بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده صنایع و مدیریت

پایان‌نامه کارشناسی ارشد برنامه‌ریزی سیستم‌های اقتصادی

محاسبه تراکم در نیروگاه‌های منتخب تولید برق ایران با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها

استاد راهنما

دکتر مجتبی غیاثی

استاد مشاور

دکتر محمد فتاحی

نگارنده: **زهرا باباخانی**

شهریورماه ۱۳۹۸

تقدیم به پدر و مادرم

تعهد نامه

اینجانب **زهرا باباخانی** دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته برنامه ریزی سیستم‌های اقتصادی دانشکده صنایع و مدیریت دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان‌نامه **محاسبه تراکم در نیروگاه‌های منتخب تولید برق ایران با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها** تحت راهنمائی دکتر مجتبی غیاثی متعهد می شوم.

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهش‌های محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که از موجود زنده (یا بافت‌های آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.

ددر کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است.

تاریخ **امضای دانشجو**

مالکیت نتایج و حق نشر

کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه‌های رایانه‌ای، نرم افزارها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.

استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان‌نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی‌باشد.

چکیده

در این پایان نامه، ارزیابی عملکرد ۱۵نیروگاه منتخب تولید برق کشـور از نقطه نظر تراکم بررسـی می‌شـود. پس از مروری بر تحلیل پوشـشـی داده‌ها، تعریف تراکم و مدل‌های اندازه گیری تراکم بررسـی می‌شـود و در پایان به بررسـی کارایی نیروگاه‌های منتخب تولید برق ایران و محاسـبه تراکم موجود در این بخش می پردازیم. طبق یافته های به دسـت آمده در زمینه تراکم نیروی انسـانی بالاترین تراکم متعلق به نیروگاه تولید برق هرمزگان اسـت و یزد با ۹ درصـد تراکم کم ترین مقدار تراکم را داراسـت. همچنین در تراکم انرژی مازندران با ۵۸ درصـد تراکم دارای بالاترین تراکم در واحد انرژی اسـت و در مقابل، یزد با مقدار ۱۷ درصـد کم‌ترین مقدار تراکمی را دارا می‌باشـد. در یک بررسـی کلی از نتایج جدول ملاحظه می گردد که از بین ۱۵ نیروگاه تولید برق تنها یک نیروگاه، آن هم به طور نسبی دارای کارایی است.

واژه‌های کلیدی: تحلیل پوششی داده‌ها، تراکم، ناکارایی، نیروگاه برق.

مقدمه

از دیرباز انرژی برای جوامع بشری اهمیت ویژه ای داشته است. در سال‌های اخیر که تکنولوژی و پیشرفت صنعتی جایگاه نخست را در زندگی مادی انسان‌ها احراز نموده، این اهمیت به نحو بسیار بارزتری تجلی کرده است و انرژی به ویژه انرژی برق همچون خون در شاهرگ حیات اقتصادی کشورهای مختلف تلقی می‌گردد.

نیروی برق را می‌توان به نوک پیکان رشد وتوسعه صنعتی بخش‌های مختلف تشبیه کرد. این امر بدیهی است که علاوه بر مصارف روشنایی و خانگی وسایل الکتریکی، وسایل و تجهیزات کارخانه ها وشبکه های ارتباطی و رایلنه ای همه و همه از برق به عنوان انرژی، جهت فعالیت‌های خود استفاده می‌کنند. در دنیای بدون برق صرفا می‌توان در تاریکی مطلق خواب رشد و توسعه را دید.

آن‌چه در صنعت برق همواره مورد توجه بوده است بهره برداری بهینه وکارایی اقتصادی می‌باشد و در صنعت برق افزایش قیمت مواد سوختی، رشد سریع جمعیت وافزایش شدت مصرف انرژی[1] به اهمیت آن در این بخش افزوده است.

کوشش‌های انسان همواره معطوف به آن بوده است که حداکثر استفاده را از حداقل امکانات به دست آورد که این تمایل را می‌توان دستیابی به کارایی وبهره وری بالاتر نامید. بهره وری مفهومی جامع و در برگیرنده کارایی است که افزایش آن به منظور ارتقای سطح زندگی، رفاه، آرامش وآسایش انسان‌ها همواره مورد نظر دست اندرکاران سیاست و اقتصاد بوده است به طوری‌که برخی دوام و ثبات نظام سیاسی و اقتصادی را موکول به بهره وری و کارایی دانسته اند.

نیروی برق را می‌توان به صورت‌های مختلف در نیروگاه‌ها تولید نمود. انواع نیروگاه‌ها عمدتا شامل نیروگاه‌های اتمی، آبی و حرارتی می‌باشد که نیروگاه حرارتی مهم‌ترین تولیدکننده نیروی برق در ایران محسوب می‌شود.

[1] میزان مصرف انرژی به ازای مقدار معینی تولید(Energy Intensity)

طبق آمار تفصیلی صنعت برق سازمان توانیر حدود ۹۲/۵۳٪ از تولید برق کشور را در سال ۱۳۹۶ به خود اختصاص داده است. در این پایان نامه با توجه به سهم نیروگاه‌های حرارتی در تولید برق کشور تنها به بررسی این نیروگاه‌ها پرداخته می‌شود. حال نیروگاه‌های برق به عنوان تولید کننده ی انرژی الکتریسیته که منابع بسیاری را به خود اختصاص می‌دهد، تا چه حد توانسته است برای تولید برق از نهاده ی کم‌تری استفاده نماید؟

در این مطالعه سعی بر این است تا با استفاده از مفهوم تراکم، که یکی از مباحث مهم در تحلیل پوششی داده‌ها[1](DEA) است به تحلیل کارایی و بهره وری و سنجش تراکم منابع از دست رفته بپردازیم.

[1]Data Envelopment Analysis

فهرست

فصل اول ۱

۱-۱) مقدمه ۲

۱-۲) ضرورت انجام تحقیق ۲

۱-۳) اهداف تحقیق ۳

۱-۴)نوآوری ۳

۱-۵) سوالهای پایان نامه ۴

۱-۶) قلمرو موضوعی: زمانی، مکانی ۴

۱-۷) فرضیه های تحقیق ۴

فصل دوم ۵

۲-۱) مقدمه ۶

۲-۲) ادبیات موضوع ۶

۲-۳) نیروگاههای حرارتی ایران ۷

۲-۳-۱) نیروگاههای دیزلی ۷

۲-۳-۲) نیروگاههای توربین بخاری ۸

۲-۳-۳) نیروگاههای توربین گاز ۹

۲-۳-۴) نیروگاههای سیکل ترکیبی ۱۰

۲-۴) سهم تولید از نیروگاههای مختلف تولید برق ایران در سال ۱۳۹۶ ..... ۱۰

۲-۵) سوخت مصرفی نیروگاههای مختلف تولید برق ایران در سال ۱۳۹۶ ..... ۱۰

۲-۶) پیشینه تحقیق: ۱۰

۲-۶-۱) مطالعات داخلی: ۱۱
۲-۶-۲) مطالعات خارجی: ۱۴
۲-۷) نتیجه گیری: ۱۷
فصل سوم ۱۹
۳-۱) مقدمه ۲۰
۳-۲)مجموعه امکانات تولید (PPS) ۲۱
۳-۳)کارایی ۲۳
۳-۳-۱)مفهوم کارایی ۲۴
۳-۳-۲)روشهای اندازه گیری کارایی ۲۴
۳-۴) تراکم ۲۶
۳-۴-۱) تراکم در ورودی ۲۸
۳-۵) تمایز بین ناکارایی و تراکم ۲۹
۳-۶) روشهای اندازهگیری و تشخیص تراکم ۳۰
۳-۷) مدل FGL ۳۱
۳-۸) روش و الگوی تحقیق ۳۲
۳-۸-۱) مدل توشیوکی سیوشی ۳۳
۳-۸-۲) مدل ارائه داده شده در پایان نامه ۳۵
۴-۱) مقدمه ۴۰
۴-۲) مطالعه موردی: ارزیابی تراکم در نیروگاههای تولید کننده برق ایران ۴۰
۴-۲-۱) معرفی متغیرهای مدل ۴۰
۴-۳) نتایج روش توشیوکی سیوشی: ۴۲

۴-۴ نتایج مدل ارائه شده در پایان نامه: ۴۴
۴-۵) تحلیل و تفسیر ۴۶
۴-۶) مقایسه ی نتایج دو مدل توشیوکی سیوشی و مدل ارائه شده: ۴۸
۴-۷) نتیجه گیری: ۴۹
۴-۸)پیشنهادات ۵۰
منابع ۵۱

فهرست شکل‌ها

شکل ۳-۱: مقایسه تحلیل رگرسیونی و تحلیل DEA..... ۲۱

شکل ۳-۲ منحنی تولید و ناحیه تراکم..... ۲۶

شکل ۳-۳: هفت واحد تصمیم گیرنده و ناحیه تراکم..... ۲۷

شکل ۳-۴: تراکم و ناکارایی..... ۳۰

فهرست جداول

جدول ۴-۱: میزان تراکم انرژی در نیروگاه‌های منتخب تولید برق کشور طی سال‌ها ۱۳۹۵-۱۳۸۴ با استفاده از روش توشیوکی سیوشی..... ۴۲

جدول ۴-۲: میزان تراکم نیروی انسانی در نیروگاه‌های منتخب تولید برق کشور طی سال‌های ۱۳۹۵-۱۳۸۴..... ۴۴

جدول ۴-۳: میزان تراکم انرژی در نیروگاه‌های منتخب تولید برق کشور طی سال‌های ۱۳۹۵-۱۳۸۴..... ۴۵

جدول ۴-۴: درصد میانگین کل تراکم در نیروگاه های منتخب برق کشور طی سال‌های۱۳۹۵-۱۳۸۴..... ۴۷

فصل اول

کلیات

۱-۱) مقدمه

در این فصل مفاهیم کلی مورد بحث و بررسی قرار گرفته اند. در ابتدا سعی شده است درمورد ضرورت انجام تحقیق بحث شود. سپس اهداف تحقیق بیان شده اند. در ادامه از اهدافی که تحقیق حاضر آن‌ها را دنبال می‌کندصحبت به میان آمده و همچنین نوآوری و سوالات تحقیق و در آخر نیز قلمرو پژوهش مورد بحث واقع شده است.

۱-۲) ضرورت انجام تحقیق

با توجه به جمعیت روز افزون جهان و محدود بودن امکانات تولید، حتی برای کشورهای پیشـ رفته صنعتی استفاده بهینه از امکانات موجود، راهی برای افزایش تولید کالا، بهبود خدمات و در نتیجه افزایش رفاه جامعه بشری تلقی می‌گردد. با توجه به این‌که صنعت یکی از بخش های عمده ی انرژی است، اجرای برنامه بهبود و ارتقا کارایی، بهره وری انرژی در صنایع می‌تواند در کوتاه مدت و با مخارج بسیار کم، صرفه جویی‌های قابل توجهی به دنبال داشته باشد. بررسی تاریخ و روند رشد کشورهای توسعه یافته و مقایسه آن با کشورهای در حال توسعه نشان می‌دهد که وجه تمایز و نقطه قوت این کشورها، استفاده بهینه از فرصت‌ها و امکاناتی است که در اختیار داشته اند. بیش‌تر کشورهایی که در سال‌های اخیر رشد اقتصادی چشم گیری داشته اند، این رشد را عمدتا از طریق افزایش کارایی و بهره وری عوامل تولید به دست آورده اند، به طوری که سهم سرمایه گذاری جدید در این رشد در مقایسه با نقش افزایش کارایی و بهره وری در آن اندک بوده است. اقتصاددانان و مراکز تحقیقاتی سراسر جهان اهمیت بسیار عظیمی برای ارتقا سطح بهره وری و کارایی قائل هستند. چرا که رابطه ی مستقیم بین سطح بهره وری و میزان رشد اقتصادی و سطح تولید، مطلب قابل اثباتی است. در جوامع امروز، ملت‌های ثروتمند، ملت‌هایی نیستند که فقط منابع طبیعی و فیزیکی فراوان در اختیار دارند بلکه ملت‌هایی هستند که از منابع خود به نحو بسیار موثری استفاده می‌نمایند. به عبارت دیگر، تنها داشتن منابع کافی نیست بلکه نحوه استفاده از منابع اهمیت بسزایی خواهد داشت. در بازارهای غیر رقابتی مانند تولید برق در ایران که سیستم قیمت کارا عمل نمی‌کند، کارایی و بهره وری از جمله معیارهایی ارزیابی

عملکرد بنگاه به شمار می‌رود. روش قدیمی اندازه گیری بهره وری بر اساس محاسبه ی نسبت‌ها و سهم بهره وری هر یک از عوامل تولید در محصول کل به طور مجزا می‌باشد. این شاخص علاوه برآنکه کاربرد چندانی ندارد در برخی مواقع گمراه کننده نیز می‌باشد. روشDEA با استفاده از برنامه ریزی خطی بدون پیش فرض در مورد نوع تابع تولید به عنوان محدودیت به محاسبه ی کارایی تک تک واحدها می‌پردازد و سپس واحدهای دارای تراکم و مقدار تراکم در آن واحد را مشخص می‌کند. انتخاب روش DEA برای اندازه گیری بهره وری و کارایی نیروگاه‌های حرارتی تولید برق کشور که حدود ۹۲/۵٪ از برق ایران را تامین می کند، می‌تواند راه مشابهی برای هدفمند کردن و جهت دادن به برنامه ریزان و متخصصان این صنعت برای بهبود کارایی و بهره وری در جهت استفاده بهینه از صنایع ارزشمند کشور باشد. در نتیجه می‌تواند باعث کاهش اتلاف منابع، حذف تراکم، بالا بردن تولید برق، ایجاد ارزش افزوده بیش‌تر و در کل افزایش سطح رفاه جامعه گردد.

۱-۳) اهداف تحقیق

الف) به دست آوردن مقدار تراکم نیروگاه‌های حرارتی طی سال‌های ۱۳۹۵-۱۳۸۴، بر اساس روش تحلیل پوششی داده ها(DEA) .

ب) بررسی و محاسبه کارایی فنی نیروگاه های حرارتی طی سال‌های ۱۳۹۵-۱۳۸۴ و رتبه بندی نیروگاه‌ها بر اساس روش تحلیل پوششی داده ها .

۱-۴)نوآوری

در این پایان نامه توانستیم با توسعه مدل‌های ارائه شده برای تراکم و ارائه مدلی جدید و بسیار دقیق تر برای محاسبه تراکم، مقدار تراکم در نیروگاه‌های برق را اندازه گیری کنیم. این مدل یک مدل غیر شعاعی است که قادر به تشخیص میزان تراکم در ورودی‌ها می‌باشد.همچنین این مدل علاوه بر نشان دادن تراکم نامطلوب، تراکم مطلوب را نیز نشان می‌دهد. این اولین بار در ایران است که سعی شده مقدار تراکم موجود

در نیروگاه‌های حرارتی محاسبه شود.

۱-۵) سوال‌های پایان نامه

الف) آیا بین میزان تراکم نیروگاه‌های حرارتی در کشور تفاوت وجود دارد؟

ب) آیا حذف تراکم منجر به تغییرات بهره وری و کارایی در نیروگاه‌ها خواهد شد؟

پ) آیا با تغییر ترکیب نهاده ها می‌توان تراکم را کاهش داد؟

۱-۶) قلمرو موضوعی: زمانی، مکانی

این تحقیق بر روی داده های سری زمانی حاصل از عملکرد ۱۵ بنگاه تولید برق ایران در طی سال‌های ۱۳۹۵-۱۳۸۴ صورت گرفته است.

۱-۷) فرضیه های تحقیق

الف) از بین نیروگاه‌های کشور، نیروگاه یزد از بالاترین میزان بهره وری از نقطه نظر تراکم برخوردار است.

ب) تراکم جزئی از ناکارایی محسوب می‌شود و حذف آن موجب کارایی و بهره وری در نیروگاه‌ها می‌شود.

پ) ترکیب نهاده های تولید در برخی نیروگاه‌های تولید برق کشور بهینه نیست. بنابراین با بهینه کردن این ترکیب امکان حذف تراکم و افزایش تولید نیروگاه‌های برق کشور وجود دارد.

فصل دوم

ادبیات و پیشینه تحقیق

۲-۱) مقدمه

در این فصل ابتدا ادبیات موضوع ارائه شده است. و سپس انواع نیروگاه‌های حرارتی برق مورد بررسی قرار گرفته اند. و درمورد هر یک از آن‌ها توضیحاتی ارائه شده است. و آمار تولید برق و سوخت مورد استفاده ی نیروگاه‌های ایران در سال ۱۳۹۶ آورده شده است. و در آخر نیز بر مطالعات پیشینیان مروری صورت گرفته است.

۲-۲) ادبیات موضوع

ارزیابی و بررسی عملکرد در قسمت‌های مختلف یک اقتصاد از جمله مسائل مهمی اس ت که امروزه توجه بسیاری از محققان را به خود جلب نموده، در این خصوص بحث تراکم به عنوان معیار مطلوب برای ارزیابی عملکرد یک نیروگاه، جایگاه ویژه به خود اختصاص داده است. برای اندازه گیری تراکم روش های مختلفی وجود دارد. روش DEA به عنوان روشی پویا، تولنا و پیش رو در لندازه گیری کارایی و تراکم و بهره وری امروزه مورد استقبال کم نظیری مواجه شده است که هرروز بر قدرت آن افزوده و کاستی های آن نیز برطرف می گردد. با این مقدمه در این فصل ضمن بررسی مفاهیم کارایی و بهره وری و تراکم و چهارچوب روش کلی DEA در بخش اول به مدل‌های اندازه گیری کارایی در این روش و مباحث آن پرداخته می‌شود، و در بخش دوم به بررسی مفاهیم بهره وری و روش های اندازه گیری آن و در بخش سوم ضمن بررسی مفاهیم تراکم، راه‌های محاسبه و اندازه گیری راه‌های آن به روش DEA پرداخته می‌شود. در نهایت مطالعاتی که در این زمینه در ایران و سایر نقاط صورت گرفته به طور اجمالی بررسی می‌شود.

۲-۳) نیروگاه‌های حرارتی ایران[1]

نیروگاه‌های حرارتی به سه بخش تقسیم می‌شوند: الف) نیروگاه‌های گازی ب) نیروگاه‌های بخار ج) نیروگاه‌های دیزلی

در این نیروگاه‌ها با استفاده از سوخت‌هایی مانند ذغال سنگ و فرآورده ی نفتی و سوخت گاز، آب مورد نیاز را در دیگ‌های بخار گرم کرده و بخار حاصل را با فشار وارد توربین می‌نمایند. در اثر گردش توربین مولدهای برق به گردش در می‌آیند و تولید برق می‌نمایند. این نوع نیروگاه را نیروگاه حرارتی و به طور خاص نیروگاه بخار می‌نامند.

در نیروگاه‌های حرارتی دیگر از قبیل نیروگاه دیزلی و توربین گاز، از حرارت ایجاد شده توسط سوخت وانرژی حاصل از آن به طور مستقیم به شکل گاز داغ استفاده شده و موجب گرداندن دیزل و توربین گاز به عنوان مولدهای نیروی مکانیکی شده و این دستگاه‌های مولد نیروی مکانیکی مولدهای برق را به حرکت درآورده و نیروی برق تولید می‌نمایند. با توجه به اینکه نیروگاه‌های حرارتی در کشور ما نیروگاه‌های توربین گاز، توربین بخار، سیکل ترکیبی و دیزلی می‌باشند، و همچنین این پژوهش درمورد همین نوع خاص از نیروگاه‌هاست، در این‌جا درباره این چهارنوع نیروگاه توضیحات بیش‌تری ارائه می‌کنیم.

۲-۳-۱) نیروگاه‌های دیزلی

دیزل ها مانند موتور اتومبیل می‌باشند که سوخت آن عمدتاً گازوییل است. احتراق سوخت در داخل سیلندر سبب به حرکت درآمدن پیستون و چرخش میل لنگ شده و محور ژنراتور که یک سرش به میل لنگ متصل است به گردش درآمده و برق تولید می‌نماید.

واحدهای دیزلی مولدهای کوچکی هستند که برای تامین برق نقاط پراکنده یا شهرهای کوچک و یا شهرهای خارج از سیستم سراسری برق کشور و یا به صورت ذخیره و برق اضطراری در مواقع قطع برق برای

[1] آمار تفصیلی صنعت برق ایران، شرکت مادر تخصصی توانیر (web: http:// amar.tavanir.org.ir)

بیمارستان‌ها، پادگان‌ها و سایر مراکز حساس مورد استفاده قرار می‌گیرند. هر چند بازده نیروگاه‌های دیزلی خوب و زمان نصب آن‌ها کوتاه است ولی باید در جاهایی نصب شوند که کارگران ماهر و کاردان داشته باشند و بتوانند از آن خوب بهره برداری نموده و تعمیرات آن را نیز به موقع انجام دهند.

در حال حاضر تعداد این نیروگاه‌ها نسبت به سال‌های پیش در حال کاهش است و سیر استفاده از این نوع نیروگاه‌ها نزولی است.

۲-۳-۲) نیروگاه‌های توربین بخاری

به دلیل مناسب بودن راندمان(حدود ۳۶ درصد) عمر قابل ملاحظه نسبت به مولدهای توربین گازی و دیزلی و امکان مصرف پست‌ترین نوع سوخت(مازوت و پس مانده پالایشگاه‌ها) علی رغم بالا بودن هزینه احداث و سرمایه گذاری اولیه این نوع نیروگاه‌ها، از نظر اقتصادی بهترین نوع نیروگاه‌های حرارتی بوده و به همین دلیل در اکثر کشورها نیروگاه‌های توربین بخاری بیش‌ترین واحدهای تولید نیروی برق را تشکیل می‌دهند.

دستگاه‌های اساسی یک نیروگاه حرارتی بخاری شامل دیگ بخار، چگالنده، برج خنک کن، مولد برق، دستگاه تصفیه آب و مخازن ذخیره سوخت می‌باشد.

ابتدا سوخت را توسط مشعل‌های مناسب در دیگ بخار سوزانده و حرارت ایجاد شده آن را از داغ کردن و بالا بردن فشار بخار می‌توان برای چرخاندن توربین‌های بخار استفاده نمود.

چون بخاری که در توربین ها استفاده می‌شود بسیارتمیز بوده و مواد خارجی آن تا سر حد امکان پایین آورده شده است. لهذا عمر توربین‌های بخاری زیاد و تا مرز ۳۰ سال هم می‌رسد.

توربین، بخار را گرفته و موجب گرداندن مولد برق می‌شود. فشار و درجه حرارت در توربین پس از انجام کار پایین آورده و وارد دستگاه چگالنده (کندانسور) می‌شود، در این دستگاه بخار کم فشار و کم حرارت، در مقابل لوله های آب سرد قرار گرفته تقطیر می‌شود و مجددا توسط پمپ‌های آب مقطر برای تغذیه وارد دیگ بخار شده و مدار دوباره تکرار می‌شود. آب سردی که وارد چگالنده شده و موجب تقطیر بخار شده بود به نوبه

خود گرم شـده و به برج خنک کن می‌رود. و در آنجا پس از ریختن در روی صـفحات مشـبک به قطرات ریز تبدیل شده و حرارت خود را از دست داده و آماده برای بازگشت به دستگاه چگالنده می‌شود.

اشکال عمده نیروگاه‌های بخاری هزینه سنگین و زمان طولانی نصب و نیاز مبرم به آب می‌باشد.

۲-۳-۳) نیروگاه‌های توربین گاز

واحدهای توربین گاز عموما از نظر قدرت به مراتب بزرگ‌تر از واحدهای دیزلی بوده و سـوخت این نیروگاه‌ها هم گازوییل و هم گاز طبیعی است. علاوه بر این زمان نصب آن‌ها نیز مانند مولدهای دیزلی کوتاه است.

توربین‌های گازی برای نیروی محرکه خود احتیاج به هوای زیاد با فشـار بالا دارند که توسـط یک کمپرسـور ایجاد می‌شود. پس از این‌که توسط کمپرسور فشار هوا به ۱۰ برابر فشار هوای محیط رسید، آن را وارد اتاق احتراق کرده و سوخت مایع گاز را به آن اضافه نموده توسط جرقه زن با مشعل آن را محترق می‌نمایند، که در نتیجه افزایش، حجم قابل توجهی ایجاد می‌شود. سپس هوای گرم با فشار بالا وارد توربین گردیده و آن را به چرخش در می‌آورد. (بازده این مولدها کم‌تر از مولدهای دیزلی بوده حدود۴۲ درصد و توربین‌های گازی با قدرت بالا حدود۳۳ درصد می‌باشد)

عمر مفید این واحدها بین ۱۵ تا ۲۰ سال و مشابه عمر مفید واحدهای دیزلی می‌باشد. علت این مسئله بالا بودن درجه حرارت گاز ورودی ها به پره های توربین و خورندگی گاز می‌باشد.

بالاترین درجه حرارتی که در حال حاضر در توربین های گازی صنعتی که برای تولید برق استفاده می‌شود، به کار می‌رود، در حدود ۱۱۰۰ درجه سـانتی گراد می‌باشـد. در حالی‌که درجه حرارت بخار در توربین های گازی به طور متوسط ۵۴۰ درجه سانتی گراد می‌باشد.

با توجه به پایین بودن رلندمان و به ویژه در مواقعی که از سـوخت گران قیمت مانند گازوییل در این نوع مولدها استفاده می‌شود، بایستی از آن‌ها بیش‌تر برای زمانی که مصرف برق به حداکثر می‌رسد (در ایران چهار ساعت اول شب) استفاده نمود. به طور کلی با توجه به مسائل فوق در مواردی که گاز طبیعی در دسترس

نیست استفاده از این نوع نیروگاه‌ها برای تمام شبانه روز موجه نیست.

۲-۳-۴) نیروگاه‌های سیکل ترکیبی

این نیروگاه‌ها در واقع ترکیبی از نیروگاه‌های بخار و گاز می‌باشند که سعی شده در جهت افزایش بازده نیروگاه‌ها یک ترکیب بهینه از نیروگاه‌های گازی و بخاری در کنار هم قرار گیرند. این واحدها دارای بازدهی بالا بوده و عملکرد بهتری نسبت به سایر نیروگاه‌های حرارتی دارند.

۲-۴) سهم تولید از نیروگاه‌های مختلف تولید برق ایران در سال ۱۳۹۶

- تولید نیروگاه‌های بخاری ۹۰۳۳۸ میلیون کیلو وات ساعت معادل ۲۹/۳ درصد از کل تولید
- تولید نیروگاه‌های گازی ۷۹۴۷۷ میلیون کیلو وات ساعت معادل ۲۵/۸ درصد از کل تولید
- تولید نیروگاه‌های چرخه ترکیبی ۱۱۵۰۷۹ میلیون کیلو وات ساعت معادل۳۷/۴ درصد از کل تولید
- تولید نیروگاه‌های دیزلی ۹۴ میلیون کلیو وات ساعت معادل ۰/۰۳ درصد از کل تولید
- تولید نیروگاه‌های برقآبی ۱۵۰۵۱ میلیون کیلو وات ساعت معادل۴/۹ درصد از کل تولید
- تولید نیروگاه‌های بادی، خورشیدی و سایر انواع انرژی های تجدید پذیر(به غیر از واحدهای برق آبی) ۴۱۶ میلیون کیلو وات ساعت معادل ۰/۱ درصد از کل تولید
- نیروگاه‌های اتمی ۷۵۱۴ میلیون کیلو وات ساعت معادل ۲/۴ درصد از کل تولید

۲-۵) سوخت مصرفی نیروگاه‌های مختلف تولید برق ایران در سال ۱۳۹۶

- گاز ۶۹۳۸۲ میلیون متر مکعب (معادل ۸۸/۴ درصد کل سوخت مصرفی)
- گازوییل ۴۸۴۱ میلیون لیتر (معادل ۶/۴ درصد کل سوخت مصرفی)
- نفت کوره ۳۶۸۶ میلیون لیتر (معادل ۵/۲ درصد از کل سوخت مصرفی)

۲-۶) پیشینه تحقیق:

امروزه با توجه به توانایی‌های روش تحلیل پوششی داده‌ها و شاخص‌های بهره وری مطالعات فراوانی در زمینه

ارزیابی عملکرد واحدهای اقتصـــادی از جمله بانک‌ها، نیروگاه‌ها، شـــرکت‌ها و غیره در داخل و خارج صـــورت گرفته است.که در زیر به مرور بعضی از این مطالعات می‌پردازیم.

۲-۶-۱) مطالعات داخلی:

محمد حسـین پورکاظمی(۱۳۸۱) در مقاله ای به ارزیابی نیروگاه‌های حرارتی تولید برق کشـور با اسـتفاده از روش DEA پرداخته است که در این مقاله وضعیت کارایی نیروگاه‌های حرارتی کشور که بیش از ۹۰ درصد برق کشـور را تولید می کنند مورد بررسـی قرار می‌دهد. که نتایج حاصـل نشـان می‌دهند که متوسـط کارایی نیروگاه‌های حرارتی کشور تحت فرض بازده متغیر به مقیاس ۷۸درصد می باشد، به عبارتی با همین وضعیت فعلی و با استفاده بهینه از امکانات در حالت اول می توان ۳۶درصد و در حالت دوم ۲۳ درصد تولید برق را در کشور بهبود بخشید.[4]

محمد رضا علی‌رضایی وهمکاران (۱۳۸۶)، به منظور ارزیابی عملکرد نیروگاه‌های مختلف بخاری، گازی و آبی کشـور به طوری‌که دربرگیرنده میزان تداوم تولید، متوسـط توان تولیدی درسـاعات پیک بار و عواملی از این قبیل باشد و ابعاد مختلف عملکرد یک نیروگاه از قبیل سنوات کارکرد، نوع سوخت مصرفی و غیره نیز در نظر گرفته شـــود، روش تجربی موجود اســـت که با در نظر گرفتن این عوامل و همچنین امتیاز ارزیابی نظارتی و امتیاز مدیریت، امتیاز نهایی نیروگاه را تعیین می‌کند. در این مقلله این ارزیابی با اســـتفاده از روش تحلیل پوششی داده ها صورت می‌گیرد. نتایج حاصل نشان می‌دهد که با در نظر گرفتن عوامل مشابه، ارزیابی تقریبا هم‌سو با امتیازات به دسـت آمده از روش موجود حاصـل می‌شـود که به عبارتی امتیاز حاصـل از روش موجود تایید می‌گردد. در این مقاله کاربرد روش تحلیل پوشـــشـــی داده ها در ارزیابی عملکرد نیروگاه‌های تولید برق کشـور مورد بررسـی و تجزیه و تحلیل قرار گرفته اسـت. نتایج حاصـل که از ارزیابی نیروگاه‌ها با در نظر گرفتن تعداد عوامل بیش‌تر درمقایســـه با روش‌های موجود ارزیابی عملکرد حاصـــل شـــد، دلالت بر قابلیت کاربردی روش تحلیل پوششـی داده ها در ارزیابی دقیق‌تر و جامع تر از عملکرد نیروگاه‌ها دارد. در این ارزیابی شـرایط تولید، تعداد تخلفات طی دوره و تعداد پرسنل به عنوان نهاده و ضریب عملکرد، ضریب تولید، ضریب ظرفیت،

آمادگی و راندمان با دوترکیب متفاوت به عنوان ستاده در نظر گرفته شده است.[5]

سید فرید قادری(۱۳۸۷) در مقاله ای به ارزیابی عملکرد شرکت‌های توزیع برق پرداخته است. که در این مقاله ۲۶شرکت توزیع برق منتخب در ایران با استفاده از تحلیل پوششی داده ها مورد ارزیابی قرار می‌گیرند که نتایج حاصل از این نوشتار نشان می‌دهد که میانگین درجات کارایی حاصل از روشDEA برای شرکت‌های توزیع برق منتخب در فاصله‌ی سال‌های ۱۳۸۲-۱۳۷۹ ۰/۸۵ و دامنه‌ی درجات کارایی آن از ۰/۴۴ تا ۱ متغیر است همچنین بر طبق نتایج اکثر شرکت‌های توزیع برق مورد مطالعه عملکرد قابل قبولی دارند.[3]

کاظمی و ابراهیم پور(۱۳۸۸)، هدف این مقاله بررسی کارایی نیروگاه‌های بخار، یکی از انواع نیروگاه های حرارتی تولید کننده انرژی برق به کمک فن تحلیل پوششی داده ها می‌باشد. بدین منظور کارایی ۱۹ نیروگاه بخار درسال ۱۳۸۵ بررسی می‌شود. همچنین مقادیر بهینه لازم برای تغییر درنهاده ها برای افزایش کارایی نیروگاه‌های ناکارا تا مرز کارا مشخص شده است. نتایج حاصل نشان می‌دهد که ۶ نیروگاه از بین۱۹نیروگاه دارای کارایی واحد می‌باشد و متوسط کارایی ۱۹ نیروگاه ۸۲/۵ درصد بوده است.[7]

جواهری و امیر حسین خامنه (۱۳۸۸)، درمقاله ای تحت عنوان ارزیابی عملکرد نیروگاه های حرارتی ایران با استفاده از تحلیل پوششی داده ها به ارزیابی و تحلیل عملکرد نیروگاه‌های کشور بر اساس روش تحلیل پوششی داده ها پرداخته است. متغیرهای ورودی نیروگاه‌های کشور در سال ۱۳۸۲ با استفاده از شرایط بازده متغیر به مقیاس کارایی کل، متوسط کارایی مدیریت نیروگاه برابر ۹۲/۵ درصد است. یعنی ما شاهد ۷/۵ درصد عدم کارایی مدیریت در سیستم نیروگاه‌های حرارتی هستیم که با برطرف کردن این عدم کارایی و با اصلاح شیوه های مدیریتی می‌توان ۷/۵ درصد درمیزان استفاده از نهاده ها صرفه جویی کرد.[1]

علی امامی میبدی(۱۳۸۸) در مقاله ای به اندازه گیری کارایی منفی و بهره وری در نیروگاه‌های بخاری و گازی و سیکل ترکیبی به اندازه گیری کارایی فنی نیروگاه‌های برق در سال ۱۳۸۶ و نیز بهره وری طی سال

های ۱۳۸۱-۱۳۸۶ برای ۲۶ نیروگاه حرارتی فعال در ایران پرداخته است. که نتایج نشان می‌دهد که متوسط کارایی فنی نیروگاه‌ها تحت فرض بازده ثابت و متغیر طی سالهای مورد بررسی به طور متوسط معادل 1.5 درصد بوده است و ناکارایی مقیاس بیش‌ترین تاثیر را روی ناکارایی فنی دارد.[17]

میرزا حسن حسنی(۱۳۹۱) در مقاله ای به اندازه گیری تغییرات بهره وری در شرکت‌های مدیریت تولید برق با استفاده از تحلیل پوششی داده ها و شاخص مالم کوئیست[1] به ارزیابی تغییرات فاکتور بهره وری کل در شرکت‌های مدیریت برق طی سالهای ۱۳۸۷-۱۳۸۱ پرداخته است که نتایج حاصل از ارزیابی نشان‌گر آن است که در خلال سال‌های مورد نظر به طور متوسط با نرخ۱/۲۳ رشد داشته است که کم تر از ۱ شدن متوسط تغییرات کارایی مقیاس در صنعت نشان از این دارد که اگر افولی در کارایی عملکردی وجود دارد به خاطر ناکارایی در مقیاس است.[9]

محمد محلاتی راینی(۱۳۹۳) در مقاله ای به بررسی اثر تراکم در خروجی‌های نامطلوب با استفاده از رویکرد تحلیل پوششی داده ها به ارزیابی عملکرد موسسات و دانشگاه‌ها پرداخته است، نتایج نشان می‌دهد که تمامی دانشکده های ناکارا دارای تراکم در خروجی نامطلوب هستند،همچنین؛ تراکم در خروجی‌های نامطلوب بیش‌ترین همبستگی را با کارایی دارد.[8]

علی رضا علی نژاد(۱۳۹۶) در مقاله ای به توسعه مدل تراکم در تحلیل پوششی داده ها پرداخته است. وی در این مقاله تراکم را در دو حالت خوش بینانه و بد بینانه بررسی می نماید. دراین مفهوم حالت خوش بینانه ی تراکم را در شرایطی بررسی می‌کند که واحد تصمیم گیرنده تحت بررسی با گرفتن کم ترین ورودی ،بهترین خروجی را ارائه می‌دهد. همچنین حالت بدبینانه بیانگر شرایطی است که واحد تصمیم گیرنده تحت بررسی با گرفتن بیش ترین ورودی، بدترین خروجی را ارئه می نماید. با توجه به نتایج به دست آمده از این مقلله، تراکم در حالت خوش بینانه صفر است ولی تراکم در حالت بدبینانه، نزدیک به صفر است که موجب به وجود

[1] Malmquist indices

آمدن شرایط سخت گیرانه تر و حساسیت بیشتر بر روی ورودی‌هاست که منجر به مدیریت بهبود تراکم می شود.[2]

۲-۶-۲) مطالعات خارجی:

فارل[1](۱۹۷۵) مدلی برای اندازه گیری کارایی تولید با استفاده از مرز تولید یا به عبارتی مرز کارایی بدون استفاده از تابع تولید پیشنهاد داد. او مرز تولید را به صورت تابع قطعه قطعه خطی، از اتصال مطلوب‌ترین واحدهای تصمیم گیری DMU به دست آورد. این منحنی مرز کارایی یا مرز پوششی نامیده شده که برای رسم آن از هیچ پارامتر جامعی استفاده نشده است؛ ضمن آنکه این مرز برای ارزیابی کارایی تکنیکی، کارایی تخصیصی و کارایی قیمت به کار رفته، مقدار کارایی را در بازه صفر و یک تعریف می‌کند. مقدار یک نشان دهنده ی واحد کاراست و در غیر این صورت ناکارا خواهد بود. این تئوری دارای سه فرضیه اساسی و مهم است: ۱- مرز تولید از کاراترین واحدها برای ارزیابی ساخته شده و واحدهای ناکارا پایین مرز قرار می‌گیرند؛ ۲- بازده به مقیاس ثابت است؛ ۳- مجموعه امکان تولید محدب است.[19]

چارنز و همکاران[2](۱۹۷۸) مفهوم اندازه گیری کارایی فارل را از حالت چند ورودی و یک خروجی به مفهوم چند ورودی و چند خروجی تعمیم دادند. آنها برای تبدیل به یک ورودی و یک خروجی مجازی از ترکیب خطی داده‌ها استفاده نموده، آن را مدل تحلیل پوششی داده ها نامیدند. تحلیل پوششی داده ها از برنامه ریزی های ریاضی برای ارزیابی کارایی نسبی یک مجموعه از واحدهای قابل مقایسه و همگن با عنوان واحدهای تصمیم گیرنده استفاده می‌کند. یکی از نقاط قوتDEA، غیرپارامتری بودن آن است؛ به این معنی که فقط مقادیر ورودی ها و خروجی ها مجموعه ای با عنوان مجموعه امکان تولید ایجاد می‌شود. دونوع از عمومی ترین مدل های DEA، بازده به مقیاس ثابت(CRS) و بازده به مقیاس متغیر(VRS) هستند که هر دو از ترکیب خطی ورودی ها و خروجی های واحدهای تصمیم گیری موجود استفاده می‌کند. در بازده به

[1] farell
[2] Charens et al

مقیاس ثابت فرض می‌شود که رابطه معنی داری بین مقیاس عملیاتی و کارایی وجود ندارد؛ یعنی واحدهای معنی داری بین مقیاس عملیاتی و کارایی وجود ندارد؛ یعنی واحدهای بزرگ به همان میزان می‌توانند کارا باشند که واحدهای کوچک در تبدیل ورودی ها به خروجی ها قابل کنترل هستند، در بازده به مقیاس ثابت حداقل ورودی برای تولید حداکثر خروجی به کار رفته و تمام ورودی ها و خروجی ها قابل رابطه معنا داری بین اندازه واحد و کارایی وجود دارد، از مدل بازده به مقیاس متغیر استفاده می‌شود . بنابراین در این مدل کارایی تکنیکی به دو بخش کارایی تکنیکی خالص و کارایی مقیاسی تقسیم شده و بازده به مقیاس تعیین می‌گردد.[14]

کوپر[1] (۱۹۹۶) روشی بر پایه اندازه گیری متغیرهای کمکی پایه نهاد که در آن مقدار تراکم در ورودی ها با ثابت نگاه داشتن خروجی ها به عنوان نقطه مرجع و محاسبه بیش‌ترین مقداری است که می توان ورودی ها را کاهش داد. این روش قدرت تشخیص بین اثر تراکم ناشی از کارایی تکنیکی محض را ندارد.[15]

توشیوکی سیوشی[2] (۲۰۰۳) در این مقاله اندازه گیری تراکم در DEA با مورد بررسی قرار دادن فرمول‌های دو گانه مربوط به تراکم در DEA، و با وارد کردن مفاهیم آن در مفاهیم اقتصادی، اقتصاد تولید را مورد بحث قرار می‌دهد. در نتیجه روشی را طرح می‌کند که با استفاده از آن می‌توان ناکارآمدی را به علت تراکم، اغلب در صنایع بزرگ مانند صنعت برق به وجود می‌آید را بررسی کرد.[23]

جهانشاه لو و خدابخشی(۲۰۰۴) ،در پژوهش خود بیان می‌کنند که، در مدل‌های موجود در تحلیل پوششی داده ها، تغییر در نسبت ورودی‌ها اغلب براساس کاهش ورودی‌هاست. زیرا در برخی موارد، کاهش ورودی مثل نیروی کار ممکن است با تنش‌های اجتماعی روبرو شود. در نتیجه در راستای افزایش خروجی‌ها، تعیین یک ترکیب از ورودی‌ها که متناسب با شرایط جامعه باشد، ضروری است.[21]

[1] Cooper
[2] Toshiyoki Sueyoshi

مالکولم آبوت[1](۲۰۰۵) در مقاله ای بهره وری و کارایی در صنعت برق استرالیا را بررسی کرده است که در این مقاله تغییراتی که در۳۰ سال گذشته در صنعت برق استرالیا رخ داده را با استفاده از رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها و شاخص مالم کوئیست در خلال سال‌های۱۹۹۹-۱۹۶۹ مورد تجزیه و تحلیل قرار داده است .این نتایج نشان می‌دهد که در اواسط دهه۱۹۸۰ بهبود قابل توجهی در صنعت آغاز شده است، این بهبود در اوایل ۱۹۹۰ بیشتر می‌شود و هم‌چنان تا سال ۱۹۹۹ بهبود بیش‌تری نیز به وجود آمده است.[10]

الکساندر وانینسکی[2](۲۰۰۶) در مقاله ای به برآورد بهره وری تولید برق در ایالت متحده برای سال‌های ۱۹۹۱-۲۰۰۴ با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها پرداخته است. این نتایج نشان می دهد که پایداری نسبی در بهره وری از سال های۱۹۹۴تا۲۰۰۴ در سطوح۱۰۰-۰/۹۹ با کاهش شدید به سطح ۰/۹۵ در سال های بعدی همراه است، وی پیش نهاد می کند که کارایی برای سال۲۰۱۰ برابر با ۸۰-۰/۹۸ می‌باشد که بدین معنی است که کارایی افت بیش تری نسبت به سال های اولیه داشته است.[26]

خدابخشی(۲۰۰۹)، سنجش تراکم را به صورت روش تک مدلی مطرح می‌نماید. این روش نسبت به روش‌های دیگر ترکیب ساده تری از ورودی‌ها را به کار برده است و دارای این مزیت است از که می‌تواند زمان محاسبه را کاهش دهد.[22]

کوک فونگسی[3](۲۰۱۱) در مقاله ای به تجزیه و تحلیل عوامل موثر بر بهره وری فنی نیروگاه‌های حرارتی مالزی پرداخته است. که در این مقاله به اندازه گیری سطح کارایی فنی نیروگاه‌های حرارتی مالزی و بررسی میزان تاثیر عوامل مختلف بر میزان کارایی نیروگاه‌های برق با استفاده از روش تجزیه و تحلیل موانع تصادفی[4](SFA) طی یک دوره هشت ساله از سال‌های ۱۹۹۸ تا۲۰۰۵ پرداخته است که نتایج حاصله نشان می‌دهد که اندازه نیروگاه‌ها و نوع سوخت تاثیر قابل توجهی در سطح کارایی فنی ایجاد می‌کند و همچنین

[1] Malcolm abbott
[2] Alexander vaninsky
[3] Kok fongsee
[4] Stochstic Frontier Analysis

بهره وری فنی نیروگاه‌های دولتی۰/۶۸ است که کمتر از نیروگاه‌های خصوصی با متوسط کارایی ۰/۸۸است. همچنین نشان می‌دهد که نوع نیروگاه و حداکثر توان نیروگاه هیچ اثر قابل ملاحظه ای در کارایی فنی نیروگاه‌های حرارتی مالزی ندارد.[20]

توشیوکی سیوشی[1]، میکا گوتو[2] (۲۰۱۶) این مطالعه در مورد استفاده جدید از ارزیابی محیطی DEA[3] برای اندازه گیری تراکم احتمالی یا نوع نوآوری سازه های زیست محیطی در نیروگاه‌های برق بحث می‌کند. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که تراکم مطلوب ممکن است در تعداد محدودی از نیروگاه‌ها اتفاق بیافتد. شناسایی تراکم مطلوب به ما کمک می‌کند تا در تعیین اینکه چه فناوری یا نوع نیروگاه باید برای تسهیل نوآوری‌های زیست محیطی و مدیریت مهندسی مربوط به آن برای یک رشد اقتصادی پایدار درآیند، سرمایه گذاری کند.[25]

کی وانگ(2017) در مقاله ای به بررسی بازده محیطی و اندازه گیری کارایی حداقل سازی صنعت برق حرارتی چین پرداخته است. دراین مقاله با رویکردی مبتنی برDEA برای ارزیابی کارایی محیط زیست و کاهش هزینه‌ها در صنعت برق حرارتی چین استفاده کرده است که بر اساس نتایج مقیاس‌های جدیدی از کارایی ارائه شده است که به شناسایی پتانسیل کاهش آلودگی نیروگاه‌ها کمک می کند.[4][27]

۲-۷) نتیجه گیری:

در مطالعات انجام شده سعی بر آن بوده است که کارایی و بهره وری بنگاه‌ها بررسی و راه‌کارهایی برای بهتر شدن کارایی ارائه گردد، در این تحقیق سعی بر آن است که ناکارایی از دیدگاه تراکم بررسی شود. و ترکیبی بهینه برای نهاده‌ها در جهت حذف یا کاهش تراکم ارائه شود.

[1] Toshiyuki Sueyoshi
[2] Mika Goto
[3] Data Envelopment Analysis
[4] Ke wang

فصل سوم

روش شناسی تحقیق

۳-۱) مقدمه

در این فصل سعی شده است تا مفهوم کارایی و تراکم را با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها توضیح دهیم.

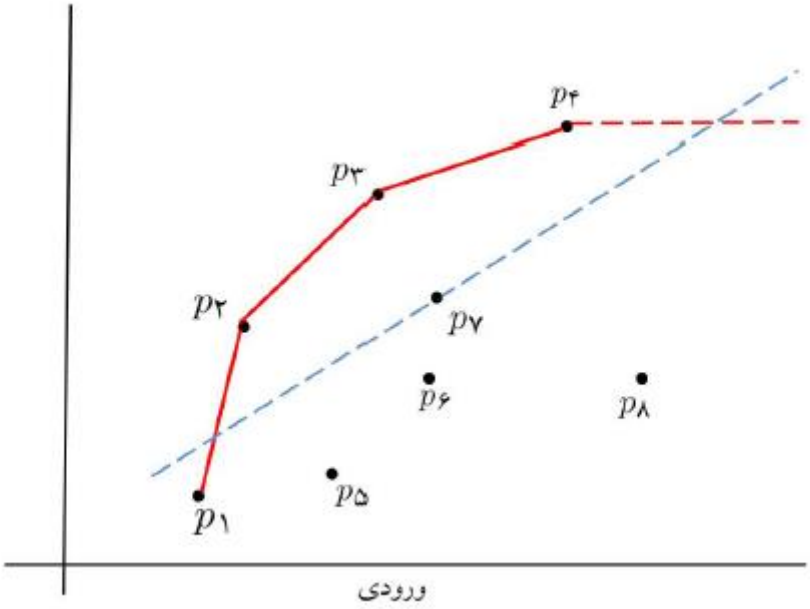
تحلیل پوششی داده ها یک روش غیرپارامتری برای تخمین توابع تولید است عمده اشکالات روش‌های پارامتری باعث می‌شود اینگونه روش‌ها برای ارزیابی در تضاد باشد دوم اینکه در این روش‌ها ارزیابی واحدها تنها با یک خروجی قابل ارزیابی است. مهم‌ترین علت موفقیت DEA به عنوان یک ابزار کمی، غیرپارامتری بودن روش‌های آن است در این روش هر یک از واحدها که آن را واحد تصمیم گیرنده (DMU) می‌نامند. در مقایسه با دیگر واحدها بررسی می‌شود و به همین خاطر امتیاز کارایی یک DMU یک امتیاز نسبی است.

در یک تحلیل پارامتری، یک معادله رگرسیونی به صورت فرضی برای واحدها قابل اجراست. که تابعی نزدیک به وضع ویژه متغیرهای مستقل برای بیان متغیر وابسته ارائه می‌کند، در حالت رگرسیونی نیاز بر فرضیات در رابطه با توزیع خطا و محدودیت های دیگر است، در مقایسه، DEA به هیچ فرضی در این زمینه نیاز ندارد و میزان کارایی هر واحد تصمیم گیرنده نسبت به دیگر واحدها محاسبه می‌کند، مفهوم استفاده شده در روش‌های پارامتری DEA در شکل (۳ - ۱) نشان داده شده است.

در این شکل هشت واحد با یک ورودی و یک خروجی ارائه شده اند که میزان ورودی و خروجی به ترتیب روی محورهای X و Y نشان داده شده اند. خط آبی رنگ، خط رگرسیون را با استفاده از تحلیل پارامتری نشان می‌دهد. بر این اساس کلیه واحدهایی که روی خط یا بالای این خط مشکی قرار گرفته لندکارا محسوب می‌شوند. در این حالت واحدهای P_2 و P_3 و P_4 به عنوان واحدهای کارا معرفی شده اند. در مقابل خط مشکی رنگ نشان دهنده مرز کارایی در تحلیل پوششی داده‌ها با استفاده از تحلیل ناپارامتری می‌باشد، در این مورد کلیه واحدهایی که روی خط قرار گرفته اند کارا محسوب می‌شوند. در این شکل P_1 و P_2 و P_3 و P_4 به عنوان واحدهای کارا معرفی شده اند.

یک واحد خارج از این خط می‌تواند به مرز کارایی برسد اگر با کاهش سطح ورودی‌ها، بتوان همان مقدار

خروجی (ورودی محور) را به دسـ ت آورد و یا با افزایش ســطح خروجی‌ها، با همان ســطح ثابت ورودی‌ها (خروجی محور) عمل کند.



شکل ۳-۱: مقایسه تحلیل رگرسیونی و تحلیل DEA

امروزه تحلیل ورودی محور DEA معمول تر است. چرا که سودبخشی وابسته به کارآمدی عملیات است، در این پژوهش همانند ســایر تحقیقات انجام شــده در این زمینه از روش DEA ورودی محور اســتفاده شــده است[13] همان طور که در شکل ۳ - ۱ نشادن داده شده است. تعدادی از واحدها که در تحلیل DEA کارا معرفی شــده در تحلیل پارامتری ناکارا هســتند P_1 تحلیل تعداد واحدهای کارا افزایش داده و می تواند آن را رتبه بندی و همچنین واحدهای کارا حقیقی را از واحدهای کارای دروغین تشخیص دهد [13].

۳-۲)مجموعه امکانات تولید (PPS)

مجموعه امکانات تولید[1]، مجموعه ای اسـت که از ترکیبات مختلف ورودی‌ها و خروجی‌ها حاصـل می‌شـود و بنابراین هر نقطه در مجموعه امکانات تولید مصــرف یک DMU اســت. از این رو مجموعه امکان تولید باید

[1]Production Possibility Set

طوری محاسبه یا تخمین زده شود، که تمام واحدها را پوشش دهد [18].

مجموعه امکان تولید شامل ۵ ویژگی می‌باشد که به بیان آنها می‌پردازیم:

الف)اصل شمول مشاهدات (ناتهی بودن)[1]:

$$\forall j\ (j = 1,2, \dots, n), (x_j, y_j) \in T$$

تمام تکنولوژی‌های تولید این اصل را شامل می‌شوند.

ب)اصل بی کرانی اشعه (بازده به مقیاس ثابت[2]):

$$\forall(x_j, y_j), \forall\lambda\left((x_j, y_j) \in T, \lambda \geq 0\right) \Rightarrow (\lambda x\ , \lambda y) \in T.$$

ج)اصل تحدب[3]: اگر $(x_1, y_1), (x_2, y_2) \in T$ *آنگاه برای هر* λ *و* $(0 \leq \lambda \leq 1)$

$$\lambda(x_1, y_1) + (1 - \lambda)(x_2, y_2) \in T$$

د)*اصـــل امکـان پـذیری*[4]: اگر $(\overline{x, y}) \in T$ آنگـاه بـه ازای هر x و y کـه در آن $x \geq \bar{x}$ و $y \leq \bar{y}$ آنگـاه $(x, y) \in T$

ه)اصـل کمینه درون یابی[5]: T کوچکترین مجموعه امکانی محسـوب می‌شـود که در اصـول انتخاب شـده فوق صدق می‌کند. $T \subseteq \acute{T}$

لهذا مجموعه امکان تولید را با T نمایش داده و بصورت زیر بیان می‌گردد.

$$T = \left\{(x, y)\middle| x \geq \sum_{j=1}^{n} \lambda_j x_j, y \leq \sum_{j=1}^{n} \lambda_j y_j, \lambda_j \geq 0, j = 1, \dots, n\right\}$$

[1] Non empty
[2] Constant Returns to Scale
[3] Convexity
[4] Possibility
[5] Minimum Extra polation Theorem

۳-۳)کارایی

همان گونه که اشاره شده کارایی از دیر باز مورد توجه بشر بوده گرچه ممکن است تلاش وی به طور علمی در جهت تعیین دقیق این واژه و محاسبه ی مقدار آن نبوده باشد. اما عملکرد وی همواره به گونه ای بوده که نشان دهنده ی توجه به این مفهوم است. کارایی مفهومی بسیار مهم ولی پیچیده است که بیش‌تر از طرف سه حوزه مورد بررسی قرار گرفته است. مهندسان، مدیران و اقتصاددانان. این اصطلاح در ابتدا در حوزه مهندسی و ترمودینامیک مطرح شد، اما بعدها وارد سایز حوزه ها گردید. در ابتدای امر این واژه عموما در مورد سیستم-های مکانیکی- و عموما بسته – بکار می رفت و همواره مقدار آن از واحد کم‌تر بود. یا به عبارتی کسری از واحد بود. اما وقتی وارد حوزه مدیریت شد، از آنجایی که کارایی افراد با توجه به تشویق‌های صورت گرفته یا تنبیه‌های انجام شده ممکن است بیش‌تر یا کم‌تر از توان آنها گردد، مقدار محاسبه شده برای آن نیز محدود به مرز واحد نمی‌شود. هنگامی که خود را مواجه با واژه ی کارایی می یابیم در می یابیم که به جای یک تعریف یا مفهوم با مجموعه ای از تعاریف متفاوت رو به رو شده ایم . برای یک مهندس کارایی ممکن است نسبت ستانده به نهاده باشد و یا به عبارتی دیگر، نسبت ستاده به ظرفیت اسمی باشد. (بنابراین وی از کارایی یک ماشین صحبت می‌کند) در حالیکه یک مدیرمالی نسبت هزینه استاندارد به هزینه واقعی را جهت محاسبه واقعی مورد استفاده قرار می‌دهد. این در حالیست که وقتی یک اقتصاد دان به کارایی یک بنگاه اشاره می‌کند عموماً منظور خود را با اشاره به دو نسبت بیان می‌کند.

اولین نسبت موفقیت بنگاه را در حصول یک حداکثر تولید ممکن با یک مجموعه ی نهاده ی معین بیان می کند، وی این نسبت را بهره وری یا کارایی فنی می‌نامد. برای این منظور معمول است که تنها نهاده‌هایی را در این کسر شامل کنیم که خاصیت فیزیکی داشته باشند. از این رو سرمایه اسمی(پولی) به طور عام وارد محاسبه نمی گردد. تنها چیزهایی مشمول ورودی قرار می‌گیرند که خریداری یا اجاره شده باشند [11] اما درمورد نسبت دوم باید به این حقیت توجه کرد که حل مشکلات فنی تولید برای یک بنگاه کافی نیست، بلکه بنگاه باید به طرز مناسبی عملکرد خود را با قیمت‌های رایج بازار تطبیق دهد. مقداری که در این حالت

برای کارایی تعریف می‌شود باز هم نسبت ستاده به نهاده است. که البته یک شکل آن به نسبت ارزش ستاده به ارزش نهاده تعریف می‌گردد و در واقع این نوع کارایی حاصل ضرب کارایی تکنیکی (فنی) و کارایی قیمتی است.

۳-۳-۱)مفهوم کارایی

در ادبیات اقتصادی تعاریف مختلفی از کارایی ارائه شده است. واژه نامه و بستر کارایی را معادل اثربخشی دانسته و آن را ظرفیت تولید مطلوب با حداقل مصـ رف انرژی، زمان، پول یا مواد تعریف کرده است. علاوه براین در این منبع کارایی به صورت نسبت انرژی مفید گرفته شده به انرژی داده شده به یک سیستم پویا تعریف گردیده است. دکتر منوچهر فرهنگ نیز در فرهنگ نامه ی اقتصادی خود کارایی را نسبت مقدار تولید شده به مقدار عاملی که به کار گرفته شده است تعریف کرده است. کارایی در مفهوم عام به معنای درجه و کیفیت رسیدن به مجموعه اهداف مطلوب است. بنابراین یک تولید کننده در صورتی کارا خواهد بود که بتواند به کلیه اهداف تولیدی که برای او در نظر گرفته شده برسد. برای تعیین میزان عدم کارایی یک بنگاه، باید از شاخصی به عنوان ملاک مقایسه استفاده نمود. اصولا معرفی انواع و روش اندازه گیری کارایی از طریق عملی، بر اساس روش فارل صورت می‌گیرد. فارل پیشنهاد نمود بهتر است که عملکرد یک بنگاه با بنگاه‌های موجود در آن صنعت مورد مقایسه قرار گیرد. این روش در برگیرنده ی مفهوم تابع مرزی است که به عنوان شاخصی برای اندازه گیری کارایی به کار می‌رود.

۳-۳-۲)روش‌های اندازه گیری کارایی

همان طور که گفته شد کارایی به معنای خوب کار کردن است که حاصل مقایسه شاخص‌های درون سازمانی می‌باشد. یک واحد تصمیم گیرنده با یک ورودی و یک خروجی را در نظر بگیرید، کارایی این DMU عبارت است از:

نسبت خروجی به نسبت ورودی $\frac{y_j}{x_j}$. اما زمانی که یک DMU، چند ورودی و چند خروجی داشته باشد،

کارایی از فرمول زیر حاصل می‌شود:

$$\text{کارایی} = \frac{\sum_{r=1}^{s} u_r y_r}{\sum_{i=1}^{m} v_i x_i}$$

u_r: وزن داده شده به خروجی ها

v_i. : وزن داده شده به ورودی ها

کارایی در حقیقت دو نوع است: ۱-کارایی مطلق ۲-کارایی نسبی

که در اینجا کارایی نسبی مورد توجه ما می‌باشد.

تعریف ۳-۱. کارایی مطلق[1]: زمانی که برای تمام واحدهای تصمیم گیرنده، یک مبنای مشخص وجود داشته باشد.

فرض کنید مبنا y^* باشد. لهذا فرمول کارایی مطلق بصورت زیر می‌باشد:

$$\text{کارایی} = \frac{\mathrm{y_j}}{y^*}$$

تعریف ۳-۲. کارایی نسبی[2]: فرض کنید واحد تصمیم گیرنده jام، ورودی x_j مصرف و خروجی y_j را تولید می‌کند.

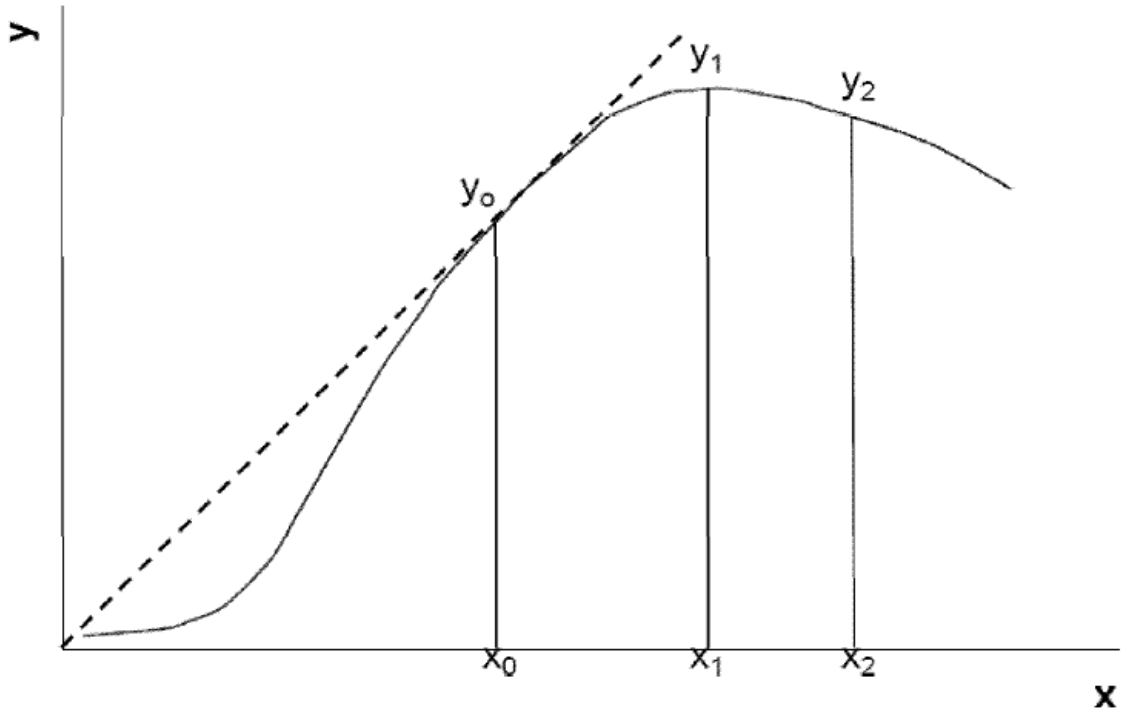
کارایی نسبی واحدPام، عبارت است از:

$$\text{کارایی نسبی}\mathrm{DMU_p} = \frac{\frac{y_p}{x_p}}{max\left\{\frac{y_j}{x_j}\middle| j = 1, \dots, n\right\}}$$

[1] Absolute Efficiency
[2] Relative Efficiency

۳-۴) تراکم

برای بیان مفهوم تراکم شـکل (۲-۳) را در نظر بگیرید. این منحنی مربوط به تابع تولید در حالت یک ورودی و یک خروجی می‌باشد، همان گونه که در فصل اول بیان شد، در تولید همواره می‌خواهیم بیش‌ترین خروجی را از ترکیب ورودی‌ها به دست آوریم که این تابع یا مرز، مرزتولید را ایجاد می‌کند.



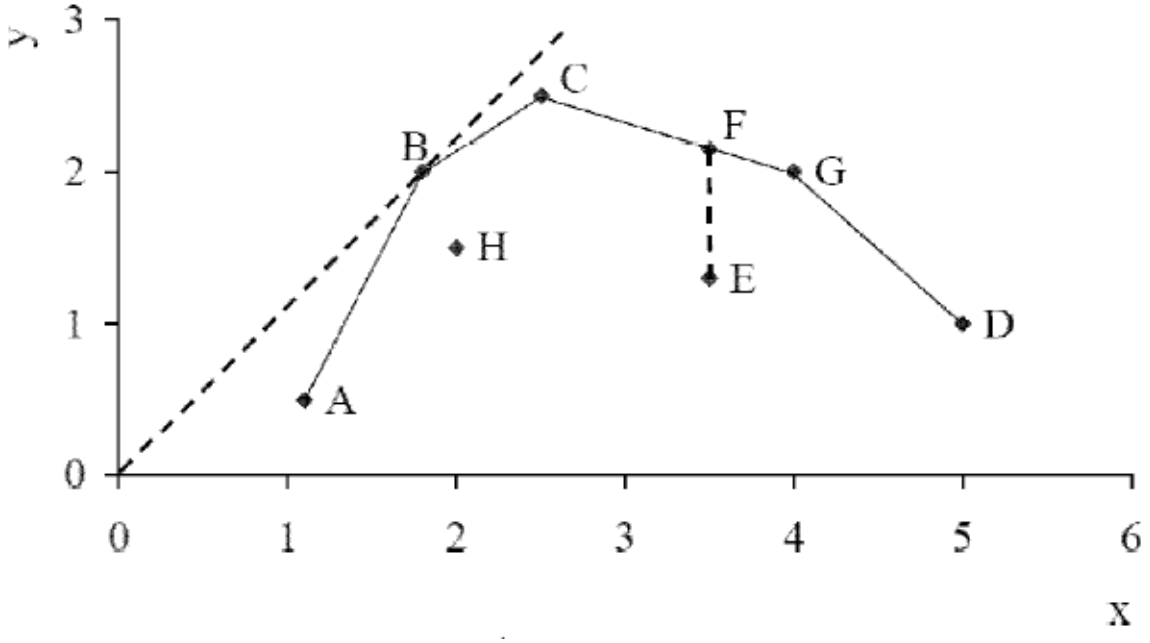
شکل ۳-۲: منحنی تولید و ناحیه تراکم.

با تعیین وابسـتگی خروجی‌ها و ورودی‌ها و تعیین حداکثر خروجی‌ها ی قابل دسـتیابی از ورودی های معلوم، می‌توان تابع تولید را به دسـت آورد. در تابع تولید، فرض بر این اسـت که از ورودی های معلوم، می‌توان تابع تولید را به دست آورد. در تابع تولید، فرض بر این است که از ورودی‌ها بطور کامل استفاده می‌شود. منحنی تابع تولید در شـکل (۳-۲) یک منحنی سـاده تنها با یک قله می‌باشـد. بنابراین نقاطی که ناکارای تکنیکی باشند در این منحنی وجود ندارد.

در حالت عادی با افزایش ورودی انتظار داریم که خروجی نیز افزایش پیدا کند اما در سمت راست قله منحنی (جاییکه ماکزیمم مقدار خروجی ممکن را داراسـت) افزایش ورودی باعث کاهش خروجی می‌شـود که به این

حالت تراکم گفته می‌شود.

در این قسمت مفهوم اقتصادی تراکم را که قبلا بیان کردیم توسعه می‌دهیم و تفاوت‌های بین تراکم و دیگر ناکارایی تکنیکی را بیان می‌کنیم.



شکل۳-۳: هفت واحد تصمیم گیرنده و ناحیه تراکم.

در تحلیل پوششی داده ها لازم نیست همه واحدهای تصمیم گیرنده روی مرز واقع شوند. شکل(۳-۳) یک منحنی تولید در DEA می‌باشد. واحدهایی مانند E و H پایین تر از مرز واقع شده اند، یعنی واحدهای E و H با بکار بردن ورودی‌هایشان، حداکثر خروجی را تولید نمی‌کنند. قطعه خط‌های واصل بین A ،B و C مرز کارایی را نشان می دهند. این قسمت از مرز در ارزیابی کارایی دیگر واحدهای مجموعه امکان تولید، به کار برده می‌شود. قطعه خط‌های واصل بین C، F، G و D قسمتی از مرز می باشد که دارای تراکم است. روی قطعه خط‌هایی که مرز کارایی را نشان می‌دهد افزایش در خروجی‌ها، بدون افزایش در ورودی‌ها امکان ندارد. مرز تراکم، این ویژگی را ندارند، یعنی روی این مرز، بهبود (افزایش) در خروجی بدون بهبود (کاهش) در ورودی امکان ندارد. واحدهای E و H زیر مرز قرار دارند، تصویر عمودی H روی مرز کارایی، روی قطعه خط

واصـل B و C واقع می‌شـود و این نشـان می‌دهد که H ناکارای تکنیکی می‌باشـد، زیرا خروجی آن را بدون افزایش ورودی‌هایش، افزایش داده ایم. تصویر افقی H روی مرز کارایی بین A و B نیز نشان می‌دهد که H ناکارای تکنیکی می‌باشد. زیرا ورودی را بدون کاهش خروجی، کاهش داده ایم.

ولی تصویر افقی E روی قطعه ای از مرز بین A و B قرار می‌گیرد، که نشان می‌دهد کاهش در ورودی بدون کاهش در خروجی امکان ندارد. تصـــویر افقی E وH تفاوت بین ناکارایی تکنیکی و تراکم را بیان نمی‌کنند، بنابراین تصویر عمودی E را به دست می آوریم که روی واحد F *قرار می‌گیرد، این نشان می‌دهد که افزایش خروجی* E بدون تغییر در ورودی اش، امکان دارد. بنابراین این قسمت از ناکارایی در حرکت از E به F ناشی از ناکارایی تکنیکی می‌باشـــد اما افزایش خروجی F بطوریکه روی مرز باقی بملند، بدون کاهش در ورودیش امکان ندارد. اگر ورودیش را کاهش دهیم تا به ماکزیمم مقدار خروجی برســـد، روی C قرار می‌گیرد، چون افزایش خروجی در حرکت از F به C با کاهش ورودی همراه است و با توجه به تعریف تراکم، اختلاف بین F و C، خروجی از دســت رفته، ناشـــی از تراکم می‌باشـد و اختلاف بین ورودی E و C، بیانگر میزان تراکم در ورودی می‌باشد.

تراکم را در موضـــوعات متفاوتی می‌توان بررســـی کرد بعنوان مثال دنگ[1] [28] تراکم را در تولیدات چین بررسی کرد و به ارتباط بین تراکم و استخدام اجباری ۱۶ الی ۱۸ میلیون نیروی کار جدید برای جلوگیری از بیکاری توسط دولت چین اشاره کرد.

۳-۴-۱) تراکم در ورودی

تراکم در ورودی زمانی اتفاق می افتد که کاهش در حداقل یک ورودی، بدون بدتر کردن شاخص های دیگر، باعث افزایش حداقل یک خروجی شـــود و افزایش در یک ورودی باعث کاهش در یک یا چند خروجی گردد. تراکم در ورودی ها در واقع آن میزان از ورودی را در بر می گیرد که مصـــرف آنها نه تنها ســـبب افزایش در

[1] Dang

خروجی نمی گردد، بلکه موجبات کاهش در تولید و خروجی ها را نیز به همراه دارد[16]. تراکم در ورودی در حد جلوگیری از مصرف آن در جهت افزایش خروجی‌ها موضوع بسیار با اهمیتی است، که برای نخستین بار توسط " براکت"[1] مورد توجه قرار گرفت [13]. در بسیاری از موارد منشا کاهش یا افت تولید را نباید در عدم توانایی واحد تصمیم گیرنده دانست، بلکه بایستی آن را در وجود تراکم در یک یا چند خروجی جست و جو نمود [13].

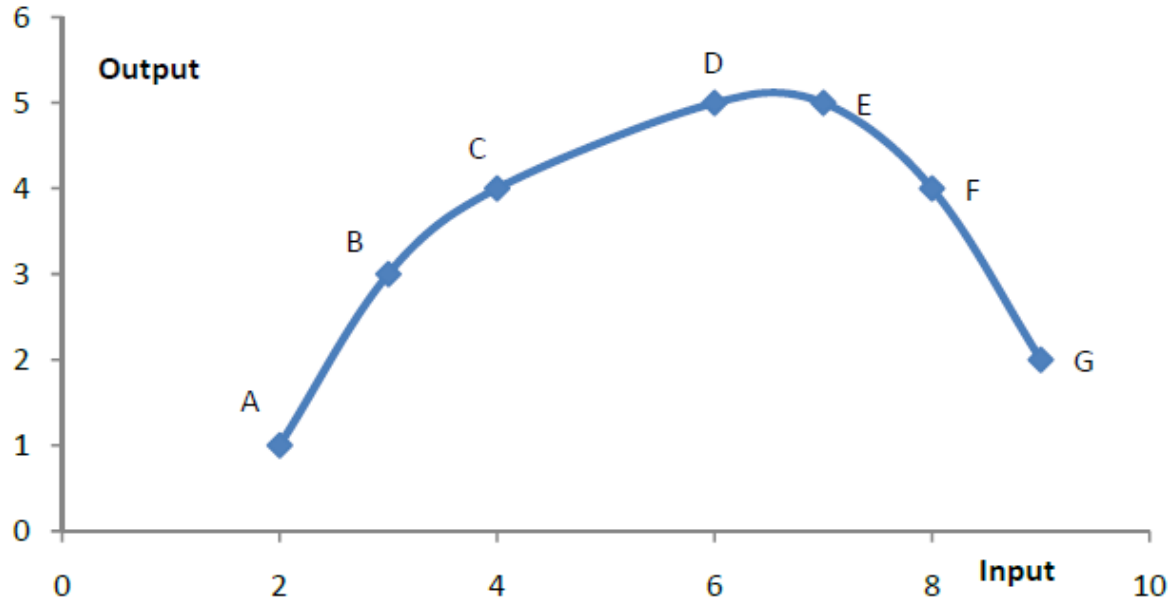
وجود تراکم در ورودی نیروی انسانی در بسیاری از واحدهای تصمیم گیرنده از شایع ترین نوع تراکم به شمار می آید. مطالعه تحقیق "برکت" و همکاران وی در سال ۱۹۹۷ در بررسی تراکم نیروی انسانی در سه صنعت بزرگ چین قبل و بعد از اصلاحات اقتصادی سال ۱۹۸۷ به وسیله مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها، روش نوین برای این موضوع به شمار می‌رود [13] آنها به وسیله مدل‌هایی تحلیل پوششی داده‌ها نشان دادند که کاهش نیروی انسانی در منابع مبتلا به تراکم نیروی انسانی سبب افزایش نهاده و افزایش آن موجب کاهش ستاده خواهد شد. از این رو آنان منابعی را که می تواند سبب کاهش خروجی گردد، را شناسایی نمودند. این کاهش خروجی منجر به افزایش در ورودی‌ها می‌شود.

۳-۵) تمایز بین ناکارایی و تراکم

در عملکرد DMU_0 ناکارایی تکنیکی موجود است، اگر و فقط اگر با توجه به مشاهدات، بتوان تعدادی از خروجی ها را بهبود بخشید، بدون این‌که سایر ورودی‌ها یا خروجی‌ها بدتر شوند.

توجه شود درناکارایی تکنیکی به مطلبی راجع به افزایش خروجی هم زمان با کاهش ورودی اشاره نشده است. برای درک بهتر از ناکارایی تکنیکی و تراکم به شکل ۳-۴ توجه کنید. واحدهای تصمیم گیرنده (A, ... , G) دارای یک ورودی و یک خروجی هستند که محور X و Y به ترتیب مقدار ورودی و خروجی را نشان می‌دهد.

[1] Brokckett



شکل ۳-۴:تراکم و ناکارایی.

دو نقطه D و E را در شکل ۳-۴ در نظر میگیریم. سطح خروجی هر دو Y=5 است. واحد D این خروجی را با مصرف شش واحد ورودی به دست می‌آورد، در حالی که واحد E با مصرف هفت واحد ورودی، این خروجی را به دســـت می آورد. بنابرین با کاهش X=7 به X=6 از نقطه E به نقطه D می رســـیم. در نتیجه بدون بهتر شـــدن خروجی E، می‌توان ورودی را یک واحد کاهش داد، بنابراین E ناکارای تکنیکی اســـت، زیرا می‌توان ورودی‌ها را کاهش داد بدون این‌که خروجی‌ها بدتر شوند. اما در نقاط F و G نسبت به نقطه F تراکم مشاهده می‌شود.

۳-۶) روش‌های اندازه‌گیری و تشخیص تراکم

فرض می‌کنیم n تا DMU_0 داریم. هر DMU_j، j=1,....,n تولید می‌کند، S خروجی مختلف. ($r = Y_{rj}$ 1,...,s) استفاده می‌کند، m ورودی مختلف x_{ij} ($i = 1, \dots, m$) کارایی یک DMU_0 ارزیابی می‌شود به وسیله مدل DEA که برای محاسبه کارایی به کار می‌رود، در اینجا از مدل BCC استفاده می‌گردد که در زیر آمده است:

$\theta^* = \min \theta$ ورودی محور BCC

$$s,t. \sum_{j=1}^{n} \lambda_j x_{ij} \leq \theta . x_{i0} \quad i = 1, \dots, m$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j \, y_{rj} \geq \, y_{r0} \quad r = 1, \dots, s \qquad (3-1)$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_{\mathrm{j}} = 1 \quad j = 1, \dots, n$$

$$\lambda_j \geq 0$$

$\varphi^* = \max \varphi$ خروجی محور BCC

$$s,t. \sum_{j=1}^{n} \lambda_{ij} x_{ij} \leq x_{i0}$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j y_{rj} \geq \, \varphi \, y_{r0} \qquad (3-2)$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j = 1$$

$$\lambda_j \geq 0 \qquad j = 1, \dots, m$$

۳-۷) مدل FGL

مدل FGL در ماهیت ورودی برای تشـخیص و محاسـبه مقدار تراکم به کار می رود که آن را در زیر آورده

ایم. این روش توسط فاره[1]، گراسکوف[2] ولوول[3] در سال ۱۹۸۵ ارائه گردیده است .[18]

مدل FGL در ماهیت ورودی:

در ماهیت ورودی محور مدل زیر حل می‌شود:

$$\beta^* = \max \hat{\beta}$$

$$s,t. \sum_{j=1}^{n} \lambda_j \, x_{ij} = \tau . x_{i0} \qquad i = 1, \dots, m$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j \, y_{rj} \geq \hat{\beta} . y_{r0} \qquad r = 1, \dots, s \qquad (3-3)$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j = 1$$

$$0 \leq \tau \leq 1, \lambda_j \geq 0$$

۳-۸) روش و الگوی تحقیق

روش تحقیق در این مطالعه یک روش علمی-کاربردی می‌باشد و کارایی و بهره وری با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها محاسبه می‌شود. روش تحلیل پوششی داده ها مبتنی بر بهینه سازی ریاضی با استفاده برنامه ریزی خطی می‌باشد. در این روش منحنی مرزی کارا از یک سری نقاطی که به وسیله برنامه ریزی خطی تعیین می‌شود، تکمیل می‌گردد. برای تعیین این نقاط می‌توان از دو فرض بازدهی ثابت و متغیر نسبت به مقیاس استفاده نمود. روش برنامه ریزی خطی، بعد از بهینه سازی مشخص می‌کند آیا واحد تصمیم‌گیر مورد نظر روی خط کارایی قرار گرفته است و یا خارج آن قرار دارد؟ به این وسیله واحدهای کارا و ناکارا از

[1] Fare
[2] Grosskopf
[3] Lovell

یک دیگر تفکیک می‌شوند و مقدار تراکم در واحدهای ناکارا به دست می‌آید.

در این روش می‌توان تابع هدف (ستانده) را با توجه به نهاده‌های مشخصی حداکثر نمود یا اینکه با استفاده از دوگان آن، یعنی با توجه به ستانده ی معین نهاده‌ها را حداقل کرد. این روش تمام داده‌ها (ارقام و اطلاعات) را تحت پوشش قرار داده و به همین دلیل تحلیل پوششی داده‌ها نامیده شده است. ضمناً نرم افزای که برای اندازه گیری تراکم در این پایان نامه استفاده شده LINGO نام دارد و همچنین روش جمع آوری اطلاعات و آمار نیروگاه‌ها با استفاده از سایت وزارت نیرو (توانیر) و با استفاده از آمارهای تفصیلی صنعت برق صورت می‌گیرد. جمع آوری مقالات از طریق جست و جو در منابع کتابخانه ای و الکترونیکی انجام می‌شود.

۳-۸-۱) مدل توشیوکی سیوشی[1]

این روش توسط توشیوکی سیوشی ارائه شده است. این روش نیز در دو مرحله انجام می‌شود یک مرحله BCC و یک مرحله تراکم است [23].

ما در نظر می‌گیریم که n تا واحد تحت ارزیابی (DMU_s) داریم که هر واحد تحت ارزیابی شامل m ورودی $(x_{ij}: i = 1, \dots, m)$ می باشد که در طی فرآیند تولید تبدیل به S خروجی$(y_{rj}: r = 1, \dots, s)$ می شود.

BCC

$min\theta$

$$s.t, -\sum_{j=1}^{n} x_{ij}\lambda_j + x_{ik}\theta \geq 0 \qquad (i = 1, \dots, m)$$

$$\sum_{J=1}^{n} y_{rj}\lambda_j \geq y_{rk} \qquad (3-4)$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j = 1 \qquad \theta: URS\ , \lambda_j \geq 0\ , j = 1, \dots, n$$

[1] Toshiyuki sueyoshi

Congestion

$\min \beta$

$$s.t, -\sum_{j=1}^{n} x_{ij}\lambda_j + x_{ik}\beta = 0 \qquad (i = 1, \dots, m)$$

$$\sum_{j=1}^{n} y_{ri}\lambda_j \geq y_{rk} \qquad (3-5)$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j = 1 \qquad \theta: URS\ , \lambda_j \geq 0\ , j = 1, \dots, n$$

متغیر های (θ, β) به ترتیب نشان دهنده سطح بازده DEA در دو شرایط مختلف تولید می‌باشند و آزاد در علامت هستند، یعنی می‌توانند هر علامتی بگیرند.

برای رسیدن به اینکه آیا در واحد تحت ارزیابی تراکم وجود دارد یا نه، مقدار بهینه مدل (۳-۴) را θ^* و مقدار بهینه مدل (۳-۵) را β^* در نظر می‌گیریم، از آنجایی که (*) نماد بهینگی است، بنابراین این مقدار تراکم ورودی (IC)[1] به صورت زیر اندازه گیری می‌شود.

$$\text{IC}\ (\theta^*, \beta^*) = \frac{\theta^*}{\beta^*}$$

1: $\text{IC}\ (\theta^*, \beta^*) < 1$ در واحد تحت ارزیابی تراکم رخ می‌دهد

2: $\text{IC}\ (\theta^*, \beta^*) = 1$ در واحد تحت ارزیابی تراکم رخ نمی‌دهد

برای به دست آوردن منابع و مقدار تراکم نیز از مدل زیر استفاده می‌شود.

$\min \alpha$

$$s.t, -\sum_{j=1}^{n} x_{ij}\lambda_j + x_{ik}\,\alpha = 0 \qquad (i \epsilon A)$$

[1] Input – oriented Congestion

$$-\sum_{j=1}^{n} x_{ij}\ \lambda_j\ +\ x_{ik}\,\alpha\ \geq 0 \quad (\ I\,\epsilon\,\bar{A}\,) \qquad (3-6)$$

$$\sum_{j=1}^{n} y_{rj}\lambda_j \geq y_{rk} \qquad (r=1,\dots,s)$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j = 1 \qquad \alpha: URS\ ,\lambda_j \geq 0\ ,j=1,\dots,n$$

در اینجا $A \subseteq \{1,\dots,m\}$ و $\hat{A}$ مجموعه مکمل A است. از آنجایی که تراکم در تمام ورودی‌ها اتفاق نمی افتد بنابراین؛ ما دو دسته ورودی داریم، ورودی هایی که دارای تراکم هستند و ورودی هایی که تراکم ندارند. بنابراین، ورودی‌هایی که تراکم دارند را مساوی صفر قرار می‌دهیم.

۳-۸-۲) مدل ارائه داده شده در پایان نامه

در این پایان نامه مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها برای ارزیابی واحدهای تصمیم گیرنده با توجه به مجموعه امکان تولید مربوط به تراکم بیان شدند که برخی از مدل‌ها مانند FGL یا جمعی و یا روش چند مرحله ای توشیوکی سیوشی با تعاریف مشابه و مدل‌های متفاوت به اندازه گیری و تشخیص تراکم پرداختند. به دلیل مدل‌های متفاوت، نتایج متفاوتی برای واحدهای تصمیم گیرنده به دست می آید. به طور مثال مدل FGL اولین مدلی است که برای تشخیص تراکم ارائه شده است ابتدا این روش در ماهیت ورودی مطرح شده بود، اما در این حالت میزان متغیر های کمکی خروجی نادیده گرفته می‌شوند و این باعث می‌شود که در برخی موارد وقوع تراکم نشان داده نشود. و از آن‌جایی که مدل‌هایی با ماهیت ورودی یا خروجی، کمبود خروجی یا مازاد ورودی را در نظر نمی‌گیرند، ممکن است مدل‌های با ماهیت ورودی یا خروجی تراکم را تشخیص ندهند. بنابراین بهتر بود برای تشخیص تراکم از مدل‌هایی که هم ماهیت ورودی و هم ماهیت خروجی دارند، استفاده شود.

برای جلوگیری از عواقب و ضررهای ناشی از تراکم لازم است مقدار تراکم در ورودی‌ها به دست آورده شود. مدل‌های شعاعی قادر به تشخیص میزان تراکم در ورودی‌ها نمی‌باشند، به همین دلیل برای تشخیص میزان

تراکم در ورودی‌ها بهتر اســت از مدل‌های غیر شــعاعی اســتفاده گردد. زیرا مدل‌های غیر شــعاعی ، کمبود خروجی و مازاد ورودی را در نظر می‌گیرند، به همین دلیل در این پایان نامه با اقتباس از روش ژو و آنگ توانســتیم یک مدل غیر شــعاعی بدســت آوریم که میزان دقیق تراکم را با توجه به مازاد ورودی و کمبود خروجی به ما دهد. که در ادامه به بررسی این مدل می‌پردازیم:

در نظر می‌گیریم کـه n واحـد تحـت ارزیـابی (DMUs) داریم کـه هر واحـد تحـت ارزیـابی شـــامـل mورودی$(X_{ij}:i=1,\ldots,m)$

می‌باشد که در طی فرآیند تولید تبدیل به S خروجی $(y_{rj}:r=1,\ldots,s)$ می‌شوند.

تراکم ورودی محور را برای DMU_k با الهام گرفتن از مدل ژو و آنگ در مدل غیرشــعاعی زیر اندازه گیری می‌کنیم.برای به دست آوردن منابع و مقادیر تراکم از مدل زیر استفاده می‌شود:

$$min \frac{1}{L}\sum_{i=1}^{l}\alpha_l$$

$$s.t -\sum_{j=1}^{n} x_{ij}\,\lambda_j + x_{ik}\,\alpha_l = 0 \qquad (I \epsilon A)$$

$$-\sum_{j=1}^{l} x_{ij}\,\lambda_j + x_{ik}\,\alpha \geq 0 \quad (I \epsilon \bar{A}) \qquad (3-7)$$

$$\sum_{j=1}^{n} y_{rj}\,\lambda_j \geq y_{rk} \qquad (r = 1, \ldots, s)$$

$$\sum_{j=1}^{l} \lambda_j = 1$$

$$\lambda_j \geq 0\,, j = 1, \ldots, n$$

در اینجا $A \subseteq \{1, \ldots, m\}$ و $\bar{A}$ مجموعه ی مکمل A اســـت. از آنجایی که تراکم در تمام ورودی‌ها اتفاق نمی‌افتد، بنابراین ما دو دســـته ورودی داریم، ورودی هایی که دارای تراکم هســـتند و ورودی هایی که تراکم ندارند.بنابراین، ورودی‌هایی که تراکم دارند را مساوی صفر قرار می‌دهیم؛ که ما در جواب این مدل سه حالت را بررسی می‌کنیم:

الف) $\alpha > 1$، یعنی نسبت افزایش در خروجی بیش‌تر از نسبت افزایش در ورودی است و واحد تحت ارزیابی دارای تراکم مطلوب می‌باشد.

ب) $0 < \alpha < 1$، یعنی نسبت افزایش در ورودی بیش تر از نسبت افزایش در خروجی است، و واحد تحت ارزیابی دچار تراکم نا مطلوب است.

ج)$\alpha = 1$، یعنی واحد تحت بررسی تراکم ندارد.

فصل چهارم

تحلیل وتفسیر و نتیجه گیری

۴-۱) مقدمه

در این پایان نامه دو مدل برای سنجش تراکم به کار برده شده است. با توجه به نقطه ضعف مدل‌های DEA جهت ارزیابی تراکم، به ایجاد مدل جدیدی جهت ارزیابی تراکم در نیروگاه‌ها پرداخته شده است. در این فصل ابتدا به بیان نتایج حاصل از دو مدل به کار برده شده پرداخته می‌شود و سپس نتایج این دو مدل با هم مقایسه می‌شوند و در آخر با توجه به نتایج مدل برتر، برای وضعیت نیروگاه‌های تولید برق نتیجه گیری می‌شود.

۴-۲) مطالعه موردی: ارزیابی تراکم در نیروگاه‌های تولید کننده برق ایران

هر نیروگاه تولید برق، نهاده هایی در اختیار دارد که از آن‌ها به منظور تولید ستاده -نیروی برق- استفاده می‌کند. بنابراین بهترین راه برای شناخت بهتر و بیش‌تر عملکرد هر نیروگاه تولید برق شناسایی و ارزیابی عملکرد نهاده‌ها و ستاده های آن نیروگاه می‌باشد.

۴-۲-۱) معرفی متغیرهای مدل

همان‌طور که می‌دانیم هر نیروگاه به عنوان یک سیستم قلمداد می‌گردد که دارای یک سری ورودی و خروجی می‌باشد. ورودی‌های هر نیروگاه در واقع عبارتست از آن‌چه که در اختیار نیروگاه قرار داده شده تا با استفاده از آن‌ها، خروجی یا خروجی های نیروگاه تولید شود. در این پژوهش ورودی های مورد بررسی هر نیروگاه را می‌توان در نیروی کار، سوخت مصرفی و مصارف داخلی خلاصه کرد. نیروی انسانی؛ بخش اجرایی و مدیریتی که عموما فعالیتها را کنترل می‌کند را شامل می‌شود. بخش دوم، یا عامل مهم دوم در هر نیروگاه که نقش مهمی را در تولید دارد، سوخت هر نیروگاه می‌باشد و بخش سوم مصارف برقی است که برای داخل نیروگاه استفاده می‌شود. در زیر شرح مختصری راجع به هر یک از این ورودی‌ها ارائه می‌گردد. خروجی نیز شامل دو بخش تولید ناویژه و تولید ویژه نیروگاه می‌شود.

۱- نیروی کار:

همان طور که در بالا اشاره کردیم کل فعالیت‌های هر نیروگاه را افرادی به عنوان نیروی انسانی شاغل در آن نیروگاه هدایت، کنترل و مدیریت می‌کنند. این افراد بر حسب تخصص و تجربه خود در واحدهای مختلف نیروگاه مشغول به کارند و نقش مهمی را در بهینگی انجام کارها در نیروگاه دارند. البته نیروی انسانی را هم می‌توان به شکل کلی وارد مدل کرد و هم این‌که این نیروها را می‌توان به تفکیک تحصیلات یا تجربه وارد مدل کرد. آن‌چه بدیهی به نظر می‌رسد این است که دوباره کاری‌ها و عدم انجام بهینه ی امور یا تخصیص کارها به شکل نامناسب بین کارمندان همگی می‌توانند در کارایی تاثیر منفی بجا بگذارند. طبیعتا واحدی را می‌توان کاراتر از سایر واحدها قلمداد کرد که هم به اندازه مناسب و لازم از نیروی انسانی استفاده کرده باشد و هم این‌که نیروی کار را به شکل مناسب به فعالیت‌های مختلف تخصیص داده باشد. هرگونه قصور در هر یک از این‌ها باعث ایجاد تراکم و تنزل کارایی می‌گردد، نیروی انسانی در این مطالعه برحسب تعداد نفرات وارد مدل شده است.

۲- سوخت:

ورودی دیگر که در هر نیروگاه جهت تولید برق مورد استفاده قرار می‌گیرد، سوخت می‌باشد. لازم به ذکر است سوختی که هر نیروگاه مورد استفاده قرار می‌دهد؛ یکی از سه شکل گازوییل، نفت کوره و یا گاز طبیعی می‌باشد. البته گاهی اوقات سوخت‌های دیگری هم مورد استفاده قرار می‌گیرد. مانند پسماندهای پالایشگاه‌ها به نام مازوت –که این سوخت بیش‌تر ویژه نیروگاه دیزلی می‌باشد- اما با توجه به ویژگی‌های هر منطقه و یا کشور و نزدیکی به منابع گازی یا ... و هزینه تمام شده ی آن سوخت برای نیروگاه، ممکن است هر یک از این سوخت‌ها یا هر سه نوع جهت تامین سوخت نیروگاه مورد استفاده قرار گیرند.

سوخت نیروگاه‌ها را می‌توان به دو شکل وارد مدل کرد، اول این‌که می‌توان هر نوع سوخت را برای هر نیروگاه به یک واحد تبدیل کرد و سپس این مقدار را به عنوان تنها شاخص سوخت نیروگاه وارد مدل کرد و شکل دیگر این‌که هر یک از سوخت‌ها را به طور مستقیم و به عنوان یک متغیر مستقل وارد مدل کرد. در این

پژوهش با استفاده از مدل اول هر سه نوع سوخت برای هر نیروگاه به یک واحد تبدیل شده است.

۳- مصارف داخلی:

مقدار انرژی الکتریکی که توسط تجهیزات کمکی و جانبی یک واحد راهبری آن (چه در حالت کار و چه در حالت توقف) مصرف می‌شود در طول یک دوره مشخص را مصرف داخلی واحد گویند.

خروجی:

۱- تولید ناویژه نیروگاه: جمع انرژی تولیدی مولدهای برق یک نیروگاه، که در طی یک دوره زمانی (مثلا یکسال) روی پایانه خروجی مولدها، برحسب کیلو وات ساعت یا مگاوات ساعت اندازه گیری می‌شود.

۲- تولید ویژه نیروگاه: تولید انرژی ویژه عبارتست از، تولید انرژی برق ناویژه منهای مصرف داخلی نیروگاه‌ها در یک دوره معین و بر حسب کیلو وات ساعت یا مگاوات ساعت محاسبه می‌شود.

۴-۳) نتایج روش توشیوکی سیوشی:

در این جدول نتایج مدل توشیوکی سیوشی در طی سال‌های ۱۳۹۵-۱۳۸۴ برای ۱۵ نیروگاه منتخب تولید برق آورده شده است.

جدول ۴-۱ میزان تراکم انرژی در نیروگاه‌های تولید برق کشور طی سال‌ها۱۳۸۶-۱۳۸۵ با استفاده از فرمول توشیوکی سیوشی

سال / نیروگاه	۸۴	۸۵	۸۶	۸۷	۸۸	۸۹	۹۰	۹۱	۹۲	۹۳	۹۴	۹۵
آذربایجان	۰/۲۲	۰/۲۳	۰/۶۳	۰/۴۱	۰/۴۳	۰/۶۱	۰/۶۳	۰/۶۲	۰/۴۵	۰/۳۲	۰/۱۳	۰/۳۳
اصفهان	۰/۱۸	۰/۲۵	۰/۲۹	۰/۳۲	۰/۲۶	۰/۲۹	۰/۱۸	۰/۷۱	۰/۱۸	۰/۱۴	۰/۶۲	۰/۱۱
باختر	۰/۷۴	۰/۵۶	۰/۶۷	۰/۵۸	۰/۵۷	۰/۶۴	۰/۴۰	۰/۵۷	۰/۴۵	۰/۴۹	۰/۱۶	۰/۵۵
سیستان و بلوچستان	۰/۱۴	۰/۱۸	۰/۴۸	۰/۱۹	۰/۲۵	۰/۳۹	۰/۲۸	۰/۴۱	۰/۳۲	۰/۲۴	۰/۱۱	۰/۲۹

خوزستان	۰	۰	۰	۰/۳۷	۰/۵۴	۰/۸۹	۰/۶۴	۰	۰	۰	۰/۲۶	۰
خراسان	۰/۳۵	۰/۱۶	۰/۹۴	۰/۲۵	۰/۲۷	۰/۲۹	۰/۱۷	۰/۷۰	۰/۲۹	۰	۰	۰/۱۶
تهران	۰/۸۵	۰/۷۶	۰	۰/۷۷	۰	۰/۸۲	۰/۴۰	۰/۷۵	۰/۴۵	۰/۴۸	۰/۱۳	۰/۴۲
کیش	۰/۱۰	۰/۱۴	۰/۳۴	۰	۰/۳۵	۰/۲۷	۰	۰	۰	۰/۲۳	۰/۱۵	۰/۸۴
یزد	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
هرمزگان	۰/۷۳	۰	۰/۲۰	۰./۷۸	۰/۶۵	۰/۸۳	۰/۴۳	۰/۷۱	۰/۴۵	۰/۳۱	۰/۱۳	۰/۳۴
مازندران	۰/۲۷	۰	۰	۰	۰/۴۴	۰	۰/۴۰	۰/۶۳	۰/۴۹	۰/۶۲	۰/۱۶	۰
گیلان	۰/۷۳	۰	۰/۲۰	۰/۷۸	۰/۶۵	۰/۸۳	۰/۴۳	۰/۷۱	۰/۴۵	۰/۳۱	۰/۱۳	۰/۳۴
کرمان	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
فارس	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۳۷	۰	۰	۰	۰	۰	۰
غرب	۰/۱۹	۰/۲۱	۰/۶۲	۰/۲۶	۰/۴۱	۰/۵۲	۰/۳۷	۰	۰/۴۱	۰/۳۹	۰/۱۵	۰

منبع: یافته هایی پژوهش

با توجه به جدول شماره(۴-۱) میانگین تراکم موجود در نیروگاه‌های تولید برق در طی سال‌های مورد نظر به این ترتیب است:

آذربایجان ۰.۳۸ ، اصفهان ۰.۲۹ ، باختر ۰.۵۳ ، سیستان و بلوچستان۰.۲۷، خوزستان ۰.۲۲، خراسان ۰.۲۹، تهران ۰.۴۸، کیش ۰.۲۰، یزد ۰.۰، هرمزگان ۰.۵۲، مازندران ۰.۲۵، گیلان ۰.۴۱، کرمان ۰.۰، فارس ۰.۰۳، غرب ۰.۲۹.

همان گونه که در جدول مشاهده می‌شود،نیروگاه‌های یزد،کرمان و فارس در بهترین سطح کارایی و نیروگاه-های آذربایجان،اصفهان،باختر و سیستان و بلوچستان در بالاترین حالت ناکارایی دارای تراکم در طی تمام سال‌های مورد ارزیابی می‌باشد. از آن‌جا که تراکم در ورودی موجب کاهش در خروجی می‌شود بنابراین با مشخص شدن واحدهای تحت ارزیابی که دارای تراکم در ورودی(سوخت) می‌باشند با شناسایی میزان تراکم

و حذف آن می‌توان با انرژی(سوخت) کم‌تر،بیشترین مقدار خروجی را عرضه کرد.

۴-۴ نتایج مدل ارائه شده در پایان نامه:

۱- در جدول ۴-۲ نتایج روش توسعه یافته در زمینه تراکم انرژی در طی سال‌های ۱۳۹۵-۱۳۸۴ برای ۱۵ نیروگاه حرارتی منتخب تولید برق ایران آوره شده است.

جدول ۴-۲: میزان تراکم نیروی انسانی در نیروگاه‌های منتخب تولید برق کشور طی سال‌ها۱۳۹۵-۱۳۸۴.

سال / نیروگاه	۸۴	۸۵	۸۶	۸۷	۸۸	۸۹	۹۰	۹۱	۹۲	۹۳	۹۴	۹۵
آذربایجان	۰/۵۸	۰/۷۵	۰/۴۶	۱/۰۸	۰/۳۰	۰/۷۹	۰/۳۸	۰/۳۶	۰/۳۵	۰/۳۲	۰/۳۱	۰/۳۰
باختر	۱/۱۱	۱/۰۷	۰/۷۷	۱/۱۶	۰/۳۳	۰/۷۴	۰/۴۴	۰/۳۸	۰/۶۱	۰/۲۸	۱/۰۲	۰/۳۲
فارس	۰/۸۷	۰/۹۵	۰/۷۶	۱/۳۷	۰/۳۸	۰/۸۸	۰/۳۸	۰/۴۲	۰/۲۱	۰/۳۴	۰/۲۰	۰/۵۸
غرب	۰/۵۲	۰/۶۱	۰/۵۲	۰/۸۵	۰/۲۸	۰/۶۴	۰/۴۰	۰/۴۷	۰/۴۵	۰/۴۱	۰/۴۸	۰
گیلان	۱/۰۷	۱/۱۳	۰/۷۴	۱/۲۷	۰/۳۵	۰/۸۷	۰/۵۲	۰/۴۷	۰/۲۸	۰/۲۸	۰/۲۲	۰/۶۵
هرمزگان	۱/۲۲	۱/۴۳	۰	۱/۵۸	۰/۴۱	۰/۹۳	۰/۵۱	۰/۵۳	۰/۵۴	۰/۴۹	۰/۵۶	۰/۵۱
اصفهان	۰/۹۳	۰/۷۶	۰/۷۲	۰/۸۰	۰/۳۵	۰/۸۴	۰/۶۴	۰/۶۱	۰/۲۴	۰/۱۸	۰/۲۵	۰/۱۵
کرمان	۰/۶۴	۰/۶۵	۰/۵۳	۱/۲۳	۰/۳۴	۰	۱/۰۷	۰/۸۹	۰	۰	۰	۰
خوزستان	۰	۱/۳۰	۰/۶۸	۰/۶۱	۰/۷۳	۰/۸۰	۰/۳۸	۰/۳۹	۰/۶۰	۰/۳۲	۰/۹۷	۰/۲۸
خراسان	۰/۸۴	۰/۷۰	۰/۳۴	۰/۷۶	۰/۳۷	۰/۸۸	۰/۶۸	۰/۷۰	۰/۳۶	۰/۱۹	۰/۲۰	۰/۱۷
کیش	۰/۲۴	۰/۱۸	۰/۱۰	۰/۲۱	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۱۲	۰/۱۲	۰/۱۱	۰/۱۹	۰/۱۹	۰/۵۷
مازندران	۱/۳۷	۱/۴۰	۰/۹۸	۱/۵۸	۰/۴۲	۱/۰۰۵	۰/۵۲	۰/۳۵	۰/۵۸	۰/۳۴	۱/۰۱	۰/۲۷

سیستان و بلوچستان	۰/۱۹	۰/۱۷	۰/۸۷	۰/۱۴	۰/۱۹	۰/۲۲	۰/۱۴	۰/۱۴	۰/۲۳	۰/۳۲	۰/۴۱	۰/۱۲
تهران	۱/۲۰	۱/۲۳	۰/۸۶	۱/۳۶	۰	۰/۹۷	۰/۵۹	۰/۶۴	۰/۴۰	۰/۲۲	۰/۵۹	۰/۱۶
یزد	۰	۰	۰/۵۷	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۳۲	۰	۰/۲۵

منبع: یافته‌های پژوهش

همان‌طور که در جدول مشاهده می‌کنیم در زمینه تراکم نیروی انسانی یزد با ۹ درصد و همچنین اصفهان با ۵۳ درصد دارای کم‌ترین و بیش‌ترین مقدار تراکم در بین نیروگاه‌ها می‌باشند.

۲- جدول ۴-۳ میزان تراکم انرژی در طی ســـال‌های ۱۳۹۵-۱۳۸۴ برای ۱۵ نیروگاه حرارتی منتخب تولید برق ایران را نشان می‌دهد.

جدول ۴-۳: میزان تراکم انرژی در نیروگاه‌های منتخب تولید برق کشور طی سال‌ها۱۳۹۵-۱۳۸۴.

سال / نیروگاه	۸۴	۸۵	۸۶	۸۷	۸۸	۸۹	۹۰	۹۱	۹۲	۹۳	۹۴	۹۵
آذربایجان	۰/۱۴	۰/۴۰	۰/۶۳	۰/۲۶	۰/۹۸	۰/۷۶	۰/۳۶	۰/۷۲	۰/۴۵	۰/۵۲	۰/۱۳	۰/۵۰
باختر	۰/۴۵	۰/۴۲	۰/۶۷	۰/۲۸	۱/۰۹	۰/۸۶	۰/۴۰	۰/۷۸	۰/۶۲	۰/۷۹	۰/۱۴	۰/۸۵
فارس	۰/۴۱	۰/۳۹	۰/۳۹	۰/۲۸	۱/۰۶	۰/۴۲	۰/۳۸	۰/۸۸	۰/۲۱	۱/۶۰	۰/۴۰	۱/۱۶
غرب	۰/۴۱	۰/۳۶	۰/۶۲	۰/۲۶	۱/۰۲	۰/۸۰	۰/۳۷	۰/۷۸	۰/۵۶	۰/۵۵	۰/۱۵	۰
گیلان	۰/۵۰	۰/۴۹	۰/۴۶	۰/۳۰	۱/۱۵	۰/۹۴	۰/۴۳	۰/۸۸	۰/۴۵	۰/۵۱	۰/۱۳	۰/۹۰
هرمزگان	۰/۳۷	۰/۳۷	۰	۰/۲۴	۰/۹۲	۰/۷۴	۰/۳۴	۰/۷۰	۰/۷۸	۰/۷۵	۰/۷۵	۰/۷۵
اصفهان	۰/۱۹	۰/۴۶	۰/۲۹	۰/۴۷	۰/۴۷	۰/۳۴	۰/۱۸	۰/۸۰	۰/۳۴	۰/۲۷	۰/۳۷	۰/۲۴

کرمان	۰/۳۵	۰/۳۴	۰/۴۷	۰/۲۹	۱/۱۸	۰	۰/۴۴	۱/۱۰	۰	۰	۰	۰
خوزستان	۰	۰/۵۸	۰/۱۵	۰/۳۷	۰/۵۴	۰/۸۹	۰/۶۴	۱/۳۶	۱/۳۶	۱/۵۶	۰/۲۶	۱/۷۰
خراسان	۰/۴۰	۰/۳۹	۰/۲۵	۰/۴۱	۰/۴۵	۰/۳۳	۰/۱۷	۰/۷۶	۰/۵۶	۰/۳۱	۰/۳۵	۰/۳۱
کیش	۰/۱۰	۰/۱۴	۰/۲۳	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۱	۰/۲۸	۰/۵۶	۰/۲۳	۰/۳۷	۰/۹۶	۰/۲۲
مازندران	۰/۳۹	۰/۴۱	۰/۶۳	۰/۲۶	۰/۶۶	۰/۸۰	۰/۴۰	۰/۸۳	۰/۵۸	۰/۹۳	۰/۱۵	۰/۹۲
سیستان و بلوچستان	۰/۱۴	۰/۱۸	۰/۴۸	۰/۱۹	۰/۲۵	۰/۳۹	۰/۲۸	۰/۵۶	۰/۳۲	۰/۳۹	۰/۱۱	۰/۶۷
تهران	۰/۴۰	۰/۳۹	۰/۶۴	۰/۲۵	۰	۰/۸۴	۰/۴۰	۰/۸۳	۰/۶۲	۰/۸۳	۰/۱۳	۰/۸۳
یزد	۰	۰	۰/۱۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۹۸	۰	۱/۰۳

منبع: یافته‌های پژوهش

همان‌گونه که در نمودار ۴-۳ مشاهده می‌شود، میانگین تراکم کل دو نیروگاه تولید برق غرب و یزد طی ۱۲ سال متوالی نشان داده شده است. مطابق نمودار نیروگاه یزد جز در سال‌های ۸۶، ۹۳ و ۹۵ دارای تراکم صفر می‌باشد، اما نیروگاه غرب در شرایط با ثباتی از بهینه یابی قرار ندارد، هر چند در چهار سال آخر روند تراکم رو به نزول است، تا در سال آخر به صفر می‌رسد. همچنین با مشاهده نمودار ۴-۲ متوجه می‌شویم که در سال ۹۵ نیروگاه یزد دارای تراکم مطلوب است. که این نشان دهنده ی بهبود بهینه یابی و کارایی در سال ۹۵ در نیروگاه یزد می‌باشد.

۴-۵) تحلیل و تفسیر

با توجه به جداول ۴-۲، ۴-۳ درصد میانگین تراکم نیروگاه‌های تولید برق در طی سال‌های مورد نظر به این صورت است:

جدول ۴-۴ درصد میانگین تراکم درنیروگاه‌های کشور

نیروگاه‌های تولید برق	تراکم نیروی انسانی	تراکم انرژی	میانگین تراکم کل
آذربایجان	٪۴۰	٪۵۱	٪۴۷
باختر	٪۳۲	٪۵۲	٪۶۲
فارس	٪۴۹	٪۳۱	٪۶۰
غرب	٪۴۶	٪۴۰	٪۴۵
گیلان	٪۳۶	٪۴۹	٪۶۰
هرمزگان	٪۳۷	٪۵۵	٪۶۴
اصفهان	٪۵۳	٪۳۶	٪۴۴
کرمان	٪۲۵	٪۱۵	٪۳۸
خوزستان	٪۴۸	٪۲۸	٪۶۸
خراسان	٪۵۱	٪۳۹	٪۴۴
کیش	٪۱۷	٪۳۱	٪۲۳
مازندران	٪۲۸	٪۵۸	٪۶۷
سیستان و بلوچستان	٪۲۵	٪۳۳	٪۲۹
تهران	٪۳۶	٪۵۱	٪۵۷
یزد	٪۹	٪۹	٪۱۳

منبع: یافته های پژوهش

با استفاده از داده های آماری صنعت برق درمورد تولید، نیروی انسانی و سوخت، میزان تراکم ۱۵ نیروگاه برق برای سال‌های ۱۳۹۵-۱۳۸۴ به روش تحلیل پوششی داده ها محاسبه گردیده است. این مدل با رویکرد ورودی محور مورد استفاده قرار گرفت. از آن‌جایی که نیروگاه‌های برق همیشه در حالت بهینه خود نیستند، بنابراین در این پایان نامه سعی در اندازه گیری مقدار تراکم در نیروگاه‌ها شده است. در جدول ۴-۴ درصد میانگین کل تراکم نیروی انسانی و انرژی را که در جدول‌های ۴-۲، ۴-۳ نشان داده شده است آورده ایم تا نتایج جدول ها به صورت راحت تری مورد بحث و بررسی قرار گیرد.

در زمینه تراکم نیروی انسانی بالاترین تراکم متعلق به نیروگاه تولید برق هرمزگان است و یزد با ۹ درصد، تراکم کم ترین مقدار تراکم را داراست و همچنین در تراکم انرژی خوزستان با ۷۸ درصد تراکم دارای بالاترین تراکم در واحد انرژی است و در مقابل آن یزد با مقدار ۱۷ درصد کم‌ترین مقدار تراکمی را دارا می‌باشد. در یک بررسی کلی از نتایج جدول ملاحظه می گردد که از بین ۱۵ نیروگاه تولید برق تنها یک نیروگاه، آن هم به طور نسبی دارای کارایی است، در واقع تمامی نیروگاه‌های تولید برق دارای تراکم هستند یعنی ۱۰۰ درصد نیروگاه‌ها، نهاده ها را به شکل غیربهینه ای مورد استفاده قرار می‌دهند. البته واضح است که شدت یا بزرگی نابهینگی بستگی به مقدار به دست آمده برای کارایی هر نیروگاه دارد. هر چه تراکم بیش‌تر باشد، کارایی پایین تر است، به این معنی که نهاده ها به شکل نابهینه تری مورد استفاده واقع شده اند. همان طور که در جدول های ۱تا۳ مشاهده می‌کنید، تراکم در سال‌هایی که صفر می‌باشد، مقادیر مورد استفاده در نیروگاه‌ها همان مقادیر پیش نهادی یا بهینه هستند. همچنین در بعضی سال‌هایی که تراکم از یک بیش تر شده است، نشان دهنده ی تراکم مطلوب می‌باشد، به این معنا که نسبت افزایش در خروجی بیش تر از نسبت افزایش در ورودی می‌باشد.

۴-۶) مقایسه ی نتایج دو مدل توشیوکی سیوشی و مدل ارائه شده:

همان‌گونه که در جدول‌های ۴-۱ و ۴-۲ و ۴-۳ مشاهده می‌کنیم در مدل توشیوکی سیوشی از ۱۵ نیروگاه ۳نیروگاه دارای کارایی می باشند و مطابق با نتایج در حالت بهینه به سر می‌برند، اما در مدل ارائه شده در پایان نامه تنها یک نیروگاه یزد آن‌هم‌به طور نسبی بهینه می‌باشد. دلیل این اختلاف نتایج بین دو مدل می‌تواند به دلیل غیر شعاعی بودن مدل توشیوکی سیوشی باشد. زیرا، به دلیل غیرشعاعی بودن، مازاد ورودی و کمبود خروجی را در نظر نمی‌گیرد و قادر به تشخیص مقدار واقعی تراکم نمی‌باشد و مدل ارائه شده دارای قدرت تفکیک بالاتری می‌باشد. علاوه بر این مدل توشیوکی سیوشی قادر به تشخیص تراکم مطلوب نمی‌باشد اما در نتایج مدل ارائه شده در جدول ۴-۳ شاهد اعداد بالای یک می باشیم، که نمایان‌گر تراکم مطلوب هستند.

۴-۷) نتیجه گیری:

آن‌چه در این پژوهش مورد مطالعه و تحقیق قرار گرفت ارزیابی تراکم در بخش نیروی انسانی و سوخت نیروگاه‌های منتخب تولید برق در ایران بود. با توجه به نقطه ضعف مدل‌های استاندارد تحلیل پوششی داده ها جهت ارزیابی تراکم، به ایجاد مدل جدیدی جهت ارزیابی و تعیین مقدار تراکم در این پایان نامه پرداخته شده است. این مدل، یک مدل غیرشعاعی است که دارای یک مرحله برای ارزیابی و مقدار تراکم است. ناکارایی شرط لازم برای وقوع تراکم در این مدل می‌باشد. اساسی ترین مسئله ای که علم اقتصاد با آن روبه رو است تخصیص بهینه منابع کمیاب در جهت تولید محصول می‌باشد. حال نیروگاه‌های حرارتی که ۹۶ درصد از برق کشور را تولید می کنند و از منابع کمیاب مانند سوخت و نیروی انسانی استفاده می‌نمایند، تا چه حد توانسته لند برای تولید برق از این منابع کمیاب به طور بهینه استفاده نمایند. در این تحقیق، ۱۵نیروگاه منتخب تولیدبرق کشور در طی سال‌های ۹۵-۸۴ با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها مورد ارزیابی قرار گرفته اند تا میزان تراکم و در نهایت بهره‌وری آن‌ها بررسی شود. اگر بخواهیم نتایج حاصل از تراکم نیروگاه‌ها رامورد بررسی قرار دهیم. از نظر تحلیل پوششی داده‌ها، نیروگاه‌هایی که تراکم آن‌ها مساوی با صفر است کارا می‌باشند. اما اگر بخواهیم به طوردقیق تر درباره این نیروگاه‌ها و جایگاهشان نسبت به هم بحث کنیم، می‌توانیم از روش مجموعه مرجع استفاده کنیم. همان‌طور که از تعریف مجموعه مرجع داریم، این مجموعه، مجموعه ای است از نیروگاه‌های بهینه که برای بقیه ی نیروگاه‌های غیر بهینه می‌تولند الگو قرار بگیرد. مثلا همان‌طور که در جدول ۴-۴ می بینیم مجموعه مرجع برای نیروگاه‌های تحت بررسی در زمینه ی تراکم نیروی انسانی و انرژی نیروگاه یزد می‌باشد. یعنی نیروگاه‌های دیگر جهت رسیدن به مرکز کارایی و رسیدن به شکل بهینه باید از این نیروگاه الگو برداری کنند. زیرا وجود تراکم موجب عدم کارایی و بهره وری می‌شود و موجب هزینه های گزاف و سود اقتصادی کم تری می شود. تراکم را می توان به عنوان جزئی از ناکارایی در نظر گرفت. باید یاد آور شد که ناکارایی زمانی اتفاق می افتد که امکان بهبود بعضی از ورودی‌ها و خروجی‌ها، بدون بدتر کردن دیگر ورودی‌ها و خروجی‌ها ممکن باشد. اما حذف تراکم ورودی معمولا با

افزایش کارایی حداقل یکی از واحد های خروجی همراه خواهد بود.

استفاده از تحلیل پوششی داده ها علاوه بر تعیین میزان کارایی نسبی، نقاط ضعف نیروگاه ها را در واحد مورد نظر تعیین کرده و با ارائه ی میزان کارایی آن‌ها، سیاست‌های نیروگاه را به سوی ارتقای بهره وری و کارایی سوق می‌دهد.

۴-۸) پیشنهادات

۱- با مقایسه نیروگاه‌های حرارتی کشور با نیروگاه‌های پیش رفته تر در کشورهای دیگر مبنای بهتری برای کم کردن تراکم و همچنین افزایش بهره وری و کارایی کشور فراهم نموده و الگوی مناسب تری برای نیروگاه‌های ناکارا معرفی گردد.

۲- به مدیران و تصمیم گیران نیروگاه‌های ناکارا پیشنهاد می‌گردد که سطح مصرف خود را با توجه به مقادیر بهینه کاهش داده و ساختار تولید خود را بر اساس نیروگاه‌های هدف معرفی شده بازسازی نمایند تا بتوانند کارایی بالاتری داشته باشند.

منابع

۱- زهرا، جواهری؛ امیرحسین، خامنه، (۱۳۸۸)، ارزیابی عملکرد نیروگاه‌های حرارتی ایران با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها، ارزیابی عملکرد نیروگاههای حرارتی ایران با استفاده از روش تحلیل پوششی داده ها، اولین کنفرانس ملی صنعت نیروگاههای حرارتی، تهران، دانشکده فنی دانشگاه تهران. https://www.civilica.com/Paper-POWERPLAN01_POWERPLANT01_005.html

۲- علی رضا، علی‌نژاد؛ بهنام، محمدبیگی، (۱۳۹۶)، توسعه مدل تراکم در تحلیل پوششی داده‌های فازی. مجله مدیریت توسعه و تحول، شماره ۲۹. صفحات ۶۱-۴۹

۳- فرید، قادری؛ محمد علی، آزاده، (۱۳۷۸)، ارزیابی عملکرد شرکتهای توزیع برق با روش‌های تحلیل پوششی داده ها و حداقل مربعات معمولی تصحیح شده، مجله علمی پژوهشی شریف، دوره۲۴، شماره۴۳، صفحات۱۴۲-۱۳۷

۴- محمدحسین، پورکاظمی؛ کیومرث، حیدری (۱۳۸۱)، استفاده از تحلیل پوششی داده ها در ارزیابی کارایی نیروگاه‌های حرارتی تولید برق کشور، مجله مدیریت توسعه و تحول، دوره ۶، شماره۱، صفحات۵۱-۳۵

۵- محمدرضا، علی‌رضایی؛ محسن،افشاریان؛ بیتا، آنالویی، (۱۳۸۶)، محاسبه رشد بهره وری عوامل به کمک مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها با یک مطالعه موردی در صنعت برق، تحقیق اقتصادی، دوره ۴۲، شماره۷۸، صفحات۲۰۶-۱۷۷

۶- محمدعلی، رضوانی، (۱۳۷۹)، تحلیل کارایی فنی دانشگاه‌های بزرگ دولتی ایران با استفاده از روشDEA، پایان نامه کارشناسی ارشد رشته علوم اقتصادی، دانشکده علوم اداری و اقتصاد، دانشگاه اصفهان، دوره۳۶، شماره۲.

۷- مصطفی، کاظمی؛ شیلا، ابراهیم پور، (۱۳۸۸)، ارزیابی عملکرد و تعیین کارایی نیروگاه‌های بخار

صنعت برق کشور با استفاده از تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها، دومین کنفرانس بین المللی تحقیق در عملیات ایران. بابلسر، دانشگاه مازندران-https://www.civilica.com/Paper-ICIORS02-ICIORS02_353.html

۸- محمد، محلاتی راینی، (۱۳۹۳)، بررسی اثر تراکم در خروجی نامطلوب با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها مطالعه موردی:ارزیابی عملکرد دانشگاه، مجله ی مدیریت تولید و عملیات،دوره ۶، شماره ۱ صفحات:۱۱۲-۹۹

۹- میرزا حسن، حسینی، (۱۳۹۱)، اندازه گیری تغییرات بهره وری با استفاده از تحلیل پوششی داده ها و شاخص مالم کوئیست در شرکت‌های مدیریت تولید برق، مجله چشم انداز مدیریت صنعتی،دوره۲، شماره۶، صفحات ۱۵۰-۱۲۹

[10]. Abbott. M, (2006), The productivity and efficiency of the Australian electricity supply industry, journal of Energy Economics, 28, 4, 444-454.

[11]. Amey. L. R., the Efficiency of Business Enterprisec, management sciece, 35, 8, 903-1028.

[12]. Banker. R.D, Cooper. w.w, (1984)," some models for estiminating technical and scale efficiencis in DEA". Managment science, 30, 9, 1031-1142.

[13]. Brockett. P.L, Cooper. w.w, Shin. H.C, Wang.Y, (1997), Inefficiency and congestion in chinese production before and after the 1978 economic reforms, socio Economic Planning science, 32, 1, 1-20

[14]. charnes. A, Cooper. w.w, Rhodes.E, (1978).," measuring the efficiency of decision making units," European Journal of operational Research, 2, 6, 391-465.

[15]. Cooper. w.w, Thompson. R.G, Thrall. R. M, (1996), Introduction: extension and new developments in DEA, Annals operations Research, 66, 1, 1-

45.

[16]. Cooper. w.w, seiford, L. M. Zhu. J, (2004), Handbook an data envelopment analysis, Kluwer Academic publishers , massa chusett, USA.

[17]. Emami meibodi. A, Efficiency considerations in the electricity supply industry the case of iran, (1998), A thesis submitted to university of surrey for the degree of doctor of philosophy may.

[18]. Fare.R, Grosskopf. S, Lovell. C.a.k. (1985), The measurement of efficiency of production, Kluwernijhoff. Boston.

[19]. Farrell. m.j ,(1957), the measurment of productivity efficiency , Journal of Royal static society, 120, 3, 253-281.

[20]. Fongsee. K, Coelli.T,(2012), Analysis of factors that influence the technical efficiency of Malaysian thermal power plants, energy economics, 34, 3, 677-685.

[21]. Jahanshahlo. G.R., khodabakhshi. M., (2004), suitable combination of input for improving output in DEA with determining input congestion considering textile industry of china, Applied mathematics and computation, 151, 1, 263-273.

[22]. Khodabakhshi. m, (2009), A model approch based on relaxed combination of inputs for evaluating input congestion in DEA, Jurnal of conputational applied mathmatics, 230, 2, 443-450.

[23]. Toshiyuki. S, (2003), DEA Implication of congestion, Asia facific managment Review, 194, 2, 599-607.

[24]. Toshiyuki. S, sekitani, K.A ,(2007), Measurment of return to scale using a non-radial DEA model: A rang-adjusted measure approach, European journal of opera-tional Research, 194, 2, 592-607.

[25]. Toshiyoki. S, Mita.G ,(2016), Underable congestion under natural disposability and discrable congestion under managerial disposability in U.S electric power industry measured by DEA envirom menal assessment, Energy Economics, 10. 1016 / j. eneco . 01, 004.

[26]. Vaninsky. A, (2006), Efficiency of electric power generation in the united state: Analysis and forecast based on data envelopment analysis, journal of energy economics 28, 3, 326-338.

[27]. Wang. K, wei. Y, Huang. Z, (2018), Environmental efficiency measurements of china's thermal power industry: A data envelopment analysis based materials balance apporoach, European journal of operational Research 269, 1, 35-50.

[28]. Zhou. P, Ang. B.W, (2008), linear programming models for measuring economy-wide energy efficiiency performance, Energy police, 36, 8, 2911-2916.

Abstract

Data envelopment analysis is a non-parametric method for evaluating the efficiency of decision-making units, which, based on mathematical programming, recognizes the relative performance of envelopment analysis models is to identify and improve inefficient units. One of the situations in which the unit under evaluation is ineffective is when congestion occurs.

When increasing one or more inputs decreases one or more outputs, or vice versa, decreasing one or more inputs increases one or more outputs so that other inputs and outputs remain unchanged, congestion occurs. This event is one of basic concepts in economics that neglecting it will damage the body of economy. Data envelopment analysis is a tool for invesitigating and identifying the event. In this thesis, we seek to evaluate the performance of 15 selected power plants in the country in terms of congestion. After reviewing the data envelopment analysis, the definition of congestion, congestion measurement models, finally, the selected of the Iranian electricity industry and the calculation of congestion through data envelopment analysis in this industry. According to the results, the highest congestion belongs to Hormozgan Power Plant and Yazd has the lowest congestion with 9% and also the highest congestion in Khuzestan with 78%. In contrast, Yazd had the lowest congestion rate of 17 percent. An overview of the results of the table shows that out of the 15 electricity industry, only one is relatively efficient.

Keyword: Data envelopment analysis, congestion, Inefficiency, electricity industry.

Shahrood University of Technology
Faculty of Industry and Management

Congestion measurment of selected power plants IRAN in electricity generation by Using Data Envelopment Analysis.

By:

Zahra babakhani

Supervisors:

Dr.

Mojtaba ghiyasi

Advisor:

Dr.

Mohammad fattahi

August 2019