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

تأثیر تشکیل بازار برق ایران بر کارایی نیروگاه‌های برق

اسمعیل ابونوری[۱]، استاد تمام و حسن لاجوردی[۲]، دانشجوی دکتری
۱- دانشکده علوم اقتصادی –دانشگاه سمنان- سمنان- ایران
Esmaiel.abounoori@gamail.com
۲- دانشکده علوم اقتصادی –دانشگاه سمنان- سمنان- ایران
H_lajevardi@yahoo.com

چکیده

این مقاله با هدف بررسی تأثیر تشکیل بازار برق ایران بر کارائی نیروگاه‌های برق کشور نگارش شده است. بدین منظور کارائی نیروگاه‌های منتخب کشور در سال ۱۳۸۱و ۱۳۸۸ محاسبه و با یکدیگر مقایسه شده است. ابزار مورد استفاده روش تحلیل پوششی داده‌ها و با استفاده از شاخص کارایی مالم کوییست بوده است. نتایج نشان می‌دهد که میانگین وزنی تغییرات شاخص کارائی در دو سناریوی وزنی و بدون وزن درسال ۱۳۸۸برای نیروگاه‌های سیکل ترکیبی و گازی کاهش و این شاخص برای نیروگاه‌های بخاری افزایش یافته است. نتایج نشان می‌دهد که تشکیل بازار برق بر کارایی نیروگاه‌های بخاری تاثیر مثبت و بر کارایی نیروگاه‌های سیکل ترکیبی و گازی تاثیر منفی داشته است.

واژه‌های کلیدی: کارائی، بازار برق، روش تحلیل پوششی داده‌ها و شاخص کارایی مالم کوییست

تاریخ ارسال:۱۳۹۱/۱۱/۱۱
تاریخ پذیرش:۱۳۹۲/۰۳/۰۱
نام نویسنده‌ی مسئول: حسن لاجوردی
نشانی نویسنده‌ی مسئول: سمنان، دانشگاه سمنان، دانشکده علوم انسانی، بخش اقتصاد

Archive of SID
www.SID.ir

۱- مقدمه

صنعت برق یکی از صنایع استراتژیک و بسیار پویاست که نقش اساسی و محوری در تحقق برنامه‌های توسعه ملی هر کشور ایفاء می‌کند، از این‌رو حکومت‌ها بطور سنتی به صنعت برق به‌عنوان یک صنعت پیشرو نگریسته‌اند، از سوی دیگر به دلیل اثرات اجتماعی، محیطی و نیاز به حجم بالای سرمایه گذاری در این صنعت دولت‌ها سعی نموده‌اند تا آن را به‌صورت متمرکز کنترل نمایند. در سیستم متمرکز عواملی مانند فقدان رقابت در زمینه تولید و عرضه برق، عدم اعمال محدودیت‌های مالی، بالا بودن هزینه‌ها، سیاسی کردن تصمیم‌گیری‌های سرمایه‌گذاری و نبود انگیزه باعث کاهش کارایی و تنزل ارائه خدمات به مصرف‌کنندگان می‌شود، لذا در جهت رفع موانع سیستم متمرکز و افزایش آهنگ رشد و شکوفایی صنعت برق و همچنین افزایش کارایی تلاش‌هایی در جهت تغییر ساختار انحصارهای دولتی در صنعت برق انجام گرفته است[۱]. بنابراین از حدود دو دهه قبل برخی از کشورها با دو رویکرد خصوصی‌سازی و رقابت‌پذیری در صنعت برق، تجدید ساختار را آغاز نموده‌اند. نگاهی تاریخی به تحولات صنعت برق کشور نشان می‌دهد که پایه‌گذاری این صنعت به صورت خصوصی انجام گرفت و در ادامه با مشارکت شهرداری‌ها و سرمایه گذاران خارجی، یک فضای رقابتی در عرضه و تولید برق به وجود آمد. اما به تدریج انگیزه‌های بخش خصوصی کاهش یافت و با حاکمیت یک دولت مرکزی در کشور که از درآمدهای سرشار نفتی بهره‌مند بود، ضرورت پاسخگوئی به تقاضای فزاینده برق توسط دولت احساس شد و در نهایت صنعت برق کشور ملی گردید. اما در دهه‌های اخیر عوامل دیگری در عرصه اجتماعی، اقتصادی کشور باعث شده تا مسئولین به سمت خصوصی‌سازی، تجدید ساختار و رقابت‌پذیری حرکت نمایند.برخی از این عوامل عبارتند از:

۱)-کاهش درآمدهای دولت برای پاسخگوئی به تقاضاهای جدید

۲)-رشد تکنولوژی و استفاده از مولدهای پراکنده این امکان را فراهم آورده که بتوان با سرمایه های اندک بخش خصوصی، به تقاضا های محلی برق پاسخ داد و در زمینه تولید برق فضای رقابتی ایجاد نمود.

۳)- وجود تئوری‌های جدید اقتصادی در زمینه عدم کارائی بخش دولتی و کارا بودن بخش خصوصی[۲].

با توجه به موارد فوق الذکر کشور ایران با بکارگیری تجارب سایر کشورها و در جهت تجدید ساختار در صنعت برق، اقدام به تشکیل بازار برق نمود. بازار برق ایران با تهیه و ابلاغ آئین‌نامه تعیین روش، نرخ و شرایط خرید و فروش برق در شبکه برق کشور در ابتدای آبان ماه سال ۱۳۸۲ شروع به کار نمود. از جمله مهمترین دلایل و انگیزه‌های راه اندازی بازار برق در ایران عبارتند از:

- ایجاد فضای رقابتی در بخش‌های تولید و توزیع برق
- تأمین منابع از طریق سرمایه‌گذاری بخش غیردولتی
- افزایش کارایی [۳].

مقاله حاضر با هدف بررسی یکی از اهداف مهم تشکیل بازار برق یعنی افزایش کارائی در صنعت برق تهیه شده است. از آنجا که تشکیل بازار برق منجر به رقابت در بخش تولید شده است، این مقاله در پی آنست تا ضمن تشریح بازار برق ایران به این سوال اساسی پاسخ دهد که آیا تشکیل بازار برق ایران منجر به افزایش کارایی نیروگاه‌ها شده است یا خیر؟ بدین منظور کارائی نیروگاه‌های منتخب کشور در سال ۱۳۸۱و ۱۳۸۸ محاسبه و با یکدیگر مقایسه شده است. ابزار مورد استفاده روش تحلیل پوششی داده‌ها و با استفاده از شاخص کارایی مالم کوئیست بوده است. مقاله در بخش دوم به تشریح بازار برق ایران می‌پردازد، در بخش سوم پیشینه تحقیق بررسی می‌گردد، در زمینه محاسبه کارائی نیروگا ه‌ها مطالعات متعددی انجام شده است، اما این مقاله از این نظر که تاثیر یک سیاست را بر کارایی مورد بررسی قرار می‌دهد، دارای نوآوری است. در بخش چهارم روش تحلیل پوششی داده‌ها تشریح می‌شود و در بخش پنجم نتایج مدل و در بخش ششم نتیجه‌گیری و در نهایت منابع و ماخذ بیان می‌شود.

۲- مدل بازار برق ایران

در راستای تداوم تجدید ساختار در صنعت برق ایران، شکل‌گیری بازار برق، به عنوان پیشنیاز توسعه رقابت و حضور موثر بخش خصوصی، در بند ۱۰ مصوبات مجمع عمومی توانیر در تاریخ ۱۳۸۱/۰۲/۱۱مورداولویت قرار گرفت. بارزترین مشخصه‌های بازار برق ایران عبارتند از:

۱) مدل فعلی بازار برق ایران، مدل آژانس خرید است که در آن لازم است کلیه خریداران و فروشندگان برق در بازار حاضر باشند، لذا حضور در بازار برای کلیه بازیگران آن اجباری[۱] است.

۲) بازار برق ایران، از نوع بازار روز فروش[۲] (بازار روز قبل) است. این بدان معنی است که تعیین نقطه تسویه بازار و لیست برندگان و بازندگان فروش برق، از یک روز قبل مشخص شده و به اطلاع کلیه بازیگران (کلیه خریداران و فروشندگان) رسانده می‌شود. در ساختار بازار برق ایران هنوز حالت بازار ساعت قبل و بازار زمان واقعی[۳] راه‌اندازی نشده است.

۳) مدل حراج در بازار برق ایران، فعلاً یک‌طرفه است. در این مدل، منحنی نیاز مصرف اعلام شده توسط خریداران، به شکل یک خط عمودی (یک پله) است. یعنی خریداران فقط میزان نیاز مصرف خود را به بازار اعلام نموده و هیچ مزایده‌ای برای خرید آن‌ها برگزار نمی‌شود.

۴) پرداخت به فروشندگان بر اساس روش پرداخت بر مبنای پیشنهاد (قیمت اعلام شده در مناقصه) است.

۵) بازار برق ایران، بازار عمده فروشی[۴] است و در آن هیچ رقابتی در سطح خرده‌فروشی[۵] وجود ندارد.

۶) نرخ خرید از بازار برق ایران به شکل یکنواخت و بر اساس قیمت تسویه بازار است. در این حالت بر اساس مبالغ پرداختی به تولیدکنندگان و انتقال‌دهندگان انرژی، نرخ متوسط بازار محاسبه شده

Archive of SID

www.SID.ir

و از آن به عنوان نرخ صورت حساب‌های دریافتی از کلیه مصرف‌کنندگان (خریداران) استفاده می‌شود.

در حال حاضر چون تجهیزات اندازه‌گیری میزان جابجایی انرژی در کلیه خطوط شبکه سراسری برق کشور، نصب نشده است، لذا پرداختی بابت خدمات انتقال بر مبنای آمادگی به فروشندگان صورت می‌پذیرد. این مبلغ هیچ ربطی به میزان انرژی جابجا شده نداشته و صرفاً بابت میزان آمادگی پرداخت می‌گردد*[۳]*.

در آئین‌نامه تعیین روش، نرخ و شرایط خرید و فروش برق در شبکه برق کشور هدف از راه اندازی بازار برق، ایجاد رقابت و تسهیل مشارکت بخش خصوصی در تولید برق عنوان گردیده است. هر چند که به طور مستقیم در این آئین نامه هدف از راه اندازی بازار برق، افزایش کارائی عنوان نشده است اما می‌توان افزایش کارائی را نتیجه رقابت دانست. آئین‌نامه خرید و فروش به گونه‌ای تنظیم شده که رقابت را تنها در بخش تولید در نظر گرفته و در بخش فروش برق به خریداران، بنا به ملاحظاتی این رقابت مسکوت باقی‌مانده است. بنابراین می‌توان ادعا نمود که رقابت در بخش تولید(نیروگاه‌ها) می‌تواند منجر به افزایش کارایی شود، زیرا مطابق آئین‌نامه، مبنای تصمیم‌گیری در انتخاب نیروگاه، بهره‌برداری اقتصادی از واحدهای موجود و تامین برق با حداقل هزینه است *[۴]*.

۳-پیشینه تحقیق

عمده تحقیقات انجام گرفته در این زمینه مربوط به محاسبه کارایی نیروگاه‌های مختلف بوده و در حوزه بررسی تاثیر سیاست‌ها بیشتر مطالعات به بررسی تاثیر مالکیت و خصوصی سازی بر کارایی نیروگاه‌ها و شرکت‌های توزیع پرداخته است که در ادامه به برخی از مطالعات اشاره می‌شود.

مهرابی (۱۳۷۹) کارایی نیروگاه‌ها و شرکت‌های توزیع برق را با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها (DEA)[۶] در سال‌های ۱۳۷۴تا ۱۳۷۷ مورد بررسی قرار داده و نشان داده است که با لحاظ کردن نیروی کار به عنوان متغیر ورودی متوسط کارایی فنی، کارایی فنی خالص و کارایی مقیاس به ترتیب ۸۵,۹ و۹۲,۲و۹۳,۱ درصد بوده است. بدون لحاظ کردن نیروی کار متوسط کارایی معادل ۶۸ درصد حاصل شده است*[۵]*. امامی‌میبدی و همکاران(۱۳۸۸) کارایی نیروگاه‌های حرارتی را طی سال‌های ۱۳۸۱تا ۱۳۸۶ با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها و شاخص مالم کویست[۷] محاسبه نمودند و رشد بهره‌وری تمام نیروگاه‌های مورد بررسی به طور متوسط معادل ۱,۵ درصد بوده است و تاثیر گذارترین عامل در تغییرات بهره‌وری تغییرات تکنولوژیکی معرفی شده است*[۶]*.

هاژمارسون و ویدرپاس[۸](۱۹۹۲) به ارزیابی تفاوت هزینه‌ها در شرکت‌های دولتی و خصوصی برق در کشور سوئد پرداخته‌اند و آنها نتوانستند شواهدی مبنی بر اینکه شرکت‌های خصوصی به مقدار متنابهی هزینه کمتری از شرکت‌های دولتی دارند (کاراتر هستند) را ارایه دهند *[۱]*. پولایت[۹] (۱۹۹۴) با یک بررسی در سیستم های توزیع و انتقال برق بریتانیا و آمریکا نشان داد که فرضیه کاراتر بودن شرکت‌های دولتی قابل قبول نیست*[۱]*. بگداغلو[۱۰](۱۹۹۶) برای بررسی تاثیر مالکیت بر نیروگاه‌های آبی ترکیه از روش تحلیل پوششی داده‌ها استفاده نمود نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که تفاوت معنی داری بین کارایی نیروگاه‌های بخش خصوصی و دولتی وجود ندارد*[۱]*. پارک و لزورد[۱۱](۲۰۰۰) بازدهی سوخت ۶۴ نیروگاه را در کره جنوبی بررسی نمودند و نتایج نشان می‌دهد که تفاوتی بین کیفیت انواع سوخت وجود ندارد و کارایی نیروگاه‌های قدیمی به طور قابل ملاحظه‌ای کمتر از نیروگاه‌های جدید است همچنین کارایی نیروگاه‌ها بر حسب مناطق جغرافیایی تفاوت معنی‌داری را نشان نمی‌دهد*[۷]*. لم و شیو[۱۲] (۲۰۰۱) کارایی فنی نیروگاه‌های تولید برق حرارتی در چین را بر اساس داده‌های مقطعی در سال‌های ۱۹۹۵و۱۹۹۶ اندازه‌گیری کردند با توجه به نتایج، شهرداری‌های استان‌های واقع شده در امتداد ساحل شرق چین و نیروگاه‌هایی که به منابع ذغال سنگ دسترسی دارند دارای بالاترین میزان کارایی فنی می‌باشند. آنها همچنین نشان دادند که سوخت و عامل ظرفیت بر کارایی فنی تاثیر دارند*[۸]*. نموتو و وگوتو[۱۳] (۲۰۰۳)کارایی تولید خدمات برق ژاپن طی سال‌های ۱۹۸۱تا ۱۹۹۵ را ارزیابی کردند. نتایج نشان داد که خدمات در مصرف متغیر ورودی‌ها کارا بوده و ناکارایی مربوط به ناتوانی در تعدیل ورودی‌های شبه ثابت به سطوح بهینه آنها می‌باشد*[۹]*. تاکور[۱۴] (۲۰۰۶) کارایی تطبیقی خدمات برق تحت مالکیت ایالت هند را ارزیابی کرد و تاثیر مقیاس بر میزان کارایی نیز ارزیابی گردید. نتایج آنها نشان داد عملکرد نیروگاه‌های با مالکیت ایالت کمتر از بهینه بوده و نشان‌دهنده این است که توان بالقوه برای کاهش قابل توجه بهای تمام شده وجود دارد. همچنین تاسیسات بزرگتر ناکارایی بیشتری را ناشی از مقیاس منعکس می سازند*[۱۰]*. ونینسکی[۱۵] (۲۰۰۶) کارایی تولید برق در آمریکا را طی سال‌های ۱۹۹۱تا ۲۰۰۰ با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها برآورد کرد. نتایج او نشان دهنده یک ثبات نسبی در کارایی از ۱۹۹۴ تا ۲۰۰۰ در سطوح ۹۹تا ۱۰۰ درصد با یک کاهش قابل توجه به ۹۴تا ۹۵ درصد در سال‌های بعدی بوده است*[۱۱]*. باروس و پیپوچ[۱۶](۲۰۰۷) کارایی فنی نیروگاه‌های برق آبی را در پرتغال بین سال‌های ۱۹۹۴تا ۲۰۰۴ تحلیل کردند. آنها نتیجه گرفتند که این نیروگاه‌ها خیلی متفاوت هستند بنابراین هر گونه سیاست‌گذاری انرژی می‌بایست این ناهمگنی را لحاظ کند. همچنین نتیجه گرفته شد که رقابت به جای مقررات نقش مهمی در افزایش کارایی نیروگاه‌های برق آبی دارد*[۱۲]*. ساریکا و اور[۱۶] (۲۰۰۷) عملکرد نیروگاهای تولید برق در ترکیه را تحلیل و مقایسه کردند و نشان دادند که سوخت ذغال سنگ دارای ارزش کارایی کمتری از نیروگاه‌های با سوخت گاز طبیعی دارند. همچنین کارایی عملکرد عملیاتی نیروگاه‌های حرارتی عمومی به طور قابل توجهی پایین‌تر از مشابه خصوصی بوده است*[۱۳]*. ونگ[۱۷] (۲۰۰۷) کارایی صنعت برق هنک کنگ و اثرات آن بر قیمت‌ها را از طریق مدل نظارتی عملکرد محور سقف قیمت[۱۸] تحلیل کرد. یک روش تحلیل پوششی داده‌ها جهت محاسبه بهره‌وری عوامل کل با شاخص بهره‌وری مالم کوییست بکار گرفته شد. نتایج حاصله از این رویکرد رابطه بین عامل x و مدل ماالم کوییست را تایید نمود*[۱۴]*. باروس و

Archive of SID

www.SID.ir

پیپوچ (۲۰۰۸) کارایی فنی نیروگاه‌های تولید برق حرارتی پرتغال را با روش دو مرحله‌ای تحلیل کردند. در مرحله اول کارایی فنی نسبی نیروگاه با تحلیل پوششی داده‌ها تخمین زده شد. در مرحله دوم کارایی توسط تحلیل رگرسیون برآورد شد. نتایج نشان داد که اکثریت نیروگاه‌های حرارتی در مرز کارا عمل نمی‌کنند[۱۵]. باروس(۲۰۰۸) کارایی نیروگاه‌های آبی را با روش دو مرحله ای مطالعه کرد. در مرحله اول یک مدل تحلیل پوششی داده‌ها بر پایه مالم کوییست جهت تعیین رتبه‌های کارایی هر واحد مورد استفاده قرار گرفت. در مرحله دوم رتبه‌های کارایی در متغیرهای بافتی[۱۹] جهت تعیین محرکهای کارایی رگرس شد. نتایج آنها نشان داد که نیروگاه‌های برق آبی از نظر کارایی فنی و همچنین تکنولوژیکی روی میانگین می‌باشند. افزایش در تغییر تکنولوژیکی بالاتر از افزایش در کارایی فنی بود[۱۶]. ناکانو و ماناجی[۲۰](۲۰۰۸) بهره‌وری در بخش تولید نیروگاه‌های بخار در ژاپن را اندازه‌گیری نمودند و تاثیر اصلاحات بر بهره‌وری این صنعت را طی دوره‌های ۱۹۷۸تا ۲۰۰۳ ارزیابی کردند. نتایج نشان داد که اصلاحات تنظیمی به رشد بهره‌وری در بخش تولید مبتنی بر بخار در ژاپن موثر بوده است[۱۷]. لیو[۲۱] و همکاران (۲۰۰۹) کارایی تولید برق نیروگاه‌های بزرگ حرارتی تایوان را طی سال‌های ۲۰۰۴ تا ۲۰۰۶ با استفاده از رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها ارزیابی کردند. نتایج نشان داد که تمام نیروگاه‌های برق مورد مطالعه به کارایی عملیاتی قابل قبولی طی این دوره دست یافته اندو نیروگاه‌های سیکل ترکیبی در میان سایر نیروگاه‌ها دارای بیشترین کارایی بوده اند.مهمترین متغیر در این مدل ارزش حرارتی سوخت بوده است[۱۸]. فلاحی و همکاران(۲۰۱۱) با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها بازدهی انرژی در ۳۲ نیروگاه تولید برق ایران را طی سال‌های ۲۰۰۵تا ۲۰۰۹ بررسی و نشان می‌دهند که متوسط کارایی فنی نیروگاه‌ها در دوره مطالعه کاهش یافته است و تقریبا نیمی از نیروگاه‌ها زیر سطح متوسط ۸۸,۷ درصد فعالیت می‌نمایند[۱۹].

۴-روش تحلیل پوششی داده‌ها

یکی از روش‌های متداول برای محاسبه کارائی روش تحلیل پوششی داده‌ها می باشد. روش تحلیل پوششی داده‌ها کارائی یک واحد تصمیم گیرنده[۲۲] را نسبت به واحدهای دیگر با ورودی‌ها و خروجی‌های یکسان اندازه می‌گیرد، واحدهایی که مقایسه می شوند ممکن است بانک‌ها، بیمارستان‌ها، شهرداری‌ها، نیروگاه‌ها و ... باشند. اولین مدل تحلیل پوششی داده‌ها توسط چارنز[۲۳] و همکاران پیشنهاد شد و بعدها به نام مدل CCR برگرفته از نام‌های ابتدایی چارنز، کوپر و رودز[۲۴] شناخته شد. از آن زمان تاکنون تعدادی از مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها توسعه داده شده‌اند و تعداد زیادی از برنامه‌های کاربردی به طور قابل توجهی در تحلیل پوششی داده‌ها مورد استفاده قرار گرفته‌اند.

یکی از موضوعات مهم تحقیقاتی در تحلیل پوششی داده‌ها اندازه‌گیری بهره‌وری است یک رویکرد خیلی مفید در اندازه‌گیری بهره‌وری در تحلیل پوششی داده‌ها، شاخص بهره‌وری مالم کوییست[۲۵] است که بعد از پروفسور استون[۲۶] به مالم کوییست نامگذاری شد. ایده شاخص بهره‌وری مالم کوییست توسط کاوز[۲۷] و همکاران معرفی شده است. شاخص بهره‌وری مالم کوئیست محاسبه عملکرد نسبی یک مجموعه از واحد های تصمیم‌گیری در یک دوره زمانی بر اساس یک دوره پایه است. فار و همکاران با ترکیب اندازه‌گیری کارایی فارل[۲۸] و اندازه‌گیری کارایی کاوز و همکاران برای ساخت یک تحلیل پوششی داده‌ها بر مبنای بهره‌وری مالم کوئیست آن را به دو جز تجزیه کردند. بخش اول تغییرات کارایی و بخش دوم تغییرات فنی را اندازه‌گیری می‌کند[۲۰].

۴-۱-شاخص بهره‌وری مالم کوییست بر مبنای تحلیل پوششی داده‌ها

فرض کنید لازم باشد که تعداد n واحد تصمیم سازی با در نظر گرفتن m ورودی و s خروجی مورد ارزیابی قرار گیرند. چنانچه X_{ij}^t و Y_{rj}^t ورودی‌ها و خروجی‌های واحد تصمیم گیری‌ها در زمان t و X_{ij}^{t+1} و Y_{rj}^{t+1} در زمان $t+1$ باشند بطوریکه $i=1,...,m$، $r=1,...,S$ و $j=1,...,n$ می‌باشند. لازمه تعیین شاخص بهره‌وری مالم کوئیست بر مبنای تحلیل پوششی داده‌ها حل همزمان مدل CCR (۱) و (۲) و مدل برنامه‌ریزی خطی (۳) و (۴) است.

$$D_0^t(X_0^t,Y_0^t)=\min imize\,\theta \qquad (۱)$$

Subject to

$$\sum_{j=1}^{n}\lambda_j X_{ij}^t \le \theta X_{i0}^t, i=1,2,...,m,$$

$$\sum_{j=1}^{n}\lambda_j y_{rj}^t \ge y_{ro}^t. r=1,2,...,s,$$

$$\lambda_j \ge 0,\ j=1,2,...,n$$

$$D_0^t(X_0^{t+1},Y_0^{t+1})=\min imize\,\theta \qquad (۲)$$

Subject to

$$\sum_{j=1}^{n}\lambda_j X_{ij}^t \le \theta X_{i\theta}^{t+1},\ i=1,2,...,m,$$

$$\sum_{j=1}^{n}\lambda_j y_{rj}^t \ge y_{ro}^{t+1}, r=1,2,...,S,$$

$$\lambda_j \ge 0,\ j=1,2,...,n,$$

$$D_0^{t+1}(X_0^{t+1},Y_0^{t+1})=\min imize\ \theta \qquad (۳)$$

Subject to :

$$\sum_{j=1}^{n}\lambda_j X_{ij}^{t+1} \le \theta X_{io}^{t+1}, i=1,2,...,m,$$

$$\sum_{j=1}^{n}\lambda_j y_{rj}^{t+1} \ge y_{ro}^{t+1}, r=1,2,...,S,$$

Archive of SID

www.SID.ir

$$\lambda_j \geq 0\ ,\ j=1,2,...,n,$$

$$D_0^{t+1}(X_0^t,Y_0^t)=\min imize\theta \qquad (۴)$$

Subject to :

$$\sum_{j=1}^{n}\lambda_j X_{ij}^{t+1}\leq\theta X_{io}^{t},\ i=1,2,...,m,$$

$$\sum_{j=1}^{n}\lambda_j X_{rj}^{t+1}\leq y_{ro}^{t},\ r=1,2,...,S,$$

$$\lambda_j \geq 0\ ,\ j=1,2,...,n,$$

که $D_0^t(X_0^t,Y_0^t)$ و $D_0^{t+1}(X_0^{t+1},Y_0^{t+1})$ میزان کارائی واحد تصمیم‌سازی (DMU_0) که $(0\varepsilon\{1,2,...,n\})$ را در فواصل زمانی t و t+1 اندازه‌گیری می‌نماید، $D_0^t(X_0^{t+1},Y_0^{t+1})$ میزان کارائی در زمان $t+1$ با استفاده از تکنولوژی تولید در زمان t را بدست می‌دهد که شاخص رشد DMU_0 نامیده می‌شود. (توسط سویوشی) و $D_0^{t+1}(X_0^t,Y_0^t)$ کارائی DMU_0 را در زمان t با در نظر گرفتن تکنولوژی تولید دوره زمانی t + 1 اندازه‌گیری می‌کند.

براساس کارایی مذکور فار و دیگران شاخص بهره‌وری مالم کوئیست زیر را پیشنهاد نمودند:

$$MPI_0=\left[\frac{D_0^t(X_0^{t+1},Y_0^{t+1})}{D_0^t(X_0^t,Y_0^t)}\cdot\frac{D_0^{t+1}(X_0^{t+1},Y_0^{t+1})}{D_0^{t+1}(X_0^t,Y_0^t)}\right]^{\frac{1}{2}} \qquad (۵)$$

که تغییر بهره‌وری DMU_0 از زمان $t+1$ را اندازه‌گیری می‌نماید. بر طبق پیشنهاد فار و دیگران $MPI_0>1$ رشد بهره‌وری را نشان می‌دهد، $MPI_0=1$ نشان می‌دهد که بهره‌وری رشد نداشته است و $MPI_0<1$ نشان می‌دهد که شاخص بهره‌وری نزولی بوده است.

برای حذف فرض کاوز و دیگران که $D_0^t(X_0^t,Y_0^t)$ و $D_0^{t+1}(X_0^{t+1},Y_0^{t+1})$ باید مساوی یک باشند و برای کارائی فنی فار بایستی شاخص بهره‌وری به دو مولفه زیر تجزیه شود:

$$MPI_0=\left[\frac{D_0^t(X_0^{t+1},Y_0^{t+1})}{D_0^t(X_0^t,Y_0^t)}\cdot\frac{D_0^{t+1}(X_0^{t+1},Y_0^{t+1})}{D_0^{t+1}(X_0^t,Y_0^t)}\right]^{\frac{1}{2}} \qquad (۶)$$

$$=\frac{D_0^t(X_0^{t+1},Y_0^{t+1})}{D_0^t(X_0^t,Y_0^t)}\left[\frac{D_0^t(X_0^t,Y_0^t)}{D_0^{t+1}(X_0^t,Y_0^t)}\cdot\frac{D_0^t(X_0^{t+1},Y_0^{t+1})}{D_0^{t+1}(X_0^{t+1},Y_0^{t+1})}\right]^{\frac{1}{2}}$$

مولفه اول (۷)

$$OEC_0=\frac{D_0^{t+1}(X_0^{t+1},Y_0^{t+1})}{D_0^t(X_0^t,Y_0^t)}$$

مولفه اول تغییر کارایی واحد تصمیم‌گیری را اندازه‌گیری می‌کند. $OEC>1$ به معنای بهبود کارایی DMU_0 می‌باشد و $OEC<1$ نشان می‌دهد که کارایی واحد تصمیم‌گیری پائین آمده است.

مولفه دوم

$$OTC_0=\left[\frac{D_0^t(X_0^t,Y_0^t)}{D_0^{t+1}(X_0^t,Y_0^t)}\cdot\frac{D_0^t(X_0^{t+1},Y_0^{t+1})}{D_0^{t+1}(X_0^{t+1},Y_0^{t+1})}\right]^{\frac{1}{2}} \qquad (۸)$$

مولفه دوم تغییر فنی (OTC) واحد تصمیم‌سازی از زمان t تا t+1 را اندازه‌گیری می‌نماید[۲۰].

تحلیل فوق بر اساس فرض بازده‌ی ثابت نسبت به مقیاس می‌باشد.

۵-محاسبه کارایی نیروگاه‌ها

بر اساس آنچه که بیان شد جهت اجرای تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها باید مراحل زیر را طی نمود.

تعیین و شناسایی واحدهای تصمیم‌گیری.

تعیین و شناسایی عواملی که در واحدهای تصمیم‌گیری متغیر داده (نهاده) را تشکیل می‌دهند.

تعیین و شناسایی عواملی که در واحدهای تصمیم‌گیری متغیر ستانده را تشکیل می‌دهند.

تشکیل معادله ضرایب، نامعادلات و تابع هدف در برنامه‌ریزی خطی.

حل تابع هدف.

نتیجه‌گیری و تجزیه و تحلیل حاصل بررسی [۲۱].

۵-۱جامعه آماری و گروه نمونه مورد مطالعه

در این مقاله جامعه آماری شامل کلیه نیروگاه‌های گازی، سیکل (چرخه) ترکیبی و گازی تحت پوشش وزارت نیرو در دو مقطع سال‌های ۱۳۸۱ و ۱۳۸۸ می‌باشد. تعداد نیروگاه‌های شبکه سراسری گازی، بخاری و سیکل ترکیبی در سال ۱۳۸۸به ترتیب برابر ۳۰، ۱۹ و ۱۳ بوده است همچنین تعداد واحدهای نیروگاه گازی در سال ۱۳۸۱ و ۱۳۸۸ به ترتیب برابر ۱۴۰ و ۱۵۹، تعداد واحدهای نیروگاه بخاری در سال ۱۳۸۱ و ۱۳۸۸ به ترتیب برابر ۶۹ و ۷۵ و تعداد واحدهای نیروگاه سیکل ترکیبی در سال ۱۳۸۱ و ۱۳۸۸ به ترتیب برابر ۵۲ و ۱۰۱ بوده است[۲۲-۲۳]. این واحدهای نیروگاهی تحت پوشش۳۴ شرکت مدیریت تولید می‌باشند شرکت‌های مدیریت تولید به امر نگهداری و بهره‌برداری از نیروگاه‌ها می‌پردازند.

شرکت‌های مدیریت تولید در زیرمجموعه ۱۶ شرکت برق منطقه‌ای که وظیفه تأمین، تولید و انتقال برق را برعهده دارند، فعالیت می‌نمایند[۲۳] و شرکت‌های برق منطقه‌ای به نمایندگی از نیروگاه‌های واقع در حوزه خود به امر فروش برق مشغول می‌باشند.

در این تحقیق کارائی نیروگاه‌های منتخب در سه گروه گازی، سیکل ترکیبی و حرارتی در سال ۱۳۸۱ (قبل از تشکیل بازار برق) محاسبه و با کارائی همان نیروگاه‌ها در سال ۱۳۸۸ مقایسه گردید. انتخاب سال ۱۳۸۸ به این علت انجام گرفت که نیروگاه‌ها آموزش و تجربه لازم در مشارکت بازار برق را بدست آورده‌اند و همچنین در سال‌های بعد از آن

Archive of SID

www.SID.ir

به دلیل اجرای هدفمندی یارانه‌ها تفکیک تغییر کارایی برحسب دو متغیر مهم تشکیل بازار برق و هدفمندی یارانه‌ها دشوار بود. از سوی دیگر فرض بر این است که تغییرات تکنولوژی برای همه نیروگاه‌های منتخب در طی سال‌های ۸۸-۱۳۸۱ یکسان و یا نحوه استفاده و دسترسی به تکنولوژی برای همه آنها یکسان بوده است. تعداد نمونه‌های نیروگاه‌های گازی سیکل ترکیبی و بخاری به ترتیب ۱۸، ۱۲ و ۱۸ بوده است. همچنین محاسبه کارائی برحسب ۱۶ شرکت برق منطقه‌ای در دو مقطع ۱۳۸۱ و ۱۳۸۸ محاسبه و مقایسه گردید.

۵-۲-تعریف متغیرها

هر نیروگاه نهاده‌هایی را دراختیار و ستاده‌هایی را ایجاد می‌نماید. لذا در یک حالت کلی می‌توان مجموعه متغیرهای موثر بر عملکرد نیروگاه‌ها را در دو دسته ورودی و خروجی قلمداد کرد. ضمن اینکه خروجی‌ها نیز ممکن است همواره مثبت نبوده و گاهی اوقات خروجی منفی نیز وجود داشته باشد. که خروجی منفی را می‌توان جهت سهولت به عنوان ورودی فرض نمود. در این مطالعه خروجی (ستاده) شامل تولید برق خالص (برحسب میلیون کیلووات ساعت) می‌باشد. ورودی‌ها (نهاده) شامل نیروی کار (برحسب تعداد کل شاغل هر نیروگاه)، سرمایه (برحسب ظرفیت نصب شده *MW*) و نهاده سوخت (برحسب *BTU*) [۳۰] و همچنین انرژی توزیع نشده[۳۱] (برحسب میلیون کیلووات ساعت) بوده است. البته عوامل دیگری همانند میزان آب مصرفی در نیروگاه‌ها به عنوان ورودی و میزان آلاینده‌های نیروگاه‌ها به عنوان خروجی از اهمیت نسبی بالایی برخوردارند که به دلیل عدم دسترسی به اطلاعات از مدل حذف شده‌اند.

۵-۳-یافته‌های تحقیق

پس از شناسایی متغیرهای مدل کارایی با استفاده از نرم افزار *AIMMS* با دو سناریوی وزنی و غیر وزنی براورد گردید.

الف- سناریوی وزنی: در این سناریو ابتدا با استفاده از نظرات کارشناسان صنعت برق در مورد مقایسه دو بدوی نهاده‌ها (ورودی‌ها) نیروگاه‌ها سوال شد.سپس با استفاده از نرم افزار *AHP-MASTER* نسبت به محاسبه وزن هر نهاده اقدام شدکه نتایج در جدول ۱ آورده شده است.آنگاه وزن‌ها در مدل مد نظر قرار گرفت و با توجه به آن شاخص مالم کوییست محاسبه شد.

جدول (۱): تعیین وزن ورودیها (نهاده ها) بر اساس نظر سنجی از خبرگان صنعت برق

وزن	و.رودی (نهاده)
۰/۴۷۹	ارزش حرارتی
۰/۲۲	نیروی انسانی
۰/۰۸۸	ظرفیت نصب شده
۰/۲۱۳	مصرف داخلی نیروگاه

محاسبه نویسندگان

ب- سناریوی بدون وزن‌دهی: در این سناریو به همه نهاده‌ها (ورودی‌ها) وزن یکسان داده شده است زیرا برخی از کارشناسان صنعت برق معتقدند که همه نهاده‌های نیروگاه‌ها دارای اهمیت یکسان بوده و امکان مقایسه دو بدوی آنها میسر نمی‌باشد.

نتایج بدست آمده از جدول شماره ۲ نشان می‌دهد که:

- متوسط تغییرات تکنولوژیکی (پیشرفت فنی) نیروگاه‌ها ی سیکل ترکیبی و گازی در سناریوی وزنی و بدون وزن‌دهی در سال ۱۳۸۸در مقایسه با سال ۱۳۸۱افزایش یافته است، حال آنکه این شاخص برای نیروگاه‌های بخاری کاهش یافته است.
- متوسط تغییرات تکنولوژیکی (پیشرفت فنی) نیروگاه‌های سیکل ترکیبی منتخب در سناریوی بدون وزن‌دهی و وزن‌دهی در سال ۱۳۸۸در مقایسه با سال ۱۳۸۱ به ترتیب ۴۶و ۹۸ درصد افزایش یافته است.
- متوسط تغییرات فنی نیروگاه‌های گازی منتخب در سناریوی بدون وزن‌دهی و وزن‌دهی در سال ۱۳۸۸ در مقایسه با سال ۱۳۸۱ به ترتیب ۳۶ و ۴۳ درصد افزایش یافته است.
- متوسط تغییرات فنی نیروگاه‌های بخاری منتخب در سناریوی بدون وزن‌دهی و وزن‌دهی در سال ۱۳۸۸ در مقایسه با سال ۱۳۸۱ به ترتیب حدود ۵۲ و ۵۰درصد کاهش یافته است.
- نتایج بدست آمده از شاخص متوسط تغییرات تکنولوژیکی (پیشرفت فنی) نشان می‌دهد که سیاست صنعت برق طی سال‌های مورد مطالعه ۱۳۸۸-۱۳۸۱، استفاده از تجهیزات پیشرفته در نیروگاه‌های سیکل ترکیبی و گازی برای تولید برق بوده است حال آنکه این سیاست در مورد نیروگاه‌های بخاری دنبال نشده است.
- متوسط تغییرات کارایی نیروگاه‌های سیکل ترکیبی و گازی در سناریوی وزنی و بدون وزن‌دهی در سال ۱۳۸۸در مقایسه با سال ۱۳۸۱کاهش یافته است حال آنکه این شاخص برای نیروگاه‌های بخاری افزایش یافته است.
- متوسط تغییرات کارایی نیروگاه‌های سیکل ترکیبی منتخب در سناریوی بدون وزن‌دهی و وزن‌دهی در سال ۱۳۸۸در مقایسه با سال ۱۳۸۱ به ترتیب ۴و۳۳درصد کاهش یافته است.
- متوسط تغییرات کارایی نیروگاه‌های گازی منتخب در سناریوی بدون وزن‌دهی و وزن‌دهی در سال ۱۳۸۸ در مقایسه با سال ۱۳۸۱ به ترتیب حدود۳۴ و ۴۰درصدکاهش یافته است.
- متوسط تغییرات کارایی نیروگاه‌ها ی بخاری منتخب در سناریوی بدون وزن‌دهی و وزن‌دهی در سال ۱۳۸۸ در مقایسه با سال ۱۳۸۱ به ترتیب حدود ۱۷ و ۶۳ درصد افزایش یافته است.

نتایج بدست آمده از شاخص متوسط تغییرات کارایی نشان می‌دهد که شکل‌گیری بازار برق و ایجاد رقابت بین نیروگاه‌ها منجر به افزایش کارایی در نیروگاه‌های گازی و سیکل ترکیبی نشده است حال آنکه بر کارایی نیروگاه‌های بخاری تاثیر مثبت داشته است.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول (۲): میانگین شاخص کارایی مالم کوئیست برحسب نوع نیروگاه در سال ۱۳۸۸و در مقایسه با سال ۱۳۸۱

نوع نیروگاه	شاخص ها بدون وزن‌دهی			شاخص ها با وزن‌دهی		
	شاخص مالم کوئیست	تغییرات فنی	تغییرات کارایی	شاخص مالم کوئیست	تغییرات فنی	تغییرات کارایی
سیکل ترکیبی	۱/۴۱	۱/۴۶	/۹۶	۱/۳۳	/۹۸	/۶۶
بخاری	/۵۶	/۴۸	۱/۱۶	/۸۲	/۵۰	۱/۶۲
گازی	/۹۱	۱/۳۶	/۶۶	/۸۶	۱/۴۳	/۶۰

محاسبه نویسندگان

بررسی جدول شماره ۳ نشان می‌دهد که :
متوسط تغییرات تکنولوژیکی(پیشرفت فنی) در سناریوی بدون وزن‌دهی و وزن‌دهی در شرکت‌های برق منطقه‌ای در سال ۱۳۸۸در مقایسه با سال ۱۳۸۱به ترتیب حدود ۴۱و ۷۹ درصد افزایش یافته است، حال آنکه متوسط تغییرات کارایی در سناریوی بدون وزن‌دهی و وزن‌دهی به ترتیب حدود ۳ و ۸ درصد کاهش یافته است، بنابراین تشکیل بازار برق بر کارایی شرکت‌های برق منطقه‌ای نیز تاثیری نداشته است.

جدول (۳): میانگین شاخص کارایی مالم کوئیست برای شرکت‌های برق منطقه‌ای در سال ۱۳۸۸ودر مقایسه با سال۱۳۸۱

شرح	شاخص ها بدون وزن‌دهی			شاخص ها با وزن‌دهی		
	شاخص مالم کوئیست	تغییرات فنی	تغییرات کارایی	شاخص مالم کوئیست	تغییرات فنی	تغییرات کارایی
برق منطقه‌ای	۱/۳۷	۱/۴۱	/۹۷	۱/۶۴	۱/۷۹	/۹۱

محاسبه توسط نویسندگان

۶-نتیجه گیری

- هدف از تشکیل بازار برق ایران مطابق آئین نامه افزایش رقابت به منظور دستیابی به افزایش کارائی است اما این رقابت تنها در بخش تولید برق (نیروگاه‌ها) ایجاد شده است و محاسبه کارائی در دو مقطع قبل و بعد از تشکیل بازار برق نشان می‌دهد که متوسط شاخص کارایی نیروگاه‌های سیکل ترکیبی و گازی کاهش یافته است. در توجیه این موضوع باید اشاره نمود که میزان عرضه برق در برخی از مقاطع سال و در ساعاتی از روز به دلیل محدودیت های فنی برابر با تقاضا می باشد و بازیگران نیز از این موضوع مطلع بوده، لذا عملاً اکثر نیروگاه‌ها به دلیل وجود تقاضا باید وارد مدار شوند و در این حالت رقابت پذیری کمتر معنی و مفهوم دارد و این امر سبب می‌شود تا نیروگاه‌ها دلیلی برای افزایش کارائی یا کاهش هزینه‌ها نداشته باشند.از سوی دیگر همه این نیروگاه‌ها با مالکیت و مدیریت دولتی می‌باشند که رقابت را یک بازی دوستانه تلقی نموده و انگیزه چندانی در افزایش کارایی نداشته‌اند.
- از آنجایی که خاموش و روشن کردن نیروگاه‌های بخاری هزینه زیادی بر نیروگاه تحمیل می‌کند، لذا در آیین نامه تکمیلی بازار برق این نیروگاه‌ها از امتیازات ویژه‌ای برای ورود بازار برق برخوردار می‌باشند. به همین دلیل در تحقیق مشخص شد که نیروگاه‌های بخاری تحت تاثیر بازار برق میزان کارائی آنها افزایش یافته است.
- به دلیل تنوع پذیری نیروگاه‌های تحت پوشش شرکت‌های برق منطقه‌ای تشکیل بازار برق بر کارائی آنها تأثیر معنی دار نگذاشته است

باتوجه به موارد فوق الذکر جهت افزایش معنی دار کارائی نیروگاه‌ها موارد زیر پیشنهاد می‌گردد:

- از دیدگاه نظام سرمایه داری و به لحاظ تئوریک بازار رقابت کامل با چهار خصیصه همگن بودن کالا، تعداد بی شمار تولیدکننده و مصرف کننده، وجود اطلاعات کامل در بازار و ورود و خروج آزاد تولیدکنندگان و مصرف کنندگان به بازار می‌تواند منجر به تخصیص بهینه منابع و افزایش کارائی شود لذا مدل اجرایی فعلی بازار برق ایران که تنها تولیدکنندگان امکان رقابت دارند با مدل رقابت کامل فاصله زیادی دارد و باید بازار برق باتوجه به محدودیت های فنی به گونه‌ای توسعه یابد که به سمت رقابت تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان، توزیع‌کنندگان و خرده‌فروشان حرکت نماید همچنین باید دسترسی بازیگران به اطلاعات بازار را میسر و امکان تحرک بیشتر منابع در صنعت را فراهم نمود تا امکان افزایش بیشتر کارائی در صنعت برق میسر گردد.
- با حضور بازیگران جدید خصوصی در سمت عرضه (نیروگاه‌ها) و تقاضا (شرکت‌های توزیع) و پیشی گرفتن هر چه بیشتر عرضه بر تقاضا فضای رقابتی برای بازیگران جدی تر شده و آنها سعی خواهند نمود تا برای حضور موثر در بازار کارائی خود را افزایش دهند به عبارت دیگر هزینه‌های تولید را با بکارگیری تکنولوژی های بهتر و کاهش نهاده‌ها به صورت بهینه‌تری استفاده نمایند.
- شبکه انتقال و توزیع برق به گونه‌ای اصلاح شود تا محدودیت‌های فنی دسترسی بازیگران حداقل شود و در این راستا باتوجه به تنوع نیروگاه‌ها، آئین‌نامه‌های مناسب با هدف افزایش کارائی تنظیم و به بازیگران ابلاغ گردد.
- انتظار می‌رود با اصلاح قیمت نهاده‌ها از جمله سوخت و همچنین با خصوصی شدن مالکیت نیروگاه‌ها که امکان تعدیل نیروی انسانی فراهم است، نیروگاه‌ها انگیزه و امکان بیشتری برای کاهش هزینه‌ها و افزایش کارائی داشته باشند.

۹- مراجع

[۱] لاجوردی، حسن (۱۳۸۱)، نگرشی بر خصوصی‌سازی صنعت برق از دیدگاه کارائی، شانزدهمین کنفرانس بین‌المللی برق، صفحات ۱۶۵تا ۱۷۲.

Archive of SID

www.SID.ir

[۲] لاجوردی، حسن (۱۳۸۰)، تحلیلی بر عوامل ملی شدن صنعت برق ایران، هفدهمین کنفرانس بین‌المللی برق، صفحات ۱۸۷ تا ۱۹۴.
[۳] مرکز توسعه فن‌آوری نیرو (متن)، بخش مطالعات اقتصادی و اجتماعی، بررسی اجمالی بورس، بازار برق و بورس برق ایران، لاجوردی، حسن (۱۳۸۷).
[۴] لاجوردی، حسن (۱۳۸۳)، بازار و کارائی، بررسی موردی بازار برق ایران، پنجمین همایش کیفیت و بهره‌وری در صنعت برق، صفحات ۲۴۳ تا ۲۴۸.
[۵] مهرابی عباس(۱۳۷۹) بررسی کارایی نیروگاه‌های حرارتی –آبی و شرکت‌های توزیع برق به کمک تحلیل پوششی داده‌ها، دانشگاه علامه طباطبایی، دانشکده اقتصاد، پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته توسعه اقتصاد و برنامه‌ریزی، ۱۳۷۹.
[۶] امامی میبدی علی و همکاران(۱۳۸۸) اندازه‌گیری کارایی فنی و بهره‌وری در نیروگاه‌های بخاری گازی و سیکل ترکیبی، فصلنامه اقتصاد مقداری، دوره ۶ شماره ۳، پاییز ۱۳۸۸، صفحات ۷۹ تا ۱۰۳.
[7] Park, S.U., Lesourd, J.B., 2000. The efficiency of conventional fuel power plants in South Korea: a comparison of parametric and non-parametric approaches. International Journal of Production Economics 63, 59–67.
[8] Lam, P.L., Shiu, A., 2001. A data envelopment analysis of the efficiency of China's thermal power generation. Utilities Policy 1 0, 75–83.
[9] Nemoto, J., Goto, M., 2003. Measurement of dynamic efficiency in production: an application of data envelopment analysis to Japanese electric utilities. Journal of Productivity Analysis 19, 191–210. 22.
[10] Thakur, T., et al., 2006. Efficiency evaluation of the state owned electric utilities in India. Energy Policy 34, 2788–2804.
[11] Vaninsky, A., 2006. Efficiency of electric power generation in the United States: Analysis and forecast based on data envelopment analysis. Energy Economics 28, 326–338.
[12] *Barros, C.P., Peypoch, N., 2008. Technical efficiency of thermoelectric power plants. Energy Economics 30, 3118–3127.*
[13] Sarica, K., Or, I., 2007. Efficiency assessment of Turkish power plants using data envelopment analysis. Energy 32, 1484–1499.
[14] Wang, J.H., et al., 2007. Performance based regulation of the electricity supply industry in Hong Kong: an empirical efficiency analysis approach. Energy Policy 35, 609–615.
[15] *Barros, C.P., Peypoch, N., 2007. The determinants of cost efficiency of hydroelectric generating plants: a random frontier approach. Energy Policy 35, 4463–4470.*
[16] *Barros, C.P., 2008. Efficiency analysis of hydroelectric generating plants: a case study for Portugal. Energy Economics 30, 59–75.*
[17] Nakano, M., Managi, S., 2008. Regulatory reforms and productivity: an empirical analysis of the Japanese electricity industry. Energy Policy 36, 201–209.
[18] *Liu,C.H.,lin,Suej.,2010.Evaluation of thermal power plant operational performance in Taiwanby data envelopment analysis. Energy Policy 38,1049-1058.*
[19] Fallahi,A.,et al., 2011. *Measuring efficiency and productivity change in power electric generation management companies by using data envelopment analysis: A case study. Energy 36, 6398-6405.*
[20] Ming Wang, Ying., Xin Lan, Yi., 2011. Measuring Malmquist productivity index: A new approach based on double frontiers data envelopment analysis. Mathematical and Computer Modelling 54, 2760–2771.
[۲۱] لاجوردی، حسن و حیدری، کیومرث (۱۳۸۲) ارزیابی و تحلیل کارائی شرکت توزیع برق شهرستان مشهد، هجدهمین کنفرانس بین‌المللی برق، صفحات ۲۴۷ تا ۲۵۴.
[۲۲] شرکت توانیر (۱۳۸۱ و ۱۳۸۸)، آمار تفصیلی صنعت برق ایران.
[۲۳] شرکت توانیر (۱۳۸۸)، ۴۳ سال صنعت برق در آئینه آمار ۱۳۸۸-۱۳۴۶.

زیرنویس‌ها

1 Pool Model
۲Day-ahead Market
۳ Real Time Market
٤ Wholesale
٥ Retailing
٦ -Data Envelopment Analysis
۷ -Malmquist Index
۸ -Hajmarsson & Veiderpass
۹ -Pollitt
۱۰ -Bogdadioglu
۱۱ -Park & Lesourd
۱۲ -Lam & Shiu
۱۳-Nemoto & Goto
۱٤ –Thakur
۱٥ -Vaninsky
۱٦ -Barros & Peypoch
۱۷ -Sarica & Or
۱۸ -wang
۱۹ -Price Cap Performance Based
۲۰ -Contextual Variable
۲۱ -Nakano & Managi
۲۲ –Liu
۲۳-Decision Making Units
۲٤ -Charnes
۲٥ -Charens, Cooper & Rhodes
۲٦ -Malmquist Productiviyy Index (MPI)
۲۷ -Sten
۲۸ -Caves
۲۹ -Farel
۳۰ - ارزش حرارتی گاز، گازوئیل و مازوت برحسب کیلوکالری بر لیتر.
۳۱ - انرژی توزیع نشده به دلیل محدودیت های ایجاد شده روی واحد و یا تجهیزات کمکی و یا ناشی از عوامل خارجی همانند شبکه، سوخت و. .. می‌باشد.

Archive of SID

www.SID.ir