نشریه علمی- پژوهشی کیفیت و بهره وری صنعت برق ایران
Iranian Electric Industry Journal
Of Quality And Productivity

سال دوم شماره سوم بهار و تابستان ۱۳۹۲
Vol 2 –No.3 Spring and Summer

اندازه گیری رشد بهره وری شرکت های برق منطقه ای با در نظر گرفتن شرایط تحریم و سیاستگذاری های مربوطه

محمدرضا علیرضائی[۱] و معصومه رجبی تنها[۲]

۱- دانشکده ریاضی- دانشگاه علم و صنعت ایران- تهران- ایران mralirez@iust.ac.ir

۲- دانشکده ریاضی- دانشگاه علم و صنعت ایران- تهران- ایران m_rajabitanha@iust.ac.ir

چکیده: اندازه گیری رشد بهره وری در هر صنعتی برای مدیران دارای اهمیت بوده و می تواند در تصمیم گیری‌ها و سیاست گذاری‌ها مؤثر باشد. از سوی دیگر گاهی اوقات با شرایطی روبرو هستیم که تأثیر آنها در صنعت، اجتناب ناپذیر است لذا بکارگیری یک مدل ریاضی دقیق برای این اندازه‌گیری به عنوان پیشنیاز ارائه راهکارهای بهبود، سیاستگذاری‌های صحیح و ارتقای بهره‌وری، امری ضروری می‌نماید. این مقاله ضمن بررسی کلان صنعت برق که نقش ویژه‌ای در بخش انرژی در کشور دارد، به اندازه گیری رشد بهره‌وری کل عوامل ۱۴ شرکت برق منطقه ای از سال پایانی برنامه چهارم توسعه (۱۳۸۸) به سال شروع برنامه پنجم (۱۳۸۹) با در نظر گرفتن شرایط تحریم می‌پردازد. بدین منظور، ابتدا شاخص‌های این شرکت‌ها به صورت ورودی‌ها و خروجی‌هایی تدوین شده و از شاخص مالکوئیست توسعه یافته با تجزیه چهار قسمتی، شامل مؤلفه‌های تغییرات کارایی خالص، تغییرات کارایی قیاسی، تغییرات عامل توازن و تغییرات تکنولوژی توسعه یافته استفاده شده است که نتایج حاصل، ابزارهای تحلیل مناسبی را جهت پشتیبانی تصمیم و ارائه راهکارهای بهبود متناسب با شرایط شرکت‌ها در هر یک از این بخش‌ها در اختیار مدیران قرار می‌دهد.

واژه های کلیدی: بهره وری کل عوامل، تحلیل پوششی داده ها، کارت امتیازی متوازن، شاخص مالمکوئیست، عامل توازن.

تاریخ ارسال مقاله:۱۳۹۱/۰۲/۰۲
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۲/۰۴/۱۱
نویسنده‌ی مسئول:: محمدرضا علیرضائی
نشانی نویسنده مسئول: تهران، نارمک، دانشگاه علم و صنعت، دانشکده ریاضی

۱- مقدمه

صنعت برق بی تردید یکی از با ارزش ترین منابع انرژی در هر کشوری می باشد. بطوریکه عملکرد آن می تواند تأثیر بسیار زیاد بر بخش های دیگر از جمله توسعه اقتصادی و مسائل زیست محیطی داشته باشد. لذا توسعه این بخش تأثیر بسزایی در تحقق چشم انداز ۲۰ ساله کشور خواهد داشت. بدیهی است که تحقق این چشم انداز در شرایطی که سایر کشورهای منطقه نیز اهداف توسعه مشابهی را پیگیری می نمایند، در گرو ارزیابی های دقیق و سازنده، با بکارگیری روش های نوین و متداول است که در نتیجه آن، امکان تدوین مسیر بهتر و همچنین تصحیح و بازنگری اقدامات صورت گرفته، میسر خواهد شد.

باید به این مساله توجه داشت که بدون اندازه گیری و یا انجام محاسبات نا دقیق بهره وری انرژی، امکان مدیریت آن وجود نداشته و منجر به نتایج غیر قابل جبرانی خواهد شد.

مدل پایه ای تحلیل پوششی داده ها[۱] (DEA) در سال ۱۹۷۸ توسط چارنز، کوپر و رودز[۲] با عنوان CCR معرفی گردید [1]. در سال ۱۹۸۴، بنکر[۳] و همکاران، مدل CCR را برای حالت بازده به مقیاس متغیر تعمیم داده و مدل BCC را مطرح نمودند [2]. لازم به ذکر است که مدل های بسیار دیگری تاکنون معرفی شده اند. از جمله می توان به مدل DEA-BSC اشاره نمود که عامل توازن[۴] با استفاده از آن، به صورت نسبت نمرات کارایی حاصل از مدل DEA-BSC و مدل CCR قابل تعریف بوده و نشان دهنده میزان همسویی واحدها با استراتژیها می باشد. در این مدل اهمیت کارت هایی که در روش کارت امتیازی متوازن[۵] (BSC) برای در نظر گرفتن این استراتژی ها تعریف می شود، به صورت محدودیت هایی وارد مدل می گردد [3]. متداول ترین کارت ها چهار منظر مالی، مشتری، فرایندهای داخلی و یادگیری و رشد و نو آوری است که می تواند در شرایط مختلف تغییر کند [4].

مفهومی به نام مالمکوئیست[۶] نیز از سال ۱۹۵۳ توسط مالمکوئیست به عنوان شاخصی برای تحلیل مصرف ورودی ها معرفی شده بود [5] که پس از آن در سال ۱۹۸۲ توسط کیوس[۷] و همکاران برای محاسبه تغییر بهره وری در دوره زمانی به کار گرفته شد [6]. در سال ۱۹۹۲ فار و همکاران، ایده محاسبه کارایی از فارل و هم چنین محاسبه بهره وری از کیوس را ترکیب کرده و شاخص بهره وری مالمکوئیست را با استفاده از DEA ساختند و آن را به دو عامل تغییر کارایی تکنیکی[۸] (EC) و تغییر تکنولوژی[۹] (TC) تجزیه نمودند [7]. در سال ۱۹۹۴ نیز، این شاخص به تکنولوژی با بازده به مقیاس متغیر تعمیم داده شده و تجزیه سه قسمتی آن ارائه گردید. با ارائه این تجزیه، تغییر در مقیاس، در دوره زمانی در نظر گرفته می شود به این ترتیب که مؤلفه تغییر کارایی تکنیکی به دو مؤلفه تغییر کارایی تکنیکی خالص[۱۰] (PEC) و تغییر کارایی قیاسی[۱۱] (SEC) تجزیه می شود [8]. تا کنون تجزیه های گوناگون دیگری از این شاخص معرفی شده است که در شرایط متفاوت برای محاسبه رشد بهره وری کل عوامل[۱۲] (TFP) به کار می روند. همچنین با توجه به اینکه شاخص مالمکوئیست بر اساس توابع فاصله تعریف می گردد می توان با استفاده از مدل های مختلف به جای مدل پایه ای CCR، تجزیه ای توسعه یافته از این شاخص ارائه نمود [9,10]. در این مقاله شاخص مالمکوئیست توسعه یافته را برای در نظر گرفتن عامل توازن بکار خواهیم گرفت که در بخش بعد به تشریح آن خواهیم پرداخت [10].

مطالعات بسیار زیادی در زمینه بکارگیری DEA در صنعت برق انجام شده است بطوریکه می توان گفت برق جزء اولین مسائلی بوده است که DEA برای محاسبه کارایی در بخش های مختلف این صنعت بکار گرفته شده است.

اولین مطالعه به دهه ۱۹۸۰ باز می گردد که DEA برای تخمین MPSS نیروگاه های تولید برق بکار گرفته شد [11]. به طور کلی می توان این مطالعات را در دو حوزه دسته بندی نمود:

بکارگیری DEA در تحلیل کارایی در بخش توزیع برق [18-12].

برای اندازه گیری و ارزیابی کارایی نیروگاه ها و عملکرد تولید برق [23-19].

از دیگر مواردی که می توان به آنها اشاره نمود، مقایسه کارایی تکنولوژیکی ذغال سنگ و انرژی هسته ای [24] و ارائه مدلی جدید برای بررسی عملکرد انتشار دی اکسید کربن و انرژی در تولید برق [25] همچنین بررسی کارایی انرژی کل عوامل می باشد [26].

مطالعاتی نیز در زمینه کارایی و بهره وری صنعت برق در ایران صورت گرفته است، از جمله ارزیابی کارایی ۳۰ نیروگاه برق حرارتی [27] و اندازه گیری کارایی و تغییرات بهره وری در شرکت‌های تولید برق [28] و ارزیابی تغییرات کارایی نیروگاه های برق حرارتی با استفاده از DEA و مالمکوئیست [29] که تمامی این مطالعات در حوزه یک، از دو حوزه فوق الذکر قرار می گیرند. بنابراین با توجه به اینکه صنعت برق شامل سه بخش اصلی تولید، انتقال، توزیع می باشد در بخش انتقال مطالعه منسجمی صورت نگرفته است. از طرفی تمرکز اکثر مطالعات فوق الذکر در زمینه تحلیل کارایی بوده است بطوریکه محاسبه بهره وری و تجزیه های آن کمتر در مطالعات مورد توجه قرار گرفته است.

با توجه به اینکه سیاستگذاری ها، در کشور در حال تغییر می باشد و از طرف دیگر کشور با تحریم های متعددی مواجه است بنابراین در انتخاب و به کار گیری مدل های ارزیابی باید به این نکات اساسی توجه نموده و مدل هایی را برای ارزیابی و تحلیل انتخاب نمود که قابلیت انطباق با شرایط روز کشور را دارا بوده و بتوان در صورت نیاز و همزمان با این تغییرات، مدل را بروز نموده و آنها را در مدل اعمال نمود. در غیر این صورت ابزار دقیق و تحلیل سازنده و مناسبی

برای تصمیم گیری های کلیدی نخواهیم داشت. همچنین گاهی نیاز به اعمال نظرات خبرگان برای غنی ساختن مدل داریم. این تحقیق با بکارگیری شاخص بهره‌وری مالکوئیست با رویکرد تحلیل پوششی داده ها (DEA) و تجزیه آن به مؤلفه های رشد کارایی خالص، رشد تکنولوژی، رشد کارایی قیاسی و رشد عامل توازن، سعی در ارائه ابزارهای دقیق برای تحلیل ارزیابی شرکت های برق منطقه ایران از سال پایانی برنامه چهارم توسعه (۱۳۸۸) به سال شروع برنامه پنجم (۱۳۸۹) دارد. با توجه به اینکه این ابزار ها قادر به تحلیل می باشند، نتایج تحقیق می‌تواند در سیاستگذاری توسعه برق جهت ایجاد توسعه متوزان و متعادل در سطح شرکت های برق منطقه ای ایران که خود مستلزم ارائه چارچوبی دقیق از سطح تفاوت در اجزاء بهره‌وری آن ها است مورد توجه قرار گیرد و موجب تصمیم گیری های موثر در این بخش گردد.

بدین ترتیب در بخش ۲ به ارائه متدولوژی و مدل های ریاضی خواهیم پرداخت. در بخش ۳ شاخص های شرکت های برق منطقه ای معرفی شده سپس متدولوژی ارائه شده، برای محاسبه رشد بهره وری و اجزای آن بکار گرفته می شود و نتایج به عنوان ابزارهای تحلیل و همچنین توصیه های سیاستی برای شرکت ها ارائه می گردد. سرانجام بخش ۴ نیز به نتیجه گیری خواهد پرداخت.

۲- روش تحقیق و متدولوژی

در این بخش به ارائه مدل های اندازه گیری بهره وری کل عوامل خواهیم پرداخت. همانطور که ذکر شد از مدل تلفیقی BSC-DEA برای محاسبه شاخص بهره وری مالمکوئیست برای در نظر گرفتن عامل توازن که به صورت محدودیت هایی وارد مدل می شود استفاده می گردد (مدل (۱)). در این مدل، اهمیت های کارت های معرفی شده در روش BSC که در راستای استراتژی های سازمان تعریف می گردد، توسط قیودی وارد مدل می شود. فرض کنید n واحد تصمیم گیرنده وجود دارد و هر واحد از مقادیر مختلفی از m ورودی برای تولید مقادیر مختلفی از s خروجی استفاده می‌کند.

$$
\begin{aligned}
&Max \sum_{r=1}^{s} u_r y_{rp} \\
&s.t. \\
&\sum_{i=1}^{m} v_i x_{ip} = 1 \\
&-\sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij} + \sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj} \le 0 \qquad \forall j \\
&L_{C_k} \le \sum_{r \in C_k} u_r y_{rp} / \sum_{r=1}^{s} u_r y_{rp} \le U_{C_k} \quad \forall k \\
&u_r, v_i \ge \varepsilon \qquad \forall i, r
\end{aligned}
\qquad (۱)
$$

x_{ij} مقادیر ورودی i ام و y_{rj} مقادیر خروجی r ام واحد j است.

گاهی ممکن است بخواهیم نظرات خبرگان را به مدل اعمال کنیم، لذا به این منظور از مدلهای با محدودیت وزنی استفاده می گردد که انواع مختلفی دارد. در این مقاله از محدودیت هایی به فرم محدودیت های (۲) استفاده شده است که کران هایی برای نسبت ضرایب اعمال می گردد [30].

$$
\begin{aligned}
&\alpha_i \le \frac{v_i}{v_{i_0}} \le \beta_i, \qquad i = 1,...,m \\
&\delta_r \le \frac{\mu_r}{\mu_{r_0}} \le \gamma_r, \qquad r = 1,...,s
\end{aligned}
\qquad (۲)
$$

به این نوع محدودیت‌ها، "ناحیه اطمینان[۱۳]" یا AR گفته می‌شود.

در (۳) شاخص مالمکوئیست توسعه یافته به همراه مؤلفه های آن ارائه شده است.

$$
\begin{aligned}
&EMI = EEC \times ETC = EC \times BFC \times ETC = PEC \times SEC \times BFC \times ETC; \\
&EEC = \frac{D_{BD}^{t+1}(x_p^{t+1}, y_p^{t+1})}{D_{BD}^{t}(x_p^{t}, y_p^{t})}, \quad EC = \frac{D_{CCR}^{t+1}(x_p^{t+1}, y_p^{t+1})}{D_{CCR}^{t}(x_p^{t}, y_p^{t})} \\
&ETC = \left[\frac{D_{BD}^{t}(x_p^{t+1}, y_p^{t+1})}{D_{BD}^{t+1}(x_p^{t+1}, y_p^{t+1})} \frac{D_{BD}^{t}(x_p^{t}, y_p^{t})}{D_{BD}^{t+1}(x_p^{t}, y_p^{t})} \right]^{1/2}, \\
&BFC = \left[\frac{D_{CCR}^{t}(x_p^{t}, y_p^{t})}{D_{BD}^{t}(x_p^{t}, y_p^{t})} \times \frac{D_{BD}^{t+1}(x_p^{t+1}, y_p^{t+1})}{D_{CCR}^{t+1}(x_p^{t+1}, y_p^{t+1})} \right], \\
&PEC = \frac{D_{VRS}^{t+1}(x_p^{t+1}, y_p^{t+1})}{D_{VRS}^{t}(x_p^{t}, y_p^{t})}, \quad SEC = \frac{\frac{D_{CCR}^{t+1}(x_p^{t+1}, y_p^{t+1})}{D_{VRS}^{t+1}(x_p^{t+1}, y_p^{t+1})}}{\frac{D_{CCR}^{t}(x_p^{t}, y_p^{t})}{D_{VRS}^{t}(x_p^{t}, y_p^{t})}}
\end{aligned}
\qquad (۳)
$$

همانگونه که ملاحظه می شود، این شاخص با استفاده از مدل DEA-BSC به جای مدل CCR به دو مؤلفه تغییر کارایی توسعه یافته[۱۴] (EEC) و تغییر تکنولوژی توسعه یافته[۱۵] (ETC) تجزیه شده است. با بکارگیری هر دو مدل BSC-DEA و CCR، EEC به EC و تغییر عامل توازن (BFC) تجزیه شده و با استفاده از مدل BCC علاوه بر دو مدل قبلی تجزیه ای چهار قسمتی از این شاخص شامل PEC, SEC, BFC, ETC ارائه می گردد [10].

برای محاسبه توابع فاصله در این شاخص از مدل (۴) استفاده می شود:

$$D_{BD}^{t+1}(X_p^t, Y_p^t) = Max \sum_{r=1}^{s} u_r^{t+1} y_{rp}^t$$

$$s.t.$$

$$\sum_{i=1}^{m} v_i^{t+1} x_{ip}^t = 1 \qquad (۴)$$

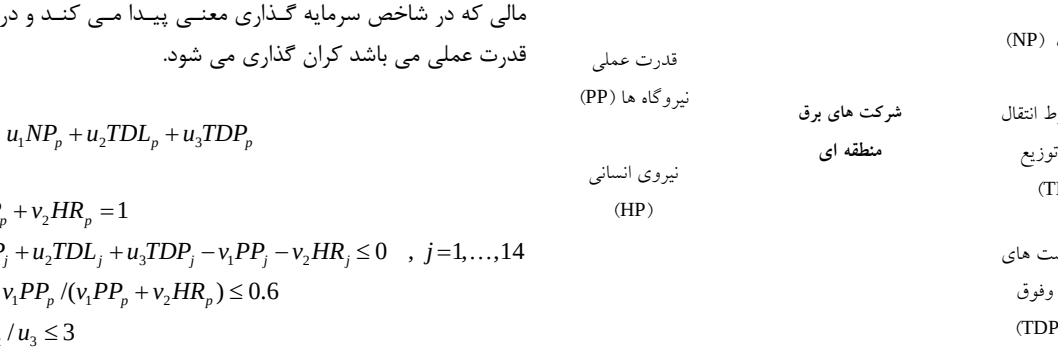
$$-\sum_{i=1}^{m} v_i^{t+1} x_{ij}^{t+1} + \sum_{r=1}^{s} u_r^{t+1} y_{rj}^{t+1} \le 0 \qquad \forall j$$

$$L_{C_k} \le \sum_{r \in C_k} u_r^{t+1} y_{rp}^t / \sum_{r=1}^{s} u_r^{t+1} y_{rp}^t \le U_{C_k} \quad \forall k$$

$$u_r^{t+1}, v_i^{t+1} \ge \varepsilon \qquad \forall i, r$$

۳- نتایج و بحث

ابتدا به معرفی ساختار داده ای، شاخص های ورودی و خروجی، و همچنین مدلهای ریاضی آن پرداخته سپس نتایج حاصل از بکارگیری متدولوژی فوق، به عنوان ابزارهایی جهت تحلیل و تصمیم سازی، ارائه خواهد شد. شاخص های شرکت های برق منطقه ای شامل ورودیها و خروجی هایی به صورت شکل (۱) تدوین شده و اطلاعات مربوطه از سایت آمار شرکت توانیر استخراج شده است.



شکل (۱): نماد تصویری شاخص های شرکت های برق منطقه ای

منظور از قدرت عملی، بیشترین توان قابل تولید مولد در محل نصب با در نظر گرفتن شرایط محیطی (ارتفاع از سطح دریا، دمای محیط و رطوبت نسبی) است.

منظور از تولید ویژه، تولید ویژه نیروگاه یا تولید انرژی ویژه است که عبارت است از تولید انرژی برق ناویژه منهای مصرف داخلی نیروگاهها در یک دوره معین و برحسب کیلووات ساعت یا مگاوات ساعت.

منظور از ظرفیت پست، ظرفیت نامی یک ایستگاه برق بر اساس مجموع قدرت ظاهری ترانسفورماتورهای نصب شده در آن بر حسب مگاولت آمپر و یا بر اساس ظرفیت حرارتی شینه بر حسب کیلوآمپر می باشد.

منظور از نیروی انسانی، تعداد نیروی انسانی شرکت برق منطقه ای مورد نظر است.

لازم به ذکر است، مطالعات خاص و متدولوژی های مختلفی به منظور انتخاب شاخص های ورودی و خروجی وجود دارد [31]، ما در این مقاله بر مبنای داده های مربوط به شاخص های فوق (جدول ۱) به ارائه نتایج پرداخته ایم که با تغییر این داده ها ممکن است این نتایج نیز تغییر کند. هدف از پژوهش حاضر بررسی و ارائه ابزارهای تحلیل به منظور ابزارهای پشتیبانی تصمیم می باشد که به کارشناسان برای اتخاذ تصمیمات موثرتر کمک نماید.

حال به بررسی مدل های اندازه گیری بهره وری کل عوامل ۱۴ شرکت برق منطقه ای، از سال پایانی برنامه چهارم توسعه (۱۳۸۸) به سال شروع برنامه پنجم (۱۳۸۹)، خواهیم پرداخت.

مدل (۵) را در نظر بگیرید. در این مدل نسبت اهمیتی شاخص خطوط به پست های انتقال و فوق توزیع مطابق نظر خبرگان بین ۱ و ۳ لحاظ گردیده است. همچنین با توجه به اینکه تحریم اعمال شده بر منظر مالی و شاخص سرمایه گذاری (در اینجا قدرت عملی) تأثیر می گذارد بنابراین سیاستهای متناظر با استراتژیهای اتخاذ شده در دوران تحریم با وارد نمودن محدودیت های جدید به مدل اعمال شده است. به این ترتیب که کرانهای ۰.۲ و ۰.۶ برای اهمیت کارت مالی که شامل شاخص قدرت عملی می باشد به عنوان یکی از سیاست های دوران تحریم در مدل در نظر گرفته شده است. با توجه به اینکه هدف این مقاله بررسی و اعمال این تحریم ها در مدل می باشد تنها برای منظر مالی که در شاخص سرمایه گذاری معنی پیدا می کند و در اینجا قدرت عملی می باشد کران گذاری می شود.

$$\begin{aligned}
&Max\ \ u_1 NP_p + u_2 TDL_p + u_3 TDP_p \\
&s.t \\
&v_1 PP_p + v_2 HR_p = 1 \\
&u_1 NP_j + u_2 TDL_j + u_3 TDP_j - v_1 PP_j - v_2 HR_j \le 0 \quad , \ j = 1,\ldots,14 \\
&0.2 \le v_1 PP_p / (v_1 PP_p + v_2 HR_p) \le 0.6 \\
&1 \le u_2 / u_3 \le 3 \\
&u_1, u_2, u_3 \ge \varepsilon \\
&v_1, v_1 \ge \varepsilon
\end{aligned} \qquad (۵)$$

در ادامه نتایج مربوط به بهره وری کل عوامل، شاخص مالمکوئیست و اجزای آن، برای ۱۴ شرکت برق منطقه ای (جدول ۲) از سال پایانی برنامه چهارم توسعه (۱۳۸۸) به سال شروع برنامه پنجم (۱۳۸۹) ارائه خواهد شد که به تحلیل آنها خواهیم پرداخت.

جدول (۲): نتایج شاخص بهره وری مالمکوئیست توسعه یافته و اجزای آن

شرکتهای برق منطقه ای	BFC	PEC	SEC	ETC	ETFPG
DMU1	1.03	1.00	0.98	1.06	1.08
DMU2	0.97	1.00	1.00	1.06	1.04
DMU3	0.91	1.02	0.99	1.12	1.04
DMU4	1.00	1.00	1.13	1.04	1.18
DMU5	1.01	0.96	0.98	1.09	1.04
DMU6	1.02	0.95	0.95	1.13	1.04
DMU7	1.20	1.00	1.03	0.96	1.18
DMU8	0.89	0.99	1.00	1.11	0.97
DMU9	0.98	1.00	1.00	1.13	1.10
DMU10	1.00	1.00	1.00	1.16	1.16
DMU11	0.98	0.96	1.08	1.03	1.06
DMU12	1.00	1.00	0.98	1.05	1.03
DMU13	1.01	0.91	1.04	1.06	1.01
DMU14	0.90	1.00	1.00	1.09	0.98

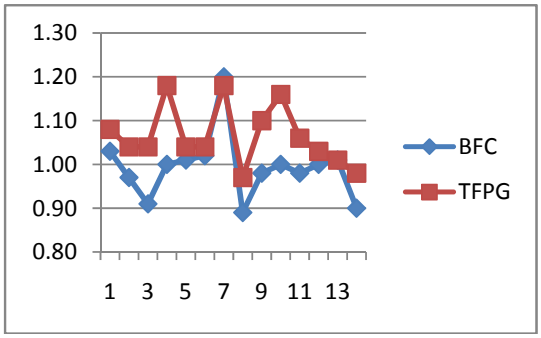
جدول (۲) نشان دهنده میزان تأثیر گذاری هر یک از مؤلفه ها ی شاخص بهره وری مالمکوئیست در میزان رشد آن می باشد. با توجه به اینکه این تأثیر مثبت یا منفی بوده است به ترتیب باید در جهت اصلاح برنامه ها و رفع نقایص مربوطه یا تقویت آن ها بود. برای این منظور باید مفهوم هر یک از این مؤلفه ها شرح داده شود که در ادامه به آن می پردازیم.

تغییرات عامل توازن: استراتژی ها و سیاست هایی برای این شرکتها به عنوان عوامل بیرونی وجود دارد که می تواند از سازمان بالاتر و یا عوامل غیر قابل کنترل محیطی باشد. در هر صورت این شرکت ها می بایست با تغییر در روند عملکردشان متوازن با این سیاست ها عمل نمایند و عامل توازن برای اندازه گیری آن می باشد. در اینجا رشد مثبت به معنی همراستا بودن با تغییرات سیاستگذاری ها در دوران تحریم می باشد که در نتیجه منجر به رشد مثبت در بهره وری خواهد شد. همانطور که در شکل (۲) ملاحظه می گردد شرکت ۷ بیشترین رشد عامل توازن را (۲۰٪+) دارد و به میزان قابل ملاحظه ای باعث افزایش رشد بهره وری شده است و از سوی دیگر شرکت ۸ بیشترین رشد منفی (۱۱٪-) را از نظر تغییرات این عامل داشته که موجب کاهش در رشد بهره وری و در نتیجه نابهره ور نمودن این شرکت شده است. بنابراین می توان دریافت متوازن حرکت نمودن شرکت ها با استراتژیهای حاکم می تواند یک شرکت را بهره ور یا نابهره ور معرفی نماید.

تغییرات کارایی تکنیکی خالص: این عامل استفاده بهینه از ورودیها جهت تولید شاخص های خروجی را اندازه گیری می کند و همانگونه که ملاحظه می شود می توان گفت در مورد تمامی شرکت ها تأثیر پذیری رشد بهره وری از این عامل نا چیز بوده است.

تغییرات کارایی قیاسی: این مؤلفه یکی از مهمترین مؤلفه ها می باشد که بازگو کننده تأثیر تغییرات اندازه و سایز شرکت در این رشد می باشد. اگر رشد مثبت این مؤلفه موجب رشد مثبت در بهره وری شده است می توان گفت تغییر سایز شرکت در دوره زمانی مورد بررسی تصمیم درستی بوده است و در غیر این صورت، عکس آن صحیح می باشد. به عنوان نمونه در شکل (۲) شرکت های ۱۱ و ۱۴ بیشترین تأثیر پذیری را از این مؤلفه داشته اند و در هر دو مورد باعث رشد در میزان بهره وری آنها شده است.

تغییرات تکنولوژی: این مؤلفه نیز نشان دهنده میزان استفاده شرکت از پیشرفت تکنولوژی در دوره مورد بررسی می باشد و در مورد شرکت ۱۰ مشاهده می گردد که این شرکت تمامی رشد خود را در بهره وری مدیون رشد در این مؤلفه است.



شکل(۲) : تأثیر مؤلفه تغییرات عامل توازن در رشد بهره وری (شاخص مالمکوئیست)

۳-۱- توصیه های سیاستی به شرکت ها به منظور ارتقای شاخص بهره وری کل عوامل

با توجه به نتایج و مباحث فوق الذکر توصیه های زیر جهت سیاستگذاری به شرکت ها ارائه می گردد:

برای شرکت ۱ رشد مثبت در عامل توازن نشان دهنده همسو بودن این شرکت با استراتژی ها می باشد که تاثیر این رشد در شاخص بهره وری به وضوح دیده می شود. البته این شرکت می تواند با ارتقای هر یک از سه عامل دیگر شاخص بهره وری را به مقدار قابل ملاحظه ای افزایش دهد.

در مورد شرکت های ۲ و ۳ و ۹، عامل BFC رشد منفی داشته و رشد مثبت در عامل ETC و استفاده از تکنولوژی جدید منجر به رشد مثبت در شاخص بهره وری گردیده است. بنابر این با همسو شدن با استراتژی ها می توانند این رشد را افزایش دهند.

در مورد شرکت ۴ رشد مثبت شاخص بهره وری ناشی از رشد مثبت در عوامل ETC , SEC است و این شرکت می تواند با بهبود دو عامل دیگر یعنی همسو شدن با استراتژی ها و نزدیک شدن به اندازه بهینه، رشد قابل ملاحظه ای داشته باشد.

همسو بودن شرکت های ۵ و ۶ با استراتژی ها در بهره ور شدن آن ها نقش موثری داشته است اما می توانند با تمرکز بر عوامل PEC SEC، وضعیت خود را به جایگاه بالاتری ارتقا دهند.

شرکت ۷ بیشترین همسویی را با استراتژی ها و شرایط موجود داشته که منجر به رشد بالایی در شاخص بهره وری این شرکت شده است.

شرکت ۸ دقیقا در نقطه مقابل شرکت ۷ قرار دارد و رشد منفی بالای عامل BFC، علیرغم وضعیت مطلوب عوامل دیگر منجر به نابهره ور شدن این شرکت شده است و باید عملکرد آتی خود را منطبق با وضعیت موجود تغییر دهد.

شرکت ۱۰ رشد بالای شاخص بهره وری را مدیون رشد در عامل ETC می باشد. بنابر این با تمرکز بر هر یک از عوامل دیگر و بهبود آنها می تواند جایگاه خود را به میزان قابل ملاحظه ای ارتقا دهد.

رشد منفی عامل BFC نشان دهنده ضعف شرکت ۱۱ در حرکت این شرکت در راستای استراتژی ها می باشد اما رشد مثبت در دو عامل SEC و ETC منجر به رشد مثبت در شاخص بهره وری شده است. توجه شرکت به استراتژی ها و همچنین نزدیک شدن به سایز بهینه می تواند کمک موثری در ارتقا و بهبود وضعیت شرکت از لحاظ شاخص بهره وری بنماید.

شرکت ۱۲ رشد مثبت در شاخص بهره وری را مدیون رشد در عامل ETC است و بهبود در هر یک از ۳ عامل دیگر می تواند رشد این شرکت را افزایش دهد.

عملکرد شرکت ۱۳ همراستا با استراتژی ها بوده است که اثر آن در شاخص بهره وری مشخص است. لازم به ذکر است که رشد منفی در عامل PEC توسط رشد مثبت در دو عامل SEC وETC جبران شده است و این شرکت می تواند با نزدیک شدن به سایز بهینه و ارتقای این عامل وضعیت خود را از لحاظ بهره وری بهبود بخشد.

نتایج مربوط به شرکت ۱۴ نشان دهنده اهمیت توجه به استراتژی ها است که علیرغم وضعیت مطلوب در ۳ عامل دیگر این شرکت به عنوان یک شرکت نابهره ور اعلام شده است و باید عملکرد خود را در جهت همراستا شدن با استراتژی ها بازنگری نماید.

۴- نتیجه

در این مقاله ضمن بررسی ۱۴ شرکت برق منطقه ای از لحاظ قرار داشتن در شرایط دوران تحریم و در نظر گرفتن سیاست های مربوطه، به ساخت مدل و اندازه گیری بهره وری کل عوامل پرداخته و با بکار بردن شاخص مالمکوئیست توسعه یافته و تجزیه چهار مؤلفه ای توانستیم ابزار هایی ارائه نماییم که قادر می باشند شرکت ها را از لحاظ کارایی، بهره مندی از تکنولوژی های نوین، مقیاس و همچنین متوازن بودن با استراتژی های این دوره، اندازه گیری نموده و موجب تصمیم سازیها و سیاستگذاری ها و ارائه راهکار های بهبود دقیق تر گردند. این ابزارها نه تنها برای این شرکت ها قابل تولید و بکارگیری توسط مدیران هستند بلکه می توان همین روند را در بخش های مختلف صنعت برق، بخش های تولید، توزیع، انتقال و حتی مدیریت مصرف نیز به صورت جداگانه بکار گرفت که نیازمند شاخص سازی و مدل سازی های دقیق و علمی می باشد.

ضمایم

جدول (۱): داده های ۱۴ شرکت برق منطقه ای با دو ورودی و سه خروجی در دو دوره

شرکتهای برق منطقه ای	قدرت عملی نیروگاه ها (I1)		نیروی انسانی (I2)		تولید ویژه (O1)		طول خطوط انتقال و فوق توزیع (O2)		پست های انتقال و فوق توزیع (O3)	
	88	89	88	89	88	89	۸۸	۸۹	۸۸	۸۹
DMU1	2870	3392	703	613	13649	13904	7746	7716	9399	10344
DMU2	2608	2609	750	699	16605	16346	8541	8559	14971	15501
DMU3	2322	2323	626	624	13190	12885	9323	9770	12446	13938
DMU4	7959	8096	1561	1471	36615	41374	8943	8785	33919	36761
DMU5	3646	3627	672	640	16494	16319	10341	10747	10133	11283
DMU6	8942	10019	1288	1386	17779	20847	8108	7986	22637	20862
DMU7	942	930	992	898	3404	4087	6433	7279	3808	4238
DMU8	1160	1539	378	374	6949	6753	7196	7679	7722	8082
DMU9	3226	3191	757	708	18825	18364	13495	14183	18323	20385
DMU10	1608	1597	342	314	7694	9287	7501	7858	8017	8432
DMU11	1692	1684	393	373	9210	9391	2378	2546	4714	5364
DMU12	2158	2153	462	426	12884	12349	5576	5706	10776	11144
DMU13	2227	2221	421	407	11209	10838	4899	5175	9111	9921
DMU14	760	896	300	285	3018	3464	3175	3175	3901	3991

مراجع

[1] Charnes, A., Cooper, W.W., Rhodes, E., *"Measuring the efficiency of the decision making units"*, European Journal of Operational Research, Vol. 2, pp. 429–444, 1978.

[2] Banker, R.D., Charnes, A., Cooper, W.W., *"Some models for estimating technical and scale inefficiency in data envelopment analysis"*, Management Science, Vol. 31, pp.1078-1092, 1984.

[3] Eilat, H., Golany, B., Shtub, A., *"Constructing and evaluating balanced portfolios of R&D projects with interactions: A DEA based methodology"*, European Journal of Operational Research, Vol. 172, pp. 1018-1039, 2006.

[4] Kaplan and Norton., *The balanced scorecard: Translating strategy in to action*, Harvard Business School Press, Cambridge, 1996.

[5] Malmquist, S., *"Index numbers and indifferent surfaces"*, Trabajos de Estadistica, Vol. 4, No. 1, pp. 209–242, 1953.

[6] Caves, D.C., Christensen, L.R., Dievert, W.E., *"The economic theory of index number and the measurement of input, output and productivity"*, Econometrica, Vol. 50, pp. 1393–1414, 1982.

[7] Fare, R., Grosskopf, S., Lindgren, B., and Roos, P., *"Productivity Changes in Swedish Pharamacies 1980-1989: A non Parametric Malmquist Approach"*. Journal of Productivity Analysis, Vol. 3, pp. 85-101, 1992.

[8] Fare, R., Grosskopf, S., Norris, M., Zhang, A., *"Productivity growth, technical progress, and efficiency changes in industrial country"*, American Economic Review, Vol. 84, pp. 66–83, 1994.

[9] Alirezaee, M.R., Afsharian, M., *"Improving the discrimination of data envelopment analysis models in multiple time periods"*, International Transportations in Operational Research, Vol. 17, pp. 667–679, 2010.

[10] Alirezaee, M.R., Rajabi, M., *"The Extended Malmquist Index: measuring the effect of the imposed strategies"*, Expert Systems with Applications, 2012; in press.

[11] Banker, R., *"Estimating most productive scale size using data envelopment analysis"*, European Journal of Operational Research, Vol. 17, No. 1, pp. 35-44, 1984.

[12] Amado, Carla A.F., Santos, Sergio P., Sequeira, Joao F.C., *"Using Data Envelopment Analysis to support the design of process improvement interventions in electricity distribution"*, European Journal of Operational Research, Vol. 228, No. 1, pp.226–235, 2013.

[13] Sadjadi, S.J., Omrani, H., *"Data envelopment analysis with uncertain data: An application for Iranian electricity distribution companies"*, Energy Policy, Vol. 36, No. 11, pp. 4247–4254, 2008.

[14] Chen, T., *"An assessment of technical efficiency and cross-efficiency in, Taiwan's electricity distribution sector"*, European Journal of Operational Research, Vol. 137, No. 2, pp. 421-433, 2002.

[15] Miliotis, P A., *"Data envelopment analysis applied to electricity distribution districts"*, Journal of the Operational Research Society, Vol. 43, pp. 549-555, 1992.

[16] Pacudan, R., de Guzman, E., *"Impact of energy efficiency policy to productive efficiency of electricity distribution industry in the Philippines"*, Energy Economics, Vol. 24, No. 1, pp. 41-54, 2002.

[17] Pahwa, A., Xiaoming, F., Lubkemann, D., *"Performance Evaluation of Electric Distribution Utilities Based on Data Envelopment Analysis"*, IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 18, No. 1, pp. 400-405, 2003.

[18] Sanhueza, R., Rudnick, H., *"Discussion of Performance evaluation of electric distribution, utilities based on data envelopment analysis"*, IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 18, No. 3, pp. 1220 – 1221, 2003.

[19] Vinod Kumar Yadav, Chauhan, Yogesh K., Padhy, N.P., Gupta, H.O., *"A novel power sector restructuring model based on Data Envelopment Analysis (DEA)"*, Electrical Power and Energy Systems, Vol. 44, No. 1, pp. 629–637, 2013.

[20] Golany, B., Roll, Y., *"Measuring efficiency of power plants in Israel by data envelopment analysis"*, IEEE Transactions on Engineering Management, Vol. 41, No. 3, pp. 291-301, 1994.

[21] Nemoto, J., Goto, M., *"Measurement of dynamic efficiency in production: An application of data envelopment analysis to Japanese electric utilities"*, Journal of Productivity Analysis, Vol. 19, No. 2-3, pp. 191 – 210, 2003.

[22] Sueyoshi, T., Goto, M., *"Slack-adjusted DEA for time series analysis: Performance, measurement of Japanese electric power generation industry in, 1984-1993"*, European Journal of Operational Research, Vol. 133, No. 2, pp. 232 – 259, 2001.

[23] Vaninsky, A., *"Efficiency of Electric Power Generation in the United States: Analysis and Forecast Based on Data Envelopment Analysis"*, Energy Economics, Vol. 28, No. 3, pp. 326 – 338, 2006.

[24] Li, Y., Wang, D., *"Technology efficiency study on nuclear power and coal power in Guangdong province based on DEA"*, Proceedings of the International Conference on Nuclear Engineering, Proceedings, (ICONE) 2006; (2006).

[25] Zhou, P., Ang, B.W., Wang, H., *"Energy and CO2 emission performance in electricity generation: A non-radial directional distance function approach"*, European Journal of Operational Research, Vol. 221, No. 3, pp. 625–635, 2012.

[26] Honma, S., Hu, J-L., *"Total-factor energy efficiency of regions in Japan"*. Energy Policy, Vol. 36, pp. 821-833, 2008.

[27] Meibodi, A.E., *"Efficiency considerations in the Electricity Supply Industry: the case of Iran"*, Department of Economics, University of Surrey , July 1998.

[28] Fallahi, A., Ebrahimi, R., Ghaderi, S.F., *"Measuring efficiency and productivity change in power electric generation management companies by using data envelopment analysis: A case study"*, Energy, Vol. 36, pp. 6398-6405, 2011.

[29] Hosseini, M.H., Hasanpour, J., *"Evaluating the efficiency changes of the Thermal Power Plants in Iran and Examining its Relation with Reform using DEA Model & Malmquist Index"*, 3rd International Conference on Information and Financial Engineering. IPEDR vol.12 (2011) © (2011) IACSIT Press, Singapore.

[30] Thompson, R.G., Singleton, F.D., Thrall, R.M., Smith, B.A. Comparative Site Evaluations for Locating a High-Energy Physics Lab in Texas Russell. Interfaces 1986; 16(6): 35-49.

[31] Edirisinghe, N.C.P., Zhang, X., *"Input/output selection in DEA under expert information, with application to financial markets"*, European Journal of Operational Research, Vol. 207, pp. 1669-1678, 2010.

زیرنویس‌ها

[1] Data Envelopment Analysis (DEA)
[2] Charnes, Cooper, Rhodes (CCR)
[3] Banker
[4] Balanced Factor
[5] Balanced Scorecard
[6] Malmquist
[7] Caves
[8] Efficiency Change
[9] Technology Change
[10] Pure Efficiency Change
[11] Scale Efficiency Change
[12] Total Factor Productivity (TFP)
[13] Assurance Region
[14] Extended Efficiency Change
[15] Extended Technology Change