترکیبات کارای نهادها است که سطح محصول  $Q$  را تولید می‌کنند. نقطه  $Z$  کاراترین نقطه تولید، هم از نظر حداقل‌سازی مقادیر کل نهادها برای محصول  $Q$  (کارایی فنی) و هم از لحاظ حداقل‌سازی هزینه استفاده از نهادها 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.

به این که مقدار این نسبت کمتر از یک است، بنابر این شرکت مزبور به لحاظ فنی غیرکارا در نظر گرفته می‌شود. کارایی تخصیص شرکتی که در نقطه P فعالیت می‌کند، از نسبت  $\frac{OB}{OP}$  به دست می‌آید. با توجه به این که مقدار این نسبت کمتر از یک است، پس شرکت مزبور به لحاظ تخصیص نیز غیرکارا است.<sup>۱</sup>

روش پیشنهادی فارل برای اندازه‌گیری کارایی شرکت‌ها، با توجه به فروض محدودکننده‌ای که به همراه داشت، کاربرد عملی چندانی نیافت، تا این که با انتشار مقاله چارنز، کوپر و رودز<sup>۲</sup> 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، برآورد می‌کند. نقص اندازه‌گیری کارایی با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها این است که این روش تمام انحرافات از مرز را به عنوان عدم کارایی در نظر گرفته و وزنی برای تکانه‌های تصادفی قائل نیست.<sup>۳</sup>

### ۱-۳- اندازه‌گیری کارایی در روش تحلیل پوششی داده‌ها

کارایی فنی برای هر شرکت از طریق حل روش برنامه‌ریزی کسری<sup>۴</sup> (مدل اولیه چارنز، کوپر و رودز) به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\text{Maximize } h_0 = \frac{\sum_{r=1}^s u_r Y_{r0}}{\sum_{i=1}^m v_i X_{i0}} \quad (1)$$

مشروط بر این که

۱- امامی میبیدی، علی، ۱۳۷۹.

2- Charnes, A., Cooper, W.W. and E. Rhodes, 1978.

3- Ganley, John and Ganley, Joseph Augustin, 1992.

4- Fractional Programming.



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

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 به‌نهاد حداکثر شود، مشروط بر این که 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 برآورد 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:

$$\text{Maximize } h_0 = \sum_{r=1}^s u_r y_{r0} \quad (2)$$

مشروط بر این که

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

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

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

$$\text{Minimize } \theta_0 - \varepsilon \left( \sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+ \right) \quad (3)$$

مشروط بر این که

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

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

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

در این جا،  $\varepsilon$  علامت منفی و مثبت بالای متغیرهای مازاد<sup>۱</sup> ( $s_i^-$  و  $s_r^+$ ) بیان گر میزان مازاد نهاده و ستاده‌ای است که باید برای افزایش کارایی شرکت مورد نظر، به ترتیب کاهش و افزایش یابد.

متغیرهای مازاد که در دوگان مسأله (۲) ظاهر می‌شوند عدم تساوی در قیود را به تساوی تبدیل می‌کنند. وارد کردن  $\varepsilon$  این اطمینان را ایجاد می‌کند که مرز کارا، هیچ قسمت عمودی و یا افقی را در بر نداشته باشد. به عبارت دیگر مقدار بهینه، تحت تأثیر متغیرهای مازاد واقع نشود. مقادیر  $\theta$  و مقادیر غیرمنفی  $\lambda$  دوگان متغیرهایی هستند که از مسأله (۲) به دست می‌آیند. هر شرکت باید حاوی دو شرط باشد تا به عنوان 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 ( $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$ ) به مسأله (۳)، الگوی با فرض بازدهی

ثابت (چارنز، کوپر و رودز، ۱۹۷۸) را به الگوی با فرض بازدهی متغیر (بانکر، چارنز و کوپر<sup>۲</sup>، ۱۹۸۴) تبدیل می‌کند. در این حالت کارایی فنی به دو جزء کارایی فنی محض<sup>۳</sup> (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<sup>۱</sup> 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 به لحاظ فنی کارا خواهد بود و ممکن است به لحاظ مقیاس کارایی نداشته باشد.<sup>۲</sup>

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

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

$\theta$	مقدار کارایی برآورد شده با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها (DEA)
O	سازمان توزیع خاصی که کارایی آن نسبت به سایر سازمان‌ها ارزیابی می‌شود. $1 \leq o \leq n$
i	اندیس مشخص‌کننده نهاده‌ها ( $i = 1, 2, \dots, m$ )
j	اندیس مشخص‌کننده هر سازمان توزیع ( $j = 1, 2, \dots, n$ )
r	اندیس مشخص‌کننده ستاده‌ها ( $r = 1, 2, \dots, s$ )
$x_{ij}$	مشخص‌کننده i امین نهاده زامین سازمان توزیع
$y_{rj}$	مشخص‌کننده r امین ستاده زامین 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
$\lambda_j$	وزن زامین سازمان مرجع

## ۲-۳- شاخص بهره‌وری مال‌کویبست

با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها، شاخص بهره‌وری مال‌کویبست (که تغییر بهره‌وری مجموع عوامل شرکت‌ها را در دو نقطه زمانی با استفاده از تابع مسافت<sup>۳</sup> اندازه‌گیری می‌کند) نیز قابل محاسبه است. مطابق تعریف فار<sup>۴</sup> (۱۹۹۴) شاخص بهره‌وری مال‌کویبست با نگرش ستاده ای<sup>۵</sup> برای دوره s تا t به صورت 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 به فناوری دوره  $s$  نشان می‌دهد.

اولین و دومین جزء به ترتیب تغییر در کارایی و تغییر در کارایی فناوری شرکت‌ها را از دوره  $s$  به دوره  $t$  نشان می‌دهند. مقدار بزرگ‌تر از یک محاسبه شده برای این شاخص در نگرش ستاده‌ای، رشد بهره‌وری مجموع عوامل شرکت‌ها را از دوره  $s$  به دوره  $t$  نشان می‌دهد. این در حالی است که اگر شاخص مال‌م‌کوئیست با نگرش نهاده‌ای محاسبه شود، مقدار کمتر از یک محاسبه شده برای آن بیان‌گر رشد بهره‌وری خواهد بود.<sup>۱</sup>

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 برآورد مقادیر کارایی و بهره‌وری شرکت‌های توزیع برق کشور، با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها، از نرم‌افزار DEAP 2.1 که به وسیله 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 به مقیاس) 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 مال‌م‌کوئیست برآورد می‌شود.

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

با توجه به این که شرکت‌های توزیع برق همواره به دنبال حداقل کردن هزینه‌های توزیع هستند، بنابر این در این جا 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 به مقادیر مشخصی از ستاده‌ها حداکثر می‌شود. برای برآورد مقادیر کارایی شرکت‌های توزیع، از دو الگو استفاده شده است. در الگوی اول، متغیر تعداد کارکنان بدون توجه به میزان تحویل 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 و ۳ نشان داده شده است.<sup>۱</sup>

جدول ۲- متغیرهای الگوی اول تحقیق

متغیرهای ستاده‌ای	متغیرهای نهاده‌ای
حجم الکتریسیته تحویلی به مشترکان خانگی (MW)	طول خطوط (km)
حجم الکتریسیته تحویلی به مشترکان غیر خانگی (MW)	ظرفیت ترانسفورماتورها (MVA)
تعداد مشترکان خانگی	تعداد کارکنان
تعداد مشترکان غیر خانگی	

جدول ۳- متغیرهای الگوی دوم تحقیق

متغیرهای ستاده‌ای	متغیرهای نهاده‌ای
فروش انرژی برق به مشترکان خانگی (MWH)	طول خطوط (Km)
فروش انرژی برق به مشترکان غیر خانگی (MWH)	ظرفیت ترانسفورماتورها (MVA)
تعداد مشترکان خانگی	تعداد کارکنان بالاتر از کارشناسی به کل کارکنان
تعداد مشترکان غیر خانگی	تعداد کارکنان پایین‌تر از کارشناسی به کل کارکنان

اطلاعات مربوط به این 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 غیر خانگی) به عنوان 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 به دو جزء کارکنان بالاتر از مدرک کارشناسی و کارکنان پایین‌تر از کارشناسی تفکیک شده و از نسبت این اجزا به کل کارکنان برای مشخص شدن سهم تحصیلات کارکنان، در هر یک از شرکت‌های توزیع استفاده شده است. ضریب برآورد شده همبستگی اسپیرمن بین مقادیر کارایی الگوهای اول و دوم در سطح اهمیت ۹۵ درصد،  $r_s = 0.78$  است که بیان‌گر همبستگی بالای مقادیر کارایی برآورد شده از دو الگوی فوق است. بنابر این سهم تحصیلات کارکنان تأثیری بر مقادیر کارایی شرکت‌های مزبور نداشته است. با توجه به این که در روش تحلیل پوششی داده‌ها، با افزایش تعداد متغیرها از دقت برآورد کاسته می‌شود و نیز همبستگی بالای مقادیر کارایی برآورد 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 به ضرایب ورودی و خروجی ( $U_i$  و  $V_i$ ) اغلب غیرمنفی (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  $\epsilon$ ) بزرگ‌تر در نظر گرفته شود. در این مطالعه مقدار  $\epsilon$  معادل  $10^{-6}$  در نظر گرفته شده است.

##### ۵- کارایی فنی شرکت‌های توزیع برق با فرض بازدهی ثابت نسبت به مقیاس

در حالت بازدهی ثابت نسبت به مقیاس، 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 برآورد کارایی فنی هر یک از شرکت‌های توزیع در جدول ۴ نشان داده شده است.

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

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

منبع: محاسبات تحقیق

مقادیر مندرج در جدول ۴ بیان‌گر این واقعیت است که از میان ۴۲ شرکت توزیع برق کشور، در سال ۱۳۸۱ تنها ۹ شرکت (۳، ۴، ۵، ۱۳، ۱۵، ۲۲، ۳۴، ۳۷، ۴۱) دارای مقدار کارایی واحد هستند. این شرکت‌ها می‌توانند به‌عنوان مجموعه‌های مرجع برای سایر شرکت‌ها برای بهبود مقادیر کارایی آنان پیشنهاد شوند. بررسی دقیق‌تر مقادیر کارایی برآورد شده شرکت‌ها با فرض بازدهی ثابت نسبت به مقیاس نشان می‌دهد که پنج شرکت (۲۴، ۲۳، ۲۷، ۳۶، ۳۱) دارای کمترین مقادیر کارایی و یا به‌عبارت دیگر دارای بیشترین فاصله از مرز کارا 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 مزبور به‌میزان ۴۰/۱ درصد (در مقایسه با شرکت‌هایی که مجموعه‌های مرجع 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 هیچ‌گونه کاهشی در میزان ستاده‌های آن صورت گیرد.

#### ۱-۵- مجموعه‌های مرجع

مجموعه‌های مرجع به‌وسیله سازمان‌هایی مشخص می‌شوند که با توجه به‌مرز تعیین شده توسط داده‌های نمونه، بهترین عملکرد را نشان می‌دهند به‌عبارت دیگر دارای مقدار کارایی واحد هستند. این شرکت‌ها می‌توانند به‌عنوان شرکت‌های مرجع برای شرکت‌های غیرکارا جهت بهبود عملکردشان پیشنهاد شوند. هر یک از شرکت‌های غیرکارا باید تلاش کنند مقادیر نهاده و ستاده‌های خود را بر طبق نهاده و ستاده‌های مورد استفاده توسط این شرکت‌ها به‌گونه‌ای تعدیل کنند که به‌مرز کارا دست پیدا کنند.

وزن‌های برآورد شده مجموعه‌های مرجع برای هر یک از شرکت‌های غیرکارا، اهمیت نسبی هر کدام از این شرکت‌ها را در تشکیل مجموعه‌های هدف، برای هر یک از شرکت‌های غیرکارا نشان می‌دهد. برای توضیح بیشتر مجموعه‌های مرجع، شرکت توزیع برق استان کهگیلویه و بویر احمد (که پایین‌ترین میزان کارایی را



نسبت به شرکت‌های 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 به مقیاس

در حالت بازدهی متغیر نسبت به مقیاس، 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 برآورد کارایی فنی شرکت‌های توزیع با فرض بازدهی متغیر نسبت به مقیاس، در جدول ۶ نشان داده شده است.

در حالت بازدهی متغیر نسبت به مقیاس، که کارایی فنی بدون حضور اثرات مقیاس محاسبه می‌شود، ۲۱ شرکت به‌صورت کارا فعالیت می‌کنند. در حالی که در حالت بازدهی ثابت نسبت به مقیاس 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 به مقیاس 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 به مقیاس 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

شماره	نام	تایم هدف	تبریز	اردبیل	اصفهان	تهران	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	۱/۳۶۲	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	۰/۴۶۲	۰/۲۸								
	غرب تهران	۰/۸۷۲		۱/۰۸۸								
	جنوب غرب تهران	۰/۸۶۲		۰/۹۱۴								
	شمال شرق تهران	۰/۹۶۰	۰/۱۰۵	۰/۳۴۳	۰/۷۲۷							
	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			
	کهگیلویه بویر احمد	۰/۴۰۱	۰/۰۹۳	۰/۱۲۶	۰/۰۰۵							
	زنجان	۰/۶۵۷	۰/۳۴۵	۰/۰۷۴	۰/۱۷۰							
	قزوین	۰/۸۸۵		۰/۱۲۸	۰/۳۲۸							
	سمنان	۰/۵۵۱		۰/۲۲۵	۰/۲۲۵							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		۰/۵۲۸							
	فارس	۰/۶۷۹	۰/۶۲۳	۰/۵۳۶					۰/۰۳۶			
	شمال کرمان	۰/۷۲۱	۰/۵۴۷	۰/۳۳۶								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 کهگیلویه 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 به مقیاس، drs = بازدهی کاهنده نسبت به مقیاس، irs = بازدهی فزاینده نسبت به مقیاس  
منبع: محاسبات تحقیق

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

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

منبع: محاسبات تحقیق

## ۷- برآورد تغییر بهره‌وری مجموع عوامل شرکت‌های توزیع برق کشور با استفاده از شاخص بهره‌وری مال‌کوئیست:

شاخص بهره‌وری مال‌کوئیست، تغییر بهره‌وری مجموع عوامل شرکت‌ها را از دوره  $t$  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 به دوره  $t+1$  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 به دست می‌آید.

با توجه به این که محاسبه شاخص مال‌کوئیست با استفاده از تابع مسافت نهاده‌ای صورت گرفته است، مقادیر کمتر از یک برآورد 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 به مشترکان، 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 کشور در سال ۱۳۸۱، با استفاده از روش 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 به مقیاس 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 مال‌کویست، 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، به گونه‌ای که اکثر شرکت‌ها به موازات ورود امکانات و تجهیزات پیشرفته برای بهبود کیفیت عرضه برق و کاهش تلفات انرژی، به دلیل هزینه بالایی که خرید و تعویض این تجهیزات، به همراه 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 میبیدی، 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 به کمک 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", Amsterdam, 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 Electricity Distribution"; *Energy Policy*, Vol.30, No.8, pp. 637-647.



