مجله علمی مطالعات پژوهشی در مهندسی برق آینده، ۱۴۰۳، دوره ۱، شماره ۱، ص ص ۱-۱۲

مجله علمی مطالعات پژوهشی
در مهندسی برق آینده
www.journalhi.com/pow/

تحلیل کارایی نیروگاه های تولید برق با استفاده از رویکرد تحلیل پوششی داده های شبکه ای

فرهاد شاه قاسم پور [۱]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی برق، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

اطلاعات مقاله

مقاله پژوهشی کامل
دریافت: ۲۷ اسفند ۱۴۰۱
پذیرش: ۱۰ اردیبهشت ۱۴۰۲
ارائه در سایت: ۱۲ خرداد ۱۴۰۲

کلید واژگان:
کارایی فنی
کارایی مقیاس
تحلیل پوششی داده های شبکه ای
نیروگاه برق
انرژی

چکیده

در این پژوهش جهت ارزیابی کارایی نیروگاه های تولید انرژی برق، از رویکرد روش تحلیل پوششی داده های شبکه ای سه مرحله ای استفاده شد. در ارزیابی کارایی انجام شده در مرحله اول مولفه های عملیاتی و نگهداری نیروگاه ها ارزیابی شدند و در مرحله دوم قابلیت اطمینان و در مرحله سوم بهره وری نیروگاه ها مورد ارزیابی و تحلیل قرار گرفتند که نشان داده شد تعداد ۱۶ نیروگاه بر اساس شاخص های در نظر گرفته شده کارا شده و سایر نیروگاه ها اختلاف فراوانی تا مرز کارایی داشته‌اند. در ارزیابی مرحل اول انجام شده نشان داده شده است که ۱۶ نیروگاه بر اساس شاخص های مرحله اول کارا بودن و سایر نیروگاه ها در مرز کارایی مناسبی قرار دارند و بر اساس تحلیل کارایی مرحله دوم، مشخص گردید که ۲۵ نیروگاه دارای کارایی شده اند و سایر شرکت ها بدلیل ضعف در خروجی و ازدیاد ورودی فرایندهایشان از مرکز کارایی جدا شده اند و همچنین در ارزیابی مرحله سوم نشان داده شد که ۲۳ نیروگاه کارا هستند و سایر نیروگاه ها در مرز کارایی قرار نداشته و نیاز است تا بهبود وضعیت در این نیروگاه ها بصورت بهبود مستمر کایزنی در دستور کار قرار گیرد.

Analyzing the efficiency of electricity generation plants using the network data coverage analysis approach

Farhad Shahghasempour[1]

1- Master's student in electrical engineering, Urmia University, Urmia, Iran.

Article Information

Original Research Paper
Received 18 March 2023
Accepted 02 October 2023
Available Online 04 October 2023

Keywords:
Technical efficiency
Scale efficiency
Envelopment analysis of network data
Power Plant
Energy

Abstract

In this research, to evaluate the efficiency of electric energy production plants, the three-stage network data overlay analysis method was used. In the evaluation of the efficiency done in the first stage, the operational and maintenance components of the power plants were evaluated, and in the second stage, the reliability and in the third stage, the efficiency of the power plants were evaluated and analyzed, which showed that the number of 16 power plants was based on the considered indicators. It has been taken into operation and other power plants have had great differences up to the limit of efficiency. In the evaluation of the first stage, it has been shown that 16 power plants are efficient based on the indicators of the first stage and other power plants are at the border of proper efficiency and based on the analysis of the efficiency of the second stage, it has been determined that 25 power plants have become efficient and others The companies have been separated from the efficiency center due to the weakness in the output and the increase in the input of their processes, and also in the evaluation of the third stage, it was shown that 23 power plants are efficient and other power plants are not at the efficiency limit and there is a need to improve the situation in these power plants as Continuous improvement of kaizen should be on the agenda.

۱- مقدمه

در جوامع امروزی، نقش استراتژیک صنعت برق در دیگر صنایع و اقتصاد کشورها بر کسی پوشیده نیست. در راستای افزایش رفاه اجتماعی، تامین برق با کیفیت و قابلیت اطمینان بالا، از اهمیت ویژه ای برخوردار است ولیکن بنابر آمارهای موجود، سرانه مصرف برق خانگی در ایران، از میانگین جهانی آن بالاتر بوده است(خسروی،۱۳۹۶). پائین بودن فناوری تجهیزات الکتریکی خانگی، قیمت غیر واقعی برق، عادات مصرف نادرست و ... می‌تواند از از علتهای این مسئله باشد. بدلیل گستره مشترکین برق خانگی در کشورمان از نظر سهم بار مصرفی آنها، مطالعات در خصوص رفتار بار این طیف از مشترکین، نقش تاثیرگذاری در نحوه سیاستگذاری در جهت بهبود بهره وری و مدیریت مصرف را داراست(رحیمی، ۱۳۹۶) روند صعودی متوسط مصارف برق خانگی در کشور موجب نیاز به افزایش قبل از موعد ظرفیت تاسیسات شبکه و تحمیل هزینه ناشی از آن به اقتصاد کشور، افزایش تلفات شبکه، افزایش هزینه های زیست محیطی ناشی از تولید نیروگاهها و... می‌گردد. با بالا رفتن قیمت جهانی انرژی موجب شد فشار سنگینی در مدیریت قدرت تولید بویژه برای نیروگاه های برق حرارتی بوجود آید. بزرگترین مشکلی که نیروگاه های حرارتی با آن مواجه هستند مساله منبع سوخت است. بطوری که منابع انرژی بطور پیوسته کاهش می یابد. بنابراین این ضرورت بوجود می‌آید که نیروگاه ها به صرفه جویی بیشتری از انرژی بپردازند و در تلاش برای رشد اقتصادی بکوشند(فخارزاده، ۱۳۹۶). در جوامع امروزی، نقش استراتژیک صنعت برق در دیگر صنایع و اقتصاد کشورها بر کسی پوشیده نیست. در راستای افزایش رفاه اجتماعی، تامین برق با کیفیت و قابلیت اطمینان بالا، از اهمیت ویژه ای برخوردار است ولیکن بنابر آمارهای موجود، سرانه مصرف برق خانگی در ایران، از میانگین جهانی آن بالاتر بوده است (رنجبران، ۱۳۹۸) . پائین بودن فناوری تجهیزات الکتریکی خانگی، قیمت غیر واقعی برق، عادات مصرف نادرست و ... می‌تواند از از علتهای این مسئله باشد. بدلیل گستره مشترکین برق خانگی در کشورمان از نظر سهم بار مصرفی آنها، مطالعات در خصوص رفتار بار این طیف از مشترکین، نقش تاثیرگذاری در نحوه سیاستگذاری در جهت بهبود بهره وری و مدیریت مصرف را داراست. از سوی دیگر ناکارآمدی نیروگاه برق تولید انرژی سبب اتلاف انرژی زیادی در این نیروگاه ها شده است. با بالا رفتن قیمت جهانی انرژی موجب شد فشار سنگینی در مدیریت قدرت تولید بویژه برای نیروگاه های برق بوجود آید. بزرگترین مشکلی که نیروگاه های حرارتی با آن مواجه هستند مساله منبع سوخت است. بطوری که منابع انرژی بطور پیوسته کاهش می یابد. بنابراین این ضرورت بوجود می‌آید که نیروگاه ها به صرفه جویی بیشتری از انرژی بپردازند و در تلاش برای رشد اقتصادی بکوشند. از این رو در این پژوهش به ارزیابی و تحلیل کارایی نیروگاه های تولید برق بر اساس رویکرد تحلیل پوششی داده های شبکه ای پرداخته خواهد شد.

۲- تحلیل پوششی داده ها

تحلیل پوششی داده ها یک روش برنامه ریزی خطی برای اندازه گیری کارایی واحدهای تصمیم گیری است که در طی دهه گذشته بعنوان یک ابزار مدیریتی قوی بسیار مورد توجه بوده است و بطور گسترده ای برای ارزیابی عملکرد بخشهای دولتی و خصوصی سازمانهایی مانند بانکها، بیمارستانها، دانشگاهها و ... مورد استفاده قرار می گیرد که اولین بار توسط کوپر و همکاران پایه گذاری شد. در این روش، منحنی مرزی کارا از یک سری نقاط که به وسیله برنامه ریزی خطی تعیین می شود، ایجاد می گردد. روش برنامه ریزی خطی، بعد از یک سری بهینه سازی مشخص می کند که آیا واحد تصمیم گیری مورد نظر روی خط یا مرز کارائی قرار گرفته است و یا خارج از آن قرار دارد. بدین وسیله واحد های کارا و ناکارا از یکدیگر تفکیک می شوند. تکنیک DEA تمام داده ها (ارقام و اطلاعات) را تحت پوشش قرار داده و به همین دلیل تحلیل پوششی داده ها، نامیده شده است. تحلیل پوششی داده ها یک تکنیک و ابزار مهم در زمینه تحقیق در عملیات است(فیلو، ۲۰۱۸). این تکنیک یک ابزار کمی، استاندارد و با کاربرد گسترده در مطالعات اندازه گیری کارائی و تحلیل عملکرد واحدها با ورودی ها و خروجی های یکسان مطرح می باشد و قادر است راهکارهایی را به منظور مدیریت بهتر منابع جهت رسیدن به خروجی های مورد انتظار ، ارائه دهد(محمودی، ۲۰۱۹).

روش DEA کارائی یک DMU را در مقایسه با سایر واحد ها (DMU ها) ارزیابی می کند. به همین خاطر امتیاز کارائی DMU، یک امتیاز مثبت خواهد بود. کارا بودن یا غیر کارا بودن یک DMU، بستگی به عملکرد آن واحد در انتقال ورودی ها به خروجی هایش در مقایسه با سایر واحد ها در یک حوزه خاص دارد. کارا بودن هر DMU با استفاده از تعاریف تئوری استاندارد برای محاسبه کارائی، امتیاز دهی می شود، که این امتیاز به وسیله مقیاس های خاص که سعی در حداکثر نمودن امتیاز کارائی آن واحد دارند، محاسبه می شود.

۳- ادبیات پژوهش

شاهرودی (۱۳۹۶) اهمیت انرژی الکتریکی و نقش آن در توسعه و رفاه کشورها تا جایی است که دولتها این صنعت را به عنوان یکی از صنایع زیرساخت قلمداد کرده و به طور ویژه بر آن نظارت می‌نمایند. صنعت برق با تامین یکی از مهمترین صور انرژی، نقشی انکارناپذیر در شکوفایی اقتصاد ملی کشورها دارد. شرکتهای برق منطقه‌ای ایران یکی از بخشهای مهم صنعت برق هستند که به منظور انتقال نیروی برق از یک فرآیند دو مرحلهای استفاده میکنند و در این مطالعه با رویکردکاربردی، کارایی این شرکتها با مدل شبکهای و مدل معمولی (BCC ورودی گرا) سنجیده شده و با هم مقایسه شدند. نتایج تحقیق نشان میدهد مدلهای معمولی تحلیل پوششی دادهها، میانگین و تعداد واحدهای کارا را بیشتر نشان می‌دهند. همچنین نتیجه آزمون ویل کاکسون نشان میدهد میان نمرات کارایی شرکتهای برق منطقهای ایران به دو روش شبکهای و BCC تفاوت معنی‌دار وجود دارد و بررسی کیفیت تفاوت نمرات نیز نشان دهنده این است که نمرات کارایی شرکتها در مدل شبکهای کمتر از نمرات کارایی در مدل BCC میباشد و عملا مدلهای شبکهای برای ارایه تصویر روشنتر از عملکرد شرکتهای برق منطقهای و مقایسه دقیقتر آنها، کاربرد بیشتری خواهند داشت. خسروی و یوسف نژاد (۱۳۹۶) اهمیت انرژی الکتریکی و نقش آن در توسعه و رفاه کشورها تا جایی است که دولت ها این صنعت را به عنوان یکی از صنایع زیرساخت قلمداد کرده و به طور ویژه بر آن نظارت می نمایند. صنعت برق با تامین یکی از مهمترین صور انرژی، نقشی انکارناپذیر در شکوفایی اقتصاد ملی کشورها دارد. شرکت های برق منطقه ای ایران یکی از بخش های مهم صنعت برق هستند که به منظور انتقال نیروی برق از یک فرآیند دو مرحله ای استفاده می کنند و در این مطالعه با رویکرد کاربردی، کارایی این شرکت ها با مدل شبکه ای و مدل معمولی (BCC ورودی گرا) سنجیده شده و با هم مقایسه شدند. نتایج تحقیق نشان می دهد مدلهای معمولی تحلیل پوششی داده ها، میانگین و تعداد واحدهای کارا را بیشتر نشان می دهند. همچنین نتیجه آزمون ویل کاکسون نشان می دهد میان نمرات کارایی شرکت های برق منطقه ای ایران به دو روش شبکه ای و BCC تفاوت معنی دار وجود دارد و بررسی کیفیت

تفاوت نمرات نیز نشان دهنده این است که نمرات کارایی شرکت ها در مدل شبکه ای کمتر از نمرات کارایی در مدل BCC می باشد و عملا مدلهای شبکه ای برای ارایه تصویر روشن تر از عملکرد شرکت های برق منطقه ای و مقایسه دقیق تر آنها، کاربرد بیشتری خواهند داشت. رحیمی و نوابخش (۱۳۹۶) امروزه به منظور ارزیابی عملکرد برای بررسی کارایی و بهره وری بسیاری از سازمان ها از مدل های ریاضی بی شماری استفاده می شود. در این میان سازمانهای مرتبط با فعالیتهای انرژی و مدل ریاضی تحلیل پوششی داده ها از جمله موضوعات مورد توجه می باشند. مدلی که برخی از شاخصها را با توجه به میزان و درجه اهمیتشان بعنوان ورودی و خروجی در نظر می گیرد و در نهایت میزان کارایی آن واحد تصمیم گیرنده را می سنجد. در این مقاله با استفاده از مدل تحلیل پوششی داده ها ، ارزیابی عملکرد ۲۷ سال (۱۳۶۷ - ۱۳۹۳) فعالیتهای نفتی در کشور ایران با توجه به مفروض بودن بازده به مقیاس ثابت انجام شده است و نتایج بدست آمده از محاسبه کارایی نشان می دهد که سالهای ۱۳۶۷ و ۱۳۶۹ و ۱۳۷۱ بعنوان کاراترین و سالهای ۱۳۹۱ به بعد باتفاوتهای بسیار کمی به ترتیب بعنوان ناکاراترین سالهای تحت بررسی در زمینه فعالیتهای نفتی شناخته شده است. پس از رتبه‌بندی سالهای مورد نظر با تفسیرهای اقتصادی مرتبط علل نتایج، مورد بررسی قرار گرفته است. صدرنیا (۱۳۹۶)صنعت طیور یکی از بزرگترین و توسعه یافته ترین صنایع موجود در کشور است و میزان انرژی مصرفی در مرغداری یکی از مهم ترین مسایل درپرورش مرغ گوشتی می باشد. تحقیق حاضر به بررسی روند مصرف انرژی و میزان مصرف آن در مرغداری های پرورش مرغ گوشتی در شهرستان مشهد می پردازد. اطلاعات مورد نیاز این تحقیق از طریق پرسشنامه و مصاحبه حضوری با ۳۶ پرورش دهنده مرغ گوشتی برای یک دوره پرورش در ماه های فروردین و اردیبهشت ۱۳۹۲ جمع آوری شد. نهاده های اصلی ورودی شامل خوراک مصرفی، سوخت (گاز و گازوییل)، الکتریسیته، نیروی انسانی، ماشین ها و جوجه یک روزه گوشتی و نهاده های خروجی گوشت مرغ و فضولات بستر بودند. کل انرژی های ورودی و خروجی برای هزار قطعه مرغ به ترتیب ۲/۱۲۵ و ۹/۲۴ گیگاژول به دست آمد. شاخص های انرژی شامل نسبت انرژی، بهره وری انرژی و انرژی ویژه به ترتیب ۲/۰، ۰۱۹/۰ کیلوگرم بر مگاژول و ۵۲ مگاژول بر کیلوگرم به دست آمدند. سوخت مصرفی (گاز و گازوییل) با ۸۴/۵۰ و خوراک مصرفی با ۴۳/۴۲ درصد بیشترین سهم و جوجه یک روزه با ۳۹/۰ و نیروی انسانی با ۰۶/۰ درصد کمترین سهم را در بین نهاده های ورودی به خود اختصاص دادند. مقایسه انرژی مصرفی در سه سطح جوجه ریزی کمتر از ۱۵۰۰۰ قطعه، ۱۵۰۰۰ تا ۳۰۰۰۰ و بیشتر از ۳۰۰۰۰ قطعه نشان داد که نسبت انرژی در سطح سوم بیشتر از سطوح دیگر می باشد. کارآیی مرغداران با استفاده از روش تحلیل پوششی دادهها انجام شد و نتایج نشان داد که در الگوی بازگشت به مقیاس ثابت تعداد ۱۳ واحد دارای کارآیی فنی با میانگین کارآیی ۹۳/۰ و در الگوی بازگشت به مقیاس متغیر تعداد ۲۱ واحد دارای کارآیی فنی خالص با میانگین کارآیی ۹۹/۰ بودند. فخارزاده (۱۳۹۶) سیاست انرژی متکی بر استفاده مناسب از روش شناسی در هدایت یک مساله بزرگ انرژی است. به طور کلی پذیرفته شدهاست که فرآیند های تولید باید اصول پایداری زیست محیطی را در نظر بگیرند، از این رو هر تلاشی برای اندازه گیری عمل کرد این فرآیند ها بایستی برجسته شود. در این پژوهش با در نظرگرفتن ورودی های مشترک و ورودی های فرعی-مشترک برای آشکارسازی اطلاعات خاص در مورد چگونگی تخصیص ورودی ها به خروجی ها پرداخته می شود. برای این منظور، ابتدا تکنولوژی تولیدخروجی-خاص گسترش یافته مطرح می شود که براساس آن کارایی انرژی محاسبه می گردد و سپس به ارایه ی یک مدل غیرشعاعی برای در نظرگرفتن اثرات ترکیب ورودی انرژی در هنگام ارزیابی کارایی انرژی می پردازیم و در نهایت مدل های برنامه ریزی خطی تحت دسترسی ضعیف خروجی ها و دسترسی طبیعی و دسترسی مدیریتی بیان می شود. موجودی سرمایه، نیروی کار، انرژی فسیلی و انرژی غیرفسیلی به عنوان ورودی های فرآیند تولید و تولید ناخالص داخلی و میزان انتشار دی اکسید کربن به عنوان خروجی های فرآیند تولید و منتخبی از کشورهای عضو PECD (سازمان توسعه و همکاری اقتصادی) و کشورهای عضو BRICS (قدرت های نوظهوراقتصاد جهانی) به عنوان واحدهای تصمیم گیرنده درنظرگرفته شده اند. مدل های ارایه شده شامل اهداف شناسایی راه ساده تر در برخورد با خروجی نامطلوب ، حفاظت از انرژی فسیلی تجدیدناپذیر و تشخیص رفتار تولید ناکارا از طریق اندازه گیری های مختلف کارایی انرژی است. نتایج نشان می دهد رویکرد های متفاوت نمرات کارایی متفاوتی را ایجاد می کنند. خلیلی دامغانی (۱۳۹۶)روش تحلیل پوششی داده ها کارایی نسبی واحدهای تصمیم گیری همگن با ورودی ها و خروجی های چند گانه را اندازه‌گیری می کند. این ابزار در حوزه های مختلف مورد استفاده قرار می گیرد که یکی از رایج ترین آنها حوزه کشاورزی است. در این پژوهش‌الگوی تحلیل پوششی داده های چند دوره ای برای محاسبه کارایی انرژی مصرفی در تولید پنبه و تخصیص منابع در کشور ایران درطی یک دوره پنج ساله ارایه خواهد شد. در روش پیشنهادی هر کدام از استانها یک واحد تصمیم گیرنده فرض شده اند که با مصرف منابعی مانند کود، بذر و سم، می توانند مقادیری از پنبه را به عنوان خروجی تولید کنند. برخی از ورودی ها ضمن مصرف در دروه جاری کاملا تمام نمی شوند و درصدی از آنها به مرحله بعد منتقل می شود. این مسیله باعث ایجاد یک ساختار چند دوره ای در مزارع کشاورزی و پویایی در ورودی مدل ها خواهد شد. برای اندازه گیری کارایی در شرایط چند دوره ای و تخصیص منابع با توجه به کارایی های بدست آمده در مزارع پنبه ۱۱ استان کشور ایران طی سالهای ۱۳۸۳-۱۳۸۷ مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج نشان از کاربردی بودن مدل های پیشنهادی در شرایط چند دوره ای و پویا برای حل مسایل دنیای واقعی دارند. ناظمی (۱۳۹۶) با توجه به کاهش سوختهای فسیلی، قیمت بالای سوختهای فسیلی، گسترش فزاینده نیاز به انرژی، محدودیت منابع فسیلی، فاجعه آلودگی زیست محیطی ناشی از سوختهای فسیلی و بسیاری از عوامل دیگر، سبب رویکرد دوباره علم به انرژیهای تجدیدپذیر شده است. انرژی تجدیدپذیر به دلیل مناسب بودن برای محیط زیست و پایداری بیشتر نسبت به سوختهای فسیلی به عنوان یک انرژی جایگزین مورد توجه قرار گرفته است. طبیعت ۴ فصل ایران و پتانسیل استفاده از انواع انرژیهای تجدیدپذیر، مبنای توجهات خاص به انرژی تجدیدپذیر بوده است. لذا پرداختن به مسیله‌ی کارایی هر فناوری انرژی تجدیدپذیر را پیش از پیش آشکار می‌سازد که در نهایت منجر به سرمایه‌گذاری کارآمد در انرژیهای تجدیدپذیر گردد. هدف از این پژوهش ارزیابی کارایی در سرمایه‌گذاری انرژیهای تجدیدپذیر بادی، برقآبی، خورشیدی، زمین‌گرمایی و بیوگاز برای تولید برق در ایران طی دورهی ۱۳۹۴-۱۳۸۷ مبتنی بر تحلیل پوششی میباشد. در واقع در این پژوهش با استفاده از الگوی CCR در تحلیل پوششی دادهها با ترکیب دادههای مختلف قیمت خرید تضمینی برق تجدیدپذیر، یارانه تعلق گرفته به این بخش، خروجیهای ظرفیت طرحهای نصب شده، برق تولید شده و هزینه هر واحد تولید برق از هر فناوری انرژی تجدیدپذیر به ارزیابی کارایی انواع انرژی تجدیدپذیر پرداخته شد و براساس این روش بهترین گزینه برای

سرمایه‌گذاری انتخاب گردید. نتایج نشان میدهد که انرژی زمین‌گرمایی، انرژی تجدیدپذیر کارآمدتری از نظر سرمایه‌گذاری می‌باشد. همچنین با توجه به نتایج حاصل از پژوهش، فناوریهای ناکارا برای رسیدن به کارایی باید هزینه تولید را کاهش داده و ظرفیت نصب شده را افزایش دهند. و همچنین، هزینه تحقیق و توسعه به دلیل داشتن بالاترین وزن کارایی بیشتری دارد. عبدپور (۱۳۹۵)امروزه کشت گیاهان در گلخانه به دلیل امکان استفاده بهینه از آب و خاک و راندمان بالای تولید به عنوان یک روش متفاوت با بازده بالا در سالهای اخیر رو به گسترش است به علاوه افزایش در کارایی مصرف انرژی در کشت گلخانه ای یکی از مهمترین بخشهای مطالعات انرژی در کشاورزی می‌باشد. هدف از مطالعه حاضر بررسی کارایی انرژی با توجه به میزان مصرف آب در گلخانه های سبزی و صیفی در چهار اقلیم متفاوت استان فارس با روش تحلیل پوششی داده ها میباشد. داده های مورد نیاز از طریق تکمیل ۱۱۸ پرسشنامه ومصاحبه حضوری با گلخانه داران استان جمع آوری گردید که تعداد واحدهای کارا در مصرف آب ۵ واحد مشخص شد که برای سایر واحدها به عنوان الگو تعیین شدند و در نهایت میانگین کارایی فنی، فنی خالص و کارایی مقیاس به ترتیب برابر با ۰/۳۳۵، ۰/۴۱۵ وبه دست آمد. رحمتی (۱۳۹۵)ارتباط بسیار نزدیک انرژی و اقتصادباعث شده است تایکی ازعوامل قابل بحث و بااهمیت برای تصمیم گیری و سیاست گذاری دراقتصاد همه ی کشورها بحث انرژی و چگونگی استفاده ازآن باشد باتوجه به نقش کانونی انرژی درامنیت بین المللی و اقتصادجهانی دراین پژوهش کارایی مصرف انرژی کشورایران درمقایسه با سایر کشورها و مناطق مختلف جهان مورد بررسی و تدقیق قرارگرفته است به منظور اطلاعات منتج شده ازاخرین ترازنامه انرژی کشور درسال ۱۳۹۲ مورداستفاده قرارگرفته است عوامل جمعیت میزان عرضه انرژی اولیه و میزان مصرف نهایی انرژی به عنوان متغیرهای ورودی و میزان شدت عرضه انرژی اولیه شدت مصرف نهایی انرژی و میزان تولید ناخالص داخلی به عنوان متغیرهای خروجی و کشورها و مناطق مختلف ج هان ازجمله ایران به عنوان واحدهای تصمیم گیرنده درنظر گرفته شده اند اطلاعات بااستفاده ازروش تحلیل پوشش داده ها و اجرای مدل پوششی خروجی محور بازده به مقیاس متغیر موردارزیابی قرارگرفته اند به نحوی که کشورهای کارا و ناکارا درزمینه مصرف انرژی مشخص شده اند. پاینده (۱۳۹۵)در این تحقیق الگوی مصرف انرژی و کارایی آن برای تولید مرغ گوشتی در استان اصفهان (شهرستانهای اصفهان، نائین و نجفآباد) توسط رویکرد تحلیل پوششی دادهها بررسی گردید. در این سه شهرستان به طور تصادفی تعداد ۹۰ مرغداری انتخاب و اطلاعات مربوط به آنها با استفاده از پرسشنامه و به صورت حضوری جمع‌آوری شد. نهادهها شامل جوجه، سوخت، الکتریسیته، نیروی انسانی، خوراک و ستادهها شامل گوشت مرغ و کود بستر به ازای ۱۰۰۰ قطعه مرغ بود. نتایج نشان داد که میانگین کل انرژی ورودی برای تولید مرغ گوشتی در شهرستانهای اصفهان، نجفآباد و نائین به ترتیب برابر با ۲۱۷/۰۷ ،۹۵/۴۳و ۱۳۸/۶۶ گیگاژول بر ۱۰۰۰ قطعه مرغ بدست آمد. مقدار انرژی ورودی بهینهسازی شده توسط مدل بازگشت به مقیاس متغیر برای شهرستانهای اصفهان، نائین و نجفآباد به ترتیب برابر با ۲۱۱/۹۱ ،۹۳/۸۷ و ۹۸/۷۳۳ گیگاژول بر ۱۰۰۰ قطعه مرغ گوشتی محاسبه گردید. میزان انرژی قابل ذخیره در شرایط کنونی در شهرستانهای اصفهان، نائین و نجفآباد به ترتیب برابر با ۲/۳۸ ،۱/۴۳ و ۲۸/۸ درصد بدست آمد. توانگر(۱۳۹۵) بررسی کارایی در تحلیل سیاست های کلان معمولا توسط دو شاخص انجام می گیرد: شدت انرژی و کارایی انرژی. این شاخص های کارایی انرژی مرسوم، انرژی را به عنوان تنها نهاده برای تولید خروجی (GDP)در نظر می گیرند در حالی که سایر نهاده ها مثل نیروی کار و سرمایه نادیده گرفته می شوند. روش جدیدی با عنوان کارایی کل عامل انرژی (TFEE) به منظور غلبه بر معایب کارایی انرژی عامل جزیی مرسوم توسعه یافته است. مفهومTFEEشامل اثرات جانشینی بین انرژی و سایر عوامل تولید است. در این مطالعه کارایی انرژی بخش صنعت (کارگاه های صنعتی ده نفر کارکن و بیشتر) استانهای فارس، بوشهر، هرمزگان، کهگیلویه و بویراحمد، کرمان، خوزستان، سیستان و بلوچستان،چهارمحال و بختیاری، یزد، اصفهان، کرمانشاه، همدان و کردستان در دوره ۱۳۹۲-۱۳۸۵ با استفاده از شاخص کارایی انرژی کل عوامل (TFEE) بر پایه روش تحلیل پوششی داده ها(DEA)محاسبه شده است. نتایج نشان می دهد که میانگین کارایی انرژی استان های مورد بررسی در دوره مورد نظر ۶/۰ می باشد. همچنین بیشترین و کمترین متوسط کارایی انرژی به ترتیب مربوط به استان بوشهر و همدان با مقادیر۱و۳۹/۰ می باشد. سرخیل (۱۳۹۵) هرساله طرح های ملی و بین المللی مرتبط با مباحث انرژی و محیط زیست معمولا به منظور ارایه راهکارهایی موثر برای صرفه جویی در مصرف منابع و هم چنین کاهش میزان الاینده ها اجرا میشود رد این راستا یکی از موارد با اهمیت حفظ سطح تولید ناخالصی داخلی و جلوگیری از اتلاف بهره وری میباشد در این تحقیق با استفاده از تکنیک های ورودی تحلیل پوششی داده ها و هم چنین با در نظر گرفتن خروجی نامطلوب در مدل های کارایی پیشنهادیدر دو طرح بزرگ محیط زیستی اجرا شده در ایران بهره وری و امکان کاهش مصرف از منابع مورد بررسی قرار گرفته و مولفه های شاخص بهره وری مالمکوییست مشتمل بر مقادیر خالص فنی مقیاس و فن آوری کارایی محاسبه شده است به طوری که در این تحقیق با بررسی های انجام شده بر روی طرح هدفمندی یارانه های انرژی ایران و با توجه به میزان آلاینده CO_2 ناشی از مصرف سوخت های فراورده های عمده نفتی و گاز طبیعی رشد بهره وری محیط زیستی از جنبه فنی حدود ۷.۵۶ درصد محاسبه شده است در صورتی که از جنبه بررسی های فن آوری حدود ۱۱.۵۸ درصد با کاهش روبه رو بوده است نتایج نشان میدهد که بدون کاهش درمیزان تولیدات و خدمات امکان کاهش در میزان مصرف انواع سوخت و در نتیجه کاهش در میزان آلاینده هایی نظیر CO_2 ناشی از مصرف میسر نمیباشد نتایج تحقیق بهره وری بر روی طرح تصفیه فاضلاب کلانشهر تهران میزان بهبود از نظر فنی به حدود ۱.۸۰ درصد را نشان میدهد هم چنین استفاده از طرح ها و فن آوری های جدید حدود ۱۲.۳۲ درصد سبب بهبود از نظر فن آوری به همراه داشته است نتایج نشان میدهد که بدون کاهش در تولیدات و خدمات مربوط به کلانشهر تهران امکان صرفه جویی در برداشت از منابع آب تنها به میزان ۲.۲ درصد امکان پذیر میباشد.

حسین زاده بندبافها (۱۳۹۴)هدف از این تحقیق تعیین میزان انرژی بهینه مصرفی که در کاهش تولیدگازهای گلخانهای در واحدهای پرورش گوساله گوشتی نقش دارند، میباشد. جهت تعیین میزان انرژی مصرفی بهینه از تکنیک تحلیل پوششی داده ها استفاده شده است. با استفاده از این تکنیک واحدهای ناکارا در مصرف انرژی شناسایی و میزان انرژی مازاد مصرفی هر واحد برای رسیدن به کارایی محاسبه گردید. میزان کل انرژی مصرفی در واحدهای پرورش گوساله ۳۵/۱۱۵۲۳ مگاژول برای هر راس گوساله محاسبه شد که در صورت مصرف بهینه انرژی، علاوه بر اینکه در انرژی مصرفی هر راس گوساله در دوره پروار ۶ ماهه ۱۳۲۳ مگاژول به ازای هر راس گوساله صرفهجویی میشود، از انتشار ۸۶/۱۱۳ کیلوگرم گاز گلخانه ای به ازای هر راس گوساله نیز جلوگیری خواهد شد. سپهردوست و رضوی مجد (۱۳۹۴) در فرایند رشد اقتصادی کشورهای درحال توسعه، بدلیل کمیابی عوامل تولید و

تصمیم‌گیریهای اقتصادی، اطلاع از کارایی فنی بخشهای مختلف کشور، بخصوص بخش صنعت از اهمیت خاصی برخوردار است و لزوم توجه به ارتقاء سطح کارایی توجه برنامه ریزان را به خود معطوف نموده است. هدف از انجام این پژوهش، بررسی سطح کارایی فنی بخش صنعت ایران با استفاده از روش تحلیل پنجرهای و پوششی دادهها است. برای این منظور از دادههای مرتبط با میزان ارزش افزوده، تعداد شاغلان، حجم سرمایهگذاری و مقدار مصرف انرژی در کارگاه های صنعتی ۱۰ نفر کارکن و بیشتر بخش صنعت بر اساس طبقهبندی استاندارد بینالمللی فعالیتهای صنعتی طی سالهای ۱۳۹۰-۱۳۹۱ استفاده شد و سپس با استفاده از مدل تحلیل پنجرهای و رویکرد نهادهمحوری تحت شرایط بازدهی ثابت نسبت به مقیاس، میزان کارایی فنی مورد تجزیه تحلیل و ارزیابی قرار گرفت. نتایج حاصل از سنجش کارایی مصرف انرژی در بخش صنعت ایران نشان داد که در بین ۳۹ فعالیت مورد بررسی،فقط ۹ فعالیت تولید کاغذ و محصولات کاغذی، تولید مبلمان و مصنوعات طبقهبندی نشده و همچنین تولید رادیو و تلویزیون از کارایی فنی برخوردار بودند که با استفاده از روش اندرسون پترسون به ترتیب رتبههای اول –تا سوم را به خود اختصاص دادند. بهطوریکه کمترین رتبه کارایی در میان صنایع مورد بررسی مربوط به فعالیت های مواد غذایی و آشامیدنی و تولید فلزات اساسی است

قاسمی فر (۱۳۹۴)این پروژه در محدوده ۱۰ شهر استان یزد شامل شهرهای یزد، رباط پشت بادام، بافق، عقدا، گاریزات، مروست، هرات، میبد، مهریز و ابرکوه انجام گرفت. هدف اصلی این پروژه تعیین بهترین مکان جهت احداث نیروگاه خورشیدی در استان یزد است. این پروژه بر این فرض استوار است که احداث نیروگاه فتوولتائیک در همه مناطق مورد مطالعه امکانپذیر است و در همه مناطق تابش خورشیدی مناسب برای احداث نیروگاه خورشیدی است. در طی انجام این پروژه ابتدا معیارهای اصلی موثر بر تعیین محل احداث نیروگاه فتوولتائیک شناسایی شد و سپس وضعیت آب و هوایی و جغرافیایی مناطق موردنظر برای احداث نیروگاهدر هر شهر ارزیابی شد و در نهایت مکانهای مختلف با توجه به معیارهای مختلف با روشهای تحلیل پوششی دادهها و مهندسی ارزش نسبت به یکدیگر اولویت بندی شدند. تاسکین و زایم (۲۰۰۱) مبادرت به بررسی نقش تجارت بین الملل بر کارایی زیست محیطی کردند. آنها در مرحله اول با استفاده از الگوی ناپارامتریک هایپربولیک کارایی زیست محیطی سه گروه از کشورهای پردرآمد، درآمد متوسط و کم درآمد را در سال ها۱۹۷۷، ۱۹۸۵ ،۱۹۸۰ و۱۹۹۰ محاسبه کرده و در مرحله دوم نقش تجارت را در تغییرات کارایی زیست محیطی بررسی کردند. نتایج آنها نشان داد که علاوه بر درآمد سرانه نشاندهنده وجود منحنی کوزتس زیست محیطی متغیرهای مرتبط با تجارت مانند ترکیب تجارت، سهم صنایع آلاینده در صادرات و درجه آزادی کشور نقش مهمی در کارایی زیست محیطی دارد. سویوشی و همکاران (۲۰۱۰) ابتدا کارایی فنی صنایع تولیدی ژاپن را با استفاده از مدل برد تنظیم شده و در بازه زمانی ۱۹۹۹ تا ۲۰۰۶ محاسبه نمودند .سپس آن ها درگام دوم با استفاده از مدل توبیت اثرات متغیرهای مهم را بر کارایی فنی صنایع مورد ارزیابی قرار دادند نتایج بیانگر نقش مهم متغیرهای ثبات سهام صنایع در بورس توکیو و سرمایه گذاری خارجی در تشریح کارایی فنی بود .بنابراین راهکار ارائه شده برای بهبود کارایی، افزایش سرمایه گذاری خارجی از طریق جذب سرمایه گذار و برقراری تعادل بین سهم های قبلی و سهم های ایجاد شده توسط سرمایه گذاران جدید است.

هانگ وو و همکاران (۲۰۱۱) به بررسی اثر چند متغیر اقتصادی بر کارایی انرژی شهر تیانجین در بین سال های ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۸ پرداختند. کارایی انرژی با استفاده از مدل CCR محاسبه شده و از رگرسیون توبیت برای تخمین اثر متغیرها استفاده شده است .نتایج نشان می دهد که متغیرهایی مانند ساختار اقتصادی، پیشرفت تکنولوژی، عوامل سازمانی، قدرت دولت و درجه باز بودن تجاری بر کارایی تأثیرگذار هستند. سانکو و همکاران (۲۰۱۱) برای محاسبه کارایی پتانسیل ذخیره سازی انرژی و همچنین کاهش انتشار گاز co2 در کارخانه های WWTPs واقع در اسپانیا از تحلیل پوششی داده های غیر شعاعی استفاده کرده اند. همچنین متغیر های مختلف عملیاتی در کارایی انرژی را بررسی نموده اند. نتایج این بررسی ها بیانگر پایین بودن سطح کارایی انرژی در این کارخانجات می باشد و تنها ۱۰درصد از این مجموعه کارا شناخته شده اند. لذا با کمی سازی پتانسیل ذخیره سازی انرژی از نقطه نظراقتصادی و انتشار گاز کربن دی اکسید به بهبود کارایی در این کارخانجات پرداخته اند. ژو و همکاران (۲۰۱۷) برای کمک به ارزیابی کارایی ذخیره انرژی منطقه ای و کاهش انتشار آلودگی محیط زیست در ۳۰ منطقه چین در ابتدا سیستمی جهت نشان دادن سنجش خروجی ها و ورودی های انتخابی ایجاد نمودند، سپس برای اندازه گیری کارایی ذخیره سازی انرژی منطقه ای و کاهش انتشار آلودگی زیست محیطی از تحلیل پوششی داده های بهبود یافته براساس متغیر کمبوداستفاده کرده اند. نتایج این پژوهش پایین بودن سطح کارایی ذخیره سازی انرژی و سطح کارایی کاهش انتشار آلودگی را نشان می دهد. ریلونگ فای و همکاران (۲۰۱۷) مدل تابع فاصله جهت دار غیرشعاعی را برای براورد کارایی یکپارچه ورودی ها- خروجی ها و عمل کرد واحد در مصرف انرژی و انتشار دی اکسید کربن به کار گرفتند و همچنین به بررسی پتانسیل کاهش شدت انرژی و انتشار دی اکسید کربن بخش کشاورزی چین پرداختند. وانتساز و همکاران (۲۰۱۴) جهت سنجش کارایی انرژی و محیط زیست در بخش عمومی طی سال های ۲۰۰۱ تا ۲۰۰۸ در کشورهای اروپایی از تحلیل پوششی داده های غیر شعاعی استفاده کرده اند. این پژوهش به دو بازه فرعی تقسیم شده است که در بازه زمانی ۲۰۰۱ تا ۲۰۰۶ تمامی کشت و زرع ها شامل حمایت مالی دولت است و در دوره دوم از سال ۲۰۰۷ تا ۲۰۰۸ طرح کمک مالی جدیدی بطور جداگانه پیاده سازی می شود نتایج این پژوهش کارایی انرژی را در کشورهایی مانند آلمان، سوئد و استرالیا بالاتر از سطح استاندارد نشان می دهد. مینگ شی و همکاران (۲۰۱۰) برای اندازه گیری کارایی انرژی صنایع چین و همچنین بررسی حداکثر پتانسیل ذخیره انرژی در ۲۸ ناحیه اداری چین در سال های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۶ از تحلیل پوششی داده ها استفاده کرده اند. نتایج این تحقیق نشان می دهد که بهترین کارایی در صنایع شرق چین قرار داشته و سایر ناحیه ها در سطح پایینی از کارایی قرار دارند. ژو و آنگ (۲۰۰۸) بهرووری انرژی ۲۱ کشور عضو OECD از لحاظ اقتصادی را با استفاده از مدل های مختلف تحلیل پوششی داده ها و برنامه ریزی خطی محاسبه نموده اند. در این پژوهش علاوه بر درنظر گرفتن خروجی نامطلوب، منابع مختلف انرژی به عنوان ورودی های مختلف در ارزیابی کارایی انرژی لحاظ شده است. وانگ و همکاران (۲۰۱۲) از مدل های مختلف تحلیل پوششی داده ها طی سال های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۹ در ۳۰ ناحیه چین جهت تولید چارچوبی که بیانگر خروجی مطلوب و نامطلوب باشد و همچنین برای جداسازی ورودی های انرژی و غیر انرژی استفاده کرده اند. در این تحقیق اندازه گیری کارایی انرژی و میزان انتشار آلودگی به طور یکپارچه درنظر گرفته شده است، همچنین دو رویکرد برای خروجی نامطلوب پیشنهاد و سپس با یکدیگر مقایسه شده اند، بطوریکه

در رویکرد اول انرژی به صورت تنها در نظر گرفته شده و در رویکرد بعدی به طور یکپارچه با انتشار آلودگی در نظر گرفته شده است.

وو و همکاران (۲۰۱۶) برای کاهش میزان مصرف انرژی و انتشار گاز CO_2 در بخش های صنعتی ۳۰ استان چین از رویکرد DEA جهت تخصیص این بخش ها استفاده کرده اند. ب طوریکه در گام نخست کارایی انرژی و محیط زیست را باتوجه به میزان مصرف انرژی و انتشار کربن دی اکسید ارزیابی کرده و سپس با توسعه مدل DEA وابسته به شرایط به تخصیص صنایع پرداخته اند. این پژوهش در یک دوره پنج ساله از سال ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۰ صورت گرفته است و نتایج آن بیانگر پایین بودن سطح کارایی در کلیه مناطق به جز شرق چین می باشد.

۴- نتایج

با توجه به اینکه در این پژوهش ارزیابی کارایی نیروگاه برق به لحاظ سه فاکتور اساسی عملیاتی و نگهداری، قابلیت اطمینان و بهره وری مورد بحث و بررسی قرار میگیرد، لیکن شبکه تحلیل پوششی داده های مد نظر در فصل سوم معرفی شد و روند تحلیلی پژوهش بر اساس آن انجام شده است:

با توجه به مدل سه مرحله ای ارزیابی ورودی و خروجی به هر DMU لذا موارد ورودی و خروجی در نظر گرفته شده در هر مرحله به شرح زیر است:

سطح عملیاتی و نگهداری:

هزینه گاز و کازوییل مصرفی: شاخص ورودی در نظر گرفته شده برای مولفه های سطح عملیاتی و نگهداری مربوط به مواد اولیه مصرفی برای تولید انرژی می باشد که در این بخش راندمان نیروگاه ها مورد بررسی قرار خواهد گرفت که بر اساس سوخت گاز و گازوییل مصرف شده توان خورجی مورد بررسی قرار گیرد.

هزینه های مواد مصرفی و غیره: هزینه های در نظر گرفته شده در این بخش جز هزینه های بالاسری یا نرخ سربار تولید می باشد که در این بخش به بحث و بررسی آن پرداخته می شود.

امتیاز نیروی انسانی: خروجی های مرحله مربوط به بخش عملیاتی و مگهداری مربوط به امتیاز نیروی انسانی در تحلیل عملکردی نیروگاه می باشد که بر اساس ارزیابی سطح عملکردی بدست آمده است.

خروجی برنامه ریزی نشده: سطح عملکردی برنامه ریزی نشده نیروگاه ها بصورت خروجی نا مطلوب در نظر گرفته شده است که در این ارزیابی مهمترین فاکتور اجرایی در نظر گرفته شده است.

سطح قابلیت اطمینان دسترسی

آب مصرفی صنعتی: در این بخش آب مصرفی در نیروگاه ها بررسی و تحلیل می شود که سطح آب مصرفی مورد ارزیابی و تحلیل قرار گرفته و میزان آب مصرفی اندازه گیری می شود که در سیکل تولید انرژی و خنک سازی نیروگاه ها استفاده می شود.

مولفه های اجتماعی: میزان و تعداد اشتغال ایجاد شده در زنجیره تامین مبنای محاسبه این شاخص معرفی شده است.

تولید انرژی: میزان انرژی تولید شده توسط نیروگاه ها مورد ارزیابی و تحلیل قرار خواهند گرفت که سطح انرژی تولید شده برای هر نیروگاه محاسبه و تحلیل می شود.

درصد آماده بکار بودن: در این بخش درصد آماده بودن نیروگاه ها برای تولید انرژی ارزیابی می شوند.

سطح بهره وری:

درآمد: میزان درآمد حاصل از فروش انرژی هر نیروگاه محاسبه می شود.

نرخ گرما: در این بخش سطح تولید گرمای حاصل از تولید انرژی محاسبه و تحلیل می شوند که این مولفه نیز بصورت اثر نامطلوب بررسی شده است.

مقدار تولید NOX: میزان ناکس تولید شده توسط نیروگاه ها که اثار مخرب بر روی محیط زیست دارد بعنوان خروجی نامطلوب در نیروگاه مورد ارزیابی و تحلیل قرار خواهند گرفت

با توجه به ارائه مدل شبکه ای سه مرحله ای ارزیابی کارایی نیروگاه های برق در این بخش به ارزیابی ۳۰ نیروگاه تولیدی انرژی پرداخته خواهد شد که بر اساس مولفه های معرفی شده داده های مورد نیاز جمع اوری شده است.

اطلاعات جمع اوری شده در سطح عملیاتی و نگهداری:

جدول ۱. اطلاعات مربوط به سطح عملیاتی و نگهداری

	ورودی سطح		خروجی سطح	
اختصار	هزینه M&O	استارت	نیروی انسانی	خروج برنامه‌ریزی
	یورو	تعداد	امتیاز	ساعت
DMU1	1,409,222	79	710	6
DMU2	548,156	182	704	104
DMU3	680,807	126	693	173
DMU4	1,155,235	16	630	63
DMU5	855,316	5	645	36
DMU6	1,217,325	141	690	79
DMU7	1,718,829	12	693	8
DMU8	1,026,688	15	640	175
DMU9	543,731	46	625	170
DMU10	870,111	26	563	886
DMU11	993,837	8	614	183
DMU12	331,210	99	603	2
DMU13	1,021,765	11	594	205
DMU14	920,449	14	617	55
DMU15	639,238	5	537	3244
DMU16	895,162	14	671	317
DMU17	1,194,027	11	680	388
DMU18	825,601	70	474	175
DMU19	1,239,545	17	590	92
DMU20	506,400	40	602	388
DMU21	730,741	4	512	299
DMU22	795,412	8	620	199
DMU23	677,213	85	527	88
DMU24	262,227	290	552	166
DMU25	615,648	356	530	175
DMU26	715,871	7	558	201
DMU27	455,760	36	542	392
DMU28	1,115,590	15	531	93
DMU29	805,646	13	604	320
DMU30	298,089	89	543	2

اطلاعات جمع آوری شده در سطح دسترسی و قابلیت اطمینان

جدول ۲. اطلاعات جمع آوری شده در سطح دسترسی و قابلیت اطمینان

	ورودی سطح			خروجی سطح	
اختصار	آب مصرفی	نیروی انسانی	برنامه‌ریزی نشده	تولید خالص	آماده بکار بودن
	لیتر	امتیاز	ساعت	گیگاوات ساعت	درصد
DMU1	9,583	710	6	575.13	96.68%
DMU2	13,667	704	104	413.63	97.81%
DMU3	3,500	693	173	554.78	92.17%
DMU4	3,583	630	63	581.96	92.91%
DMU5	9,718,731	645	36	915.66	98.41%
DMU6	26,681	690	79	495.29	97.61%
DMU7	17,575,000	693	8	811.43	96.16%
DMU8	9,933,333	640	175	824.90	95.00%
DMU9	12,147,375	625	170	795.25	96.27%
DMU10	-	563	886	123.09	88.19%
DMU11	9,931,500	614	183	953.02	95.67%
DMU12	15,167	603	2	556.90	96.15%
DMU13	13,893,333	594	205	876.47	94.82%
DMU14	16,685,333	617	55	906.43	96.52%
DMU15	2,200	537	3244	97.97	85.00%
DMU16	22,214,111	671	317	638.02	84.39%
DMU17	44,166,833	680	388	752.78	86.67%
DMU18	53,700	474	175	628.86	97.00%
DMU19	32,409,667	590	92	785.05	95.36%
DMU20	24,190,785	602	388	795.49	92.11%
DMU21	599,814,250	512	299	1,172.03	83.31%
DMU22	51,332,237	620	199	704.33	91.89%
DMU23	4,675	527	88	626.11	97.30%
DMU24	3,667	552	166	916.53	92.67%
DMU25	4,250	530	175	569.19	96.00%
DMU26	46,199,013	558	201	633.89	90.97%
DMU27	21,771,707	542	392	715.94	91.19%
DMU28	29,168,700	531	93	706.54	94.41%
DMU29	19,992,700	604	320	574.22	83.55%

	ورودی سطح				خروجی سطح	
اختصار	آب مصرفی	نیروی انسانی	برنامه‌ریزی نشده	تولید خالص	آماده بکار بودن
	لیتر	امتیاز	ساعت	گیگاوات ساعت	درصد
DMU30	13,650	543	2	501.21	95.19%

با توجه به ارزیابی و تحلیل کارایی نیروگاه های تولید انرژی، در این بخش پیشنهادات بهبود به به این نیروگاه ها جهت رسیدن به مرز کارایی و بهبود کارایی ارائه می‌شود که موارد به شرح ذیل است:

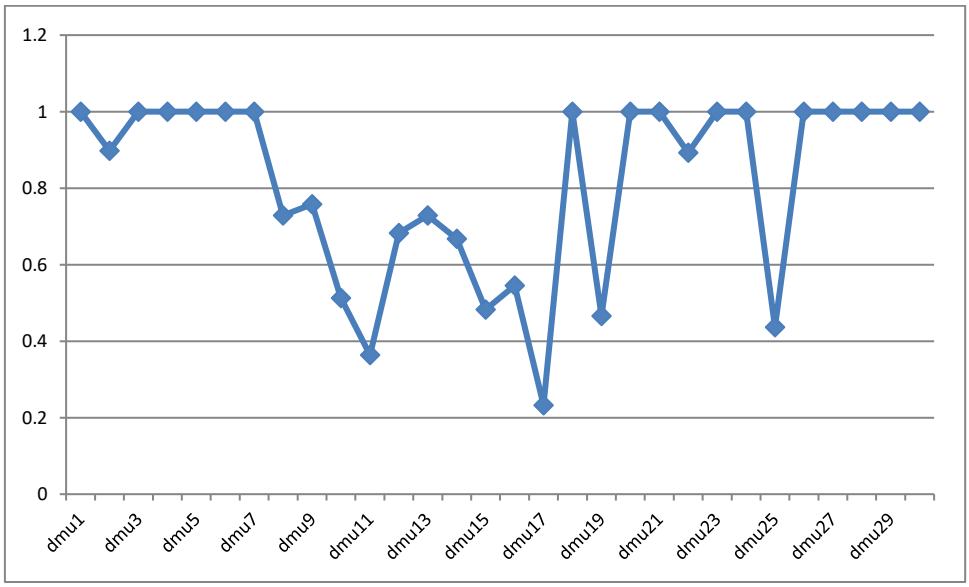
جدول ۳. ارزیابی کارایی مؤثر

DMU	TET(U)1	TET(L)2	TET(L)3	TET(U)2	TET(L)1	TET(L)3	E1	E2	E3	TETA
1	1	۱	1	۱	1	1	۱	۱	1	۱
2	0.9786	۱	1	0.8975	1	1	0.8979	۱	1	0.9850
3	1	۱	1	۱	1	1	۱	۱	1	۱
4	1	۱	1	۱	1	1	۱	۱	1	۱
5	1	۱	1	۱	1	1	۱	۱	1	۱
6	1	۱	1	۱	1	1	۱	۱	1	۱
7	1	۱	1	۱	1	1	۱	۱	1	۱
8	0.95069	0.466		0.495	0.00019	0.659	0.7284	0.1375	0.34566	۰.۹۳۹۸
9	0.87367	۱	1	0.944	1	1	0.7577	۱	1	0.71182
10	0.52849	۱	1	0.728	1	1	0.51255	۱	1	0.27845
11	0.3641	۱	1	1	1	1	0.3641	۱	1	0.34525
12	0.78364	۱	1	0.405	1	1	0.6821	۱	1	0.27369
13	0.95069	۱	1	0.495	1	1	0.7284	۱	1	0.10016
14	0.93782	۱	1	0.591	1	1	0.6676	۱	1	0.09317
15	0.48224	۱	1	1	1	1	0.4822	۱	1	0.14745
16	0.69129	0.533	0.69129	0.659	0.10129	0.606	0.5451	0.24152	0.894	۰.۹۹۷۵
17	0.23269	0.501	0.23269	0.606	0.00036	0.917	0.2326	0.55409	0.463	۰.۹۳۹۵
18	1	۱	1	۱	1	1	۱	۱	1	۱
19	0.55255	0.765		1	0.12703		0.4659	0.38535	0.54512	۰.۹۹۴۸
20	1	۱	1	۱	1	1	۱	۱	1	۱
21	1	۱	1	۱	1	1	۱	۱	1	۱
22	1	0.754		0.894	0.00064		0.8928	0.34568	0.8946	۰.۹۹۳۹
23	1	۱	1	1	1	1	1	1	0.463	۱
24	1	۱	1	1	1	1	1	1	0.785	۱
25	0.45128	0.966	0.765	0.967	0.00007	0.34566	0.4364	0.42489	1	۰.۷۹۸۶
26	1	1	1	1	1	1	1	1	1	۱
27	1	1	1	1	1	1	1	1	1	۱

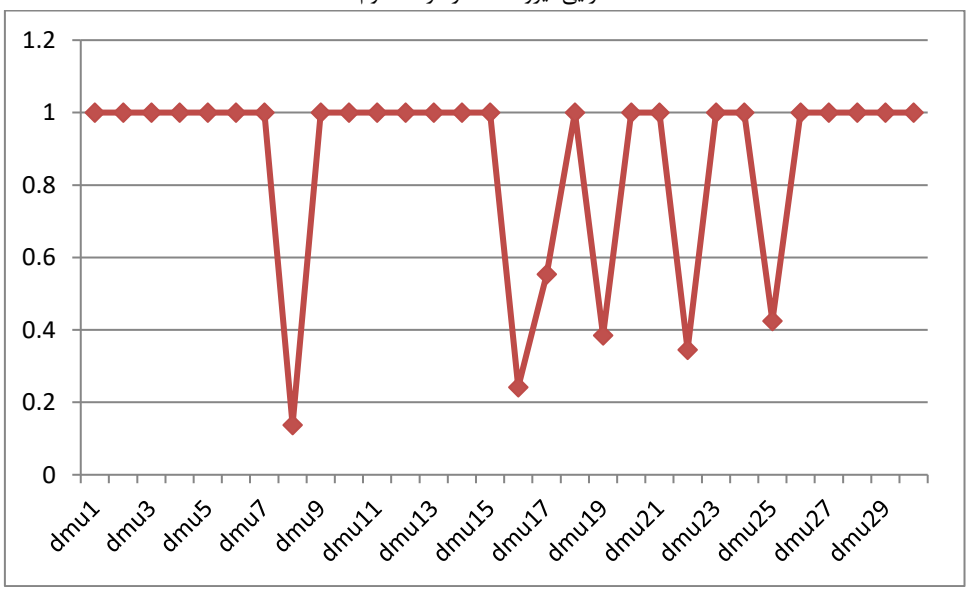
DMU	TET(U)1J	TET(L)2J	TET(L)3J	TET(U)2J	TET(L)1J	TET(L)3J	E1	E2	E3	TETA
28	1	1	1	1	1	1	1	1	1	۱
29	1	1	1	1	1	1	1	1	1	۱
30	1	1	1	1	1	1	1	1	1	۱

همانطور که در جدول ۳ ملاحظه می شود، در تحلیل انجام شده از میان ۳۰ نیروگاه تولید کننده برق، در مرحله اول تعداد ۱۶ نیروگاه در مرز کارایی قرار گرفته و در مرحله دوم ارزیابی نیز ۲۴ نیروگاه بهره وری مناسبی داشته و در مرز کارایی قرار گرفتند و همچنین در مرحله سوم نیز ۲۳ نیروگاه در مرز کارایی قرار گرفته و در کارایی کل ارزیابی شده نشان داده شد که ۱۶ کارایی در سه مرحله ارزیابی در استفاده از منابع و تولید انرژی کارایی بسیار زیادی برخوردار بودند که ارزیابی کارایی در سه مرحله به شرح شکل زیر می باشد.

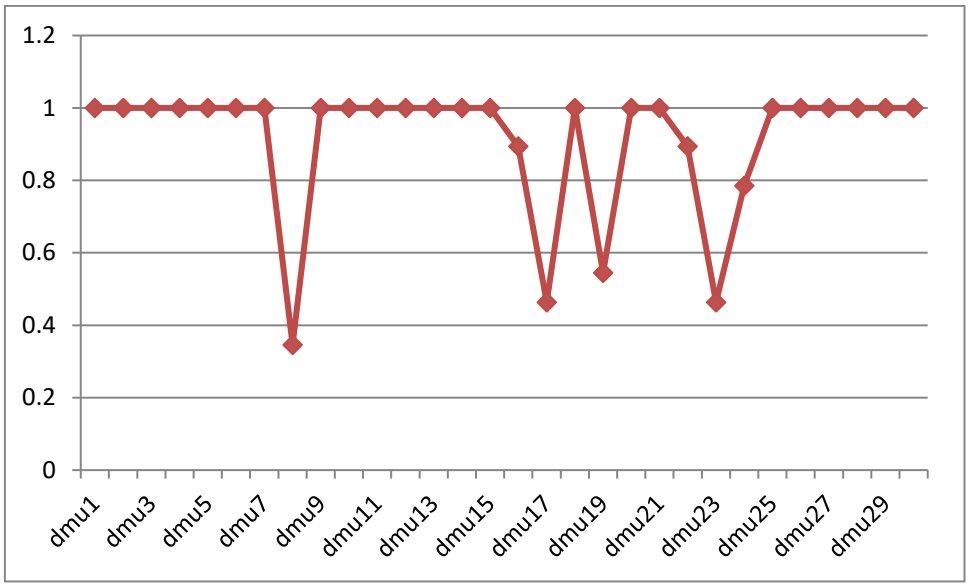
کارایی مرحله اول



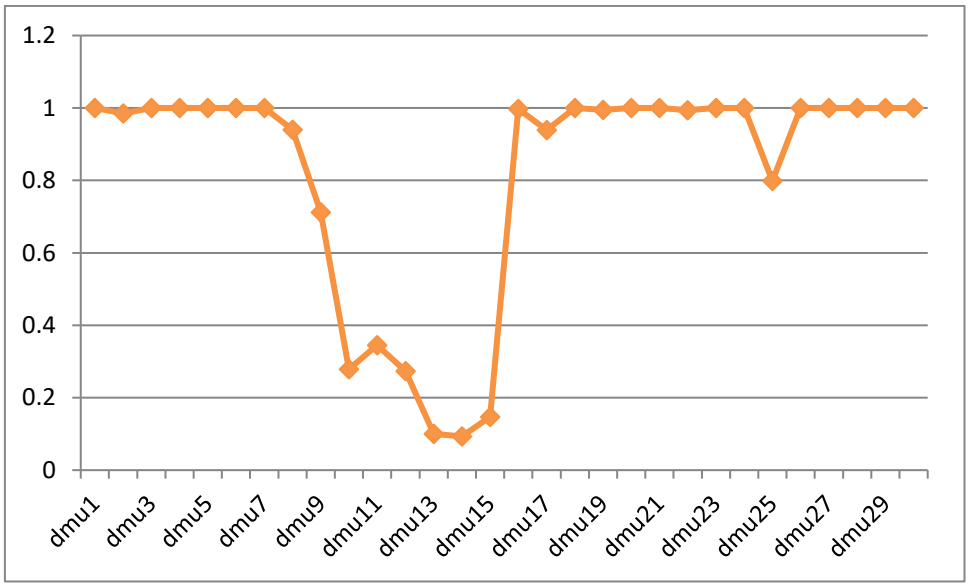
کارایی نیروگاه ها در مرحله دوم



کارایی مرحله سوم:



کارایی کل



همچنین با توجه به تحلیل حساسیت انجام شده بر روی ورودی ها و خروجی های کل، مقادیر بهینه ورودی و خروجی برای هر نیروگاه به شرح ذیل ارزیابی شده است:

مقادیر مطلوب همان مقادیر بهینه ورودی ها و خروجی ها هستند. جداول زیر به ترتیب مقادیر واقعی ورودی¬ها و مقادیر بهینه (هدف)آن‌ها را نشان می‌دهد.

مقادیر مطلوب (ورودی)

	Input1	*Input2*	*Input3*	*Input4*
DMU1	196123048	140922	79	9583
DMU2	137654040	548156	182	13667
DMU3	192236295	680807	126	3500
DMU4	182914771	115523	16	3583
DMU5	203931356	855316	5	9718731
DMU6	168810861	121732	141	26681
DMU7	188104886	171882	12	1757500
DMU8	195483996	102668	8.005	9933333
DMU9	188701885	543731	46	1214737

	Input1	*Input2*	*Input3*	*Input4*
DMU10	53490236	870111	26	9933333
DMU11	209322687	993837	8	9931500
DMU12	185046378.6	331210	99	15167
DMU13	193056231	102176	11	1389333
DMU14	202427449	920449	14	1668533
DMU15	32658762	639238	5	2200
DMU16	145868802	895162	13.05	2221411
DMU17	174232961	110269	10.352	4416683
DMU18	203024551	825601	70	53700
DMU19	174026047	115564	15.147	3240966
DMU20	204943705	506400	40	2419078
DMU21	136635701	730741	4	6E+08
DMU22	163898454	795412	8	4501066
DMU23	212743720	677213	85	4675
DMU24	242390829	262227	290	3667
DMU25	193403382	607112.	208.199	4250
DMU26	147508608	715871	7	4619901
DMU27	184449334	455760	36	2177170
DMU28	156623442	111559	15	2916870
DMU29	131281922	805646	13	1999270
DMU30	166550876	298089	89	13650

مقادیر واقعی و بهینه خروجی¬ها به ترتیب در جداول زیر آمده است.

مقدار مطلوب (خروجی)

	Output1	*Output2*	*Output3*	*Output4*	*Output5*	*Output6*	*Output7*
DMU1	710	6	575.13	17996069	11014	50	0.97
DMU2	704	104	413.63	2035793	10489	32	0.98
DMU3	693	173	554.78	2360730	11019	35	0.92
DMU4	630	63	581.96	2476400	11030	40	0.93
DMU5	645	36	915.66	3058566	7441	38	0.98
DMU6	690	79	495.29	16996287	10791	53	0.98
DMU7	693	8	811.43	19995632	7441	101	0.96
DMU8	680.985	896.66	877.72	3311189	9246.9	55.183	1.064
DMU9	625	170	795.25	2036113	8000	180	0.96
DMU10	563	886	123.09	1496611	10536	152	0.88
DMU11	614	183	953.02	3183385	7312	50	0.96
DMU12	603.056	2.344	556.9	2740972	12959.	44.428	1.055
DMU13	594	205	876.47	2927678	6930	124	0.95
DMU14	617	55	906.43	12014510	7215	95	0.97

	Output1	*Output2*	*Output3*	*Output4*	*Output5*	*Output6*	*Output7*
DMU15	537	3244	97.97	1984898	11407	50	0.85
DMU16	672.622	589.766	639.562	2123591	9167.448	168.406	0.954
DMU17	723.774	1568.302	801.239	3277947	10980.93	106.437	1.15
DMU18	474	175	628.86	1984898	12249	53	0.97
DMU19	593.055	145.325	789.114	2191696	8009.361	202.041	1.008
DMU20	602	388	795.49	1832502	9119	49	0.92
DMU21	512	299	1172.03	1945200	11180	41	0.83
DMU22	623.745	393.726	708.584	2161110	8953.331	100.604	1.006
DMU23	527	88	626.11	7278020	10420	47	0.97
DMU24	552	166	916.53	1357195	10560	43	0.93
DMU25	735.9	2156.184	712.723	2485431	14750.13	62.411	1.202
DMU26	558	201	633.89	1791779	7980	105	0.91
DMU27	542	392	715.94	1649251	9127	54	0.91
DMU28	531	93	706.54	1832502	7425	206	0.94
DMU29	604	320	574.22	1755944	7964	173	0.84
DMU30	543	2	501.21	2466875	11670	40	0.95

همانطور که در جداول بالا نشان داده شد، نیروگاهایی که به لحاظ کاربردی خود دچار عدم کارایی مناسب بودند، میزان ورودی و خروجی مطلوب برای قرار گیری در مرز کارایی آنها مشخص شد و نیاز است تا برنامه ریزی های دقیقی در این حیطه برای نیروگاه ها انجام شود تا از مازاد ورودی ها جلوگیری شده و به خروجی برنامه ریزی شده برای هر نیروگاه دست یابی شود.

۵- نتیجه گیری

برق یکی از مهمترین انرژی‌های پاک است که می‌تواند در یک اقتصاد در حال توسعه مانند اقتصاد ایران نقش به‌سزایی داشته باشد. انرژی برق یکی از ورودی‌های تولید هر کشوری است و رشد بلندمدت بسیاری از کشورها به توانایی نیروگاه‌های آن‌ها در عرضه‌ی کارآمد برق بستگی دارد. در ایران نیروگاه‌های متعددی در سراسر کشور وجود دارد، با این‌وجود در برخی مناطق و دوره‌های زمانی، تولید این نیروگاه‌ها قادر به تأمین کامل برق مصرفی کشور نیست. شایان ذکر است که منابع مالی لازم برای تأسیس یک نیروگاه جدید، بسیار کلان بوده و هزینه بهره‌برداری، تعمیر، نگهداری و تأمین قطعات یدکی آن نیز سالانه مبالغ هنگفتی را به چرخه اقتصاد کشور تحمیل می‌کند. لذا استفاده بهینه از ظرفیت تولید نیروگاه‌های موجود و رساندن آن‌ها به بالاترین سطح کارایی و بهره وری ممکن، از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است. محاسبه میزان کارایی این نیروگاه‌ها و اقدام به رتبه‌بندی آن‌ها به ترتیب از کاراترین به ناکاراترین می‌تواند کمک شایانی به اتخاذ تصمیمات درست و سازنده در سطح کلان مدیریتی و در نتیجه بهبود بهرهوری نیروگاه‌ها بنماید. برای محاسبه کارایی از روش های مختلفی می‌توان استفاده کرد که تحلیل پوششی داده‌ها یک روش پرکاربرد در میان آن‌ها است. از این رو در این پژوهش جهت ارزیابی کارایی نیروگاه های تولید انرژی برق، از رویکرد روش تحلیل پوششی داده های شبکه ای استفاده شد. در ارزیابی کارایی انجام شده در مرحله اول مولفه های عملیاتی و نگهداری نیروگاه ها ارزیابی شدند و در مرحله دوم قابلیت اطمینان مورد ارزیابی و تحلیل قرار گرفتند که نشان داده شد از ۳۰ نیروگاه برق ارزیابی شده بر اساس عامل هار دو مرحله ای شناسایی شده تعداد ۲۴ نیروگاه کارا هستند. با توجه به نتایج بدست آمده در این پژوهش پیشنهاد می گردد از رویکرد روش تحلیل پوششی داده های شبکه ای فازی و استوار در تحلیل کارایی نیروگاه ها استفاده گردد یا از مدل ادغامی تحلیل پوششی داده ها و تئوری بازی در ارزیابی و تحلیل کارایی نیروگاه ها جهت ارزایبی بهتر بهره گیری شود.

مراجع

رنجبران, پریسا؛ حسین یوسفی؛ گیورگ قره پتیان و فاطمه راضی آستارایی، ۱۳۹۸، مروری بر مطالعات و تحقیقات انجام شده در زمینه تولید انرژی الکتریکی با سیستم های خورشیدی شناور در دنیا، دوفصلنامه انرژی های تجدید پذیر و نو

صدرنیا, حسن؛ مهدی خجسته پور؛ حسن عاقل و عباس سعیدی رشک علیا، ۱۳۹۶، تجزیه و تحلیل سهم نهاده های مختلف و تعیین شاخص های انرژی در تولید مرغ گوشتی شهرستان مشهد، دوفصلنامه ماشین های کشاورزی

شاهرودی, کامبیز؛ محمد طالقانی؛ محمدرضا خسروی و روزا طاعتی، ۱۳۹۶، بررسی و مقایسه کارایی صنعت برق ایران به روشهای شبکهای و معمولی تحلیل پوششی دادهها، دهمین کنفرانس بین المللی اقتصاد و مدیریت، رشت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد رشت

خسروی, محمدرضا و فاطمه یوسف نژاد، ۱۳۹۶، بکارگیری مدلهای شبکهای و معمولی تحلیل پوششی دادهها DEA به منظور بررسی و مقایسه کارایی صنعت برق ایران، دومین کنفرانس ملی مدیریت مهندسی، آستانه اشرفیه، موسسه آموزش عالی مهرآستان گیلان

رحیمی, مینا و مهرزاد نوابخش، ۱۳۹۶، ارزیابی عملکرد فعالیتهای نفتی با استفاده از مدل تحلیل پوششی داده ها، نهمین کنفرانس ملی تحلیل پوششی داده ها، بجنورد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بجنورد

فخارزاده, علیرضا؛ علیرضا مختار؛ طاهره شجاعی و فاطمه جوزن، ۱۳۹۶، بررسی مدلهای ریاضی دارای خروجی نامطلوب در ارزیابی کارایی انرژی، نهمین کنفرانس ملی تحلیل پوششی داده ها، بجنورد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بجنورد

لیلی دامغانی, کاوه؛ حسین دیده خانی؛ آرزو گازری نیشابوری و سارا شراهی، ۱۳۹۶، ارایه یک مدل تحلیل پوششی داده های چند دوره ای با در نظر گرفتن الگوهای تخصیص منابع (مورد مطالعه: ارزیابی کارایی انرژی مصرفی (تولید پنبه در کشور ایران)، نهمین کنفرانس ملی تحلیل پوششی داده ها، بجنورد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بجنورد

ناظمی, علی؛ فاطمه اسدیان نیا و فاطمه کریمی دهکردی، ۱۳۹۶، ارزیابی کارایی در سرمایه گذاری انرژی های تجدیدپذیر برای تولید برق در ایران مبتنی بر تحلیل پوششی داده ها، دومین همایش بین المللی افق های نوین در علوم مدیریت و حسابداری، اقتصاد و کارآفرینی ایران، تهران، انجمن افق نوین علم و فناوری

عبدپور, علیرضا؛ یوسف عباسپور و میلاد پرویزی، ۱۳۹۵، مصرف بهینه انرژی در گلخانه های سبزی و صیفی استان فارس با رویکرد مصرف بهینه آب با استفاده از روش تحلیل پوششی داده ها، اولین همایش ملی یافته های نوین در علوم کشاورزی، محیط زیست و منابع طبیعی پایدار، کرمان، همایش گستران

رحمتی, مهرداد و هادی شیرویه زاد، ۱۳۹۵، بررسی کارایی مصرف انرژی در ایران و کشورهای مختلف جهان با استفاده از تحلیل پوششی دادهها، سومین کنفرانس ملی توسعه علوم مهندسی، مازندران -تنکابن، موسسه آموزش عالی آیندگان

پاینده, زهرا و کامران خیرعلی پور، ۱۳۹۵، بررسی کارایی انرژی مرغداریهای مرغ گوشتی به روش تحلیل پوششی دادهها، مطالعه موردی: شهرستانهای اصفهان، نائین و نجف آباد، دهمین کنگره ملی مهندسی ماشین های کشاورزی (بیوسیستم) و مکانیزاسیون ایران، مشهد، دانشگاه فردوسی مشهد

توانگر, فهیمه؛ پرویز حاجیانی و رضا روشن، ۱۳۹۵، اندازهگیری و مقایسه کارایی انرژی کل عوامل بخش صنعت با استفاده از روش تحلیل پوششی داده ها، سومین کنفرانس بین المللی مدیریت و اقتصاد، تربت حیدریه، دانشگاه تربیت حیدریه

سرخیل, حمید؛ نعمت الله خراسانی و مهیار حبیبی راد، ۱۳۹۵، تحلیل کارایی و بهره وری طرح های کلان انرژی ومحیط زیست با استفاده ازروشهای تحلیل پوششی داده هاDEA، فصلنامه بین المللی مهندسی صنایع و مدیریت تولید

حسین زاده بندبافها, هما؛ داریوش صفرزاده و ابراهیم احمدی، ۱۳۹۴، تعیین انرژی مصرفی بهینه و میزان کاهش گازهای گلخانهای ناشی از مصرف بهینهانرژی در واحدهای پرورش گوساله با استفاده از تحلیل پوششی داده ها، سومین همایش سراسری کشاورزی و منابع طبیعی پایدار، تهران، موسسه آموزش عالی مهر اروند، گروه ترویجی دوستداران محیط زیست

سپهردوست, حمید و سیده لیلا رضوی مجد، ۱۳۹۴، سنجش کارایی مصرف انرژی در بخش صنعت ایران با استفاده از تحلیل پنجرهای و پوششی دادهها، کنفرانس جامع و بین المللی اقتصاد مقاومتی، بابلسر، شرکت پژوهشی صنعتی طرود شمال

قاسمی فر, محمد؛ محمدرضا صحتی و علی مصطفایی پور، ۱۳۹۴، اولویت بندی شهر های استان یزد جهت بکارگیری انرژی خورشیدی، کنفرانس بین المللی فناوری و مدیریت انرژی، تهران -پژوهشگاه نفت، انجمن انرژی ایران

Taskin, F., & Zaim, O. (2001). The role of international trade on environmental efficiency: a DEA approach. Economic Modelling, 18(1), 1-17.

Sueyoshi, T., Goto, M., & Omi, Y. (2010). Corporate governance and firm performance: Evidence from Japanese manufacturing industries after the lost decade. European Journal of Operational Research, 203(3), 724-736.

Hongwu, W., Xiaoli, H., & Junhai, M. (2011). The analysis of the energy efficiency and its influence factors in TianJin. Energy Procedia, 5, 1671-1675.

Hernández-Sancho, F., Molinos-Senante, M., & Sala-Garrido, R. (2011). Energy efficiency in Spanish wastewater treatment plants: a non-radial DEA approach. Science of the Total Environment, 409(14), 2693-2699.

Guo, X., Zhu, Q., Lv, L., Chu, J., & Wu, J. (2017). Efficiency evaluation of regional energy saving and emission reduction in China: A modified slacks-based measure approach. Journal of Cleaner Production, 140, 1313-1321.

Fei, R., & Lin, B. (2017). The integrated efficiency of inputs–outputs and energy–CO2 emissions performance of China's agricultural sector. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 75, 668-676.

Vlontzos, G., Niavis, S., & Manos, B. (2014). A DEA approach for estimating the agricultural energy and environmental efficiency of EU countries. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 40, 91-96.

Shi, G. M., Bi, J., & Wang, J. N. (2010). Chinese regional industrial energy efficiency evaluation based on a DEA model of fixing non-energy inputs. Energy policy, 38(10), 6172-6179.

Zhou, P., & Ang, B. W. (2008). Linear programming models for measuring economy-wide energy efficiency performance. Energy Policy, 36(8), 2911-2916.

Wang, K., Wei, Y. M., & Zhang, X. (2012). A comparative analysis of China's regional energy and emission performance: Which is the better way to deal with undesirable outputs?. Energy Policy, 46, 574-584.

Wu, J., Zhu, Q., & Liang, L. (2016). CO2 emissions and energy intensity reduction allocation over provincial industrial sectors in China. Applied energy, 166, 282-291.