بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده مدیریت و صنایع

پایان نامه کارشناسی ارشد مدیریت صنعتی

اندازه گیری کارایی و پایداری نیرو گاههای سیکل ترکیبی با استفاده از مدل NDEA با رویکردهای متفاوت

نگارنده:

محمود غفاریان مظاهری

استاد راهنما:

دکتر مجتبی غیاثی

شهریور ۱۳۹۸

تقدیم

ماحصل آموخته هایم را تقدیم می کنم به آنان که مهر آسمانی شان آرام بخش آلام زمینی ام است .

به استوارترین تکیه گاهم، دستان پرمهر پدرم .

به سبزترین نگاه زندگیم، چشمان مادرم .

که هرچه آموختم در مکتب عشق شما آموختم و هرچه بکوشم قطره ای از دریای بی کران مهربانیتان را سپاس نتوانم بگویم.

امروز هستی‌ام ثمره‌ی وقفی است که از لحظات عمر خود داشتید و فردا کلید باغ بهشتم رضای شما .

نه می‌توانم موهاییی که از رنج و بردباریتان سپید شد را سیه کنم، نه برای خطوط چهره‌هاتان مرهمی قابل‌ام، ازخدا توفیق می‌خواهم تا عصایی در زیر دستان آسمانیتان باشم.

آورده‌ای گران سنگ تر از این ارزان نداشتم تا به خاک پایتان نثار کنم، باشد که حاصل تلاشم نسیم گونه، غبار خستگیتان را بزداید.

بوسه بر دستان پرمهرتان

سپاسگذاری

سپاس خدای بزرگ را که مرا یاری رساند تا بتوانم این مقطع تحصیلی را به پایان رسانده و گامی در راستای اعتلای علم بردارم.

از استاد راهنمای گرانقدرم جناب آقای دکتر غیاثی که وجودشان همیشه قوتی برای انجام کارهایم بوده است و بدون شک انجام این پایان نامه بدون کمک و راهنمایی های ارزنده ایشان امکان پذیر نبوده است

تعهد نامه

اینجانب محمود غفاریان دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته مدیریت صنعتی دانشکده مهندسی صنایع و مدیریت دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان‌نامه « **اندازه گیری کارایی و پایداری نیرو گاههای سیکل ترکیبی با استفاده از مدل NDEAبا رویکردهای متفاوت** » تحت راهنمائی جناب آقای دکتر غیاثی متعهد می‌شوم:

تحقیقات در این پایان‌نامه 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 پایان‌نامه 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 می‌باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « Shahrood University of Technology » به چاپ خواهد رسید .

حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان‌نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان‌نامه رعایت می گردد.

در کلیه مراحل انجام این پایان‌نامه ، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است .

در کلیه مراحل انجام این پایان‌نامه، 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 ، برنامه های رایانه ای ، نرم افزار ها 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

امروزه ، سازمان ها با بسیاری از مشکلات اقتصادی ، زیست محیطی و اجتماعی سر و کار دارند. آنها برای داشتن فعالیتهای پایدار ، نگرانی های زیست محیطی و اجتماعی را در اهداف اقتصادی متعارف درگیر کرده اند. نیروگاه سیکل ترکیبی (CCPP) نمونه خوبی از یک سیستم باز با فرآیندهای چند مرحله ای و فعالیت های بهم پیوسته است. ارزیابی کارآیی CCPPs یک کار پیچیده است زیرا انواع ورودی (خروجی) وجود دارد که به هر مرحله از شبکه وارد می شوند. علاوه بر این ، ممکن است محصولات واسطه ای وجود داشته باشد که توسط همان نیروگاه ها مصرف می شود. ما چنین عواملی را "حلقه" اقدامات میانی می نامیم. برای اندازه گیری کارآیی و پایداری CCPP ها از مدل های تحلیل پوششی داده شبکه ای (NDEA) توسعه داده شده ، استفاده شده است. مدل های ارائه شده جهت ارزیابی کارایی نیروگاه ها و زیر بخش های آنها در فرض CRS (بازده ثابت به مقیاس) و رویکرد های ورودی محور و ورودی / خروجی محور در نظر گرفته شده است.در این پژوهش پس از بررسی کارایی نیروگاهها تحت مدل های پیشین و مدل توسعه داده شده به تغییرات محسوسی در نمرات کارایی دست یافتیم.

کلمات کلیدی:کارایی ، پایداری ، تجزیه و تحلیل پوششی داده های شبکه ای ، رویکرد ترکیبی ورودی و خروجی محور ، نیروگاههای سیکل ترکیبی

فصل اول: کلیات پژوهش..... ۱

۱-۱مقدمه..... ۲

۱-۲ بیان مساله..... ۳

۱-۳ اهمیت و ضرورت پژوهش..... ۵

۱-۴ نوآوری تحقیق..... ۶

۱-۵ اهداف تحقیق..... ۶

۱-۶ سوالات تحقیق..... ۷

۱-۷ قلمرو موضوعی،زمانی و مکانی تحقیق..... ۷

۱-۸ تعریف واژگان کلیدی..... ۸

۱-۸-۱ کارایی..... ۸

۱-۸-۲ نیروگاه سیکل ترکیبی..... ۸

۱-۸-۲-۱ انواع نیروگاه سیکل ترکیبی..... ۱۱

۱-۸-۳ تحلیل پوششی داده‌ها..... ۱۳

۱-۹ خلاصه فصل..... ۱۳

فصل دوم: مبانی نظری و پیشینه پژوهش..... ۱۵

۲-۱ مقدمه..... ۱۶

۲-۲ وضعیت مصرف انرژی در کشور..... ۱۷

۲-۳ تاریخچه نیروگاههای سیکل ترکیبی..... ۱۷

۲-۴ نیروگاههای سیکل ترکیبی در ایران..... ۱۸

۲-۵ بهره وری..... ۱۹

۲-۵-۱ تعاریف و مفهوم بهره‌وری..... ۲۰
۲-۵-۲ انواع بهره‌وری..... ۲۲
۲-۶ کارایی..... ۲۳
۲-۶-۱ تبیین کارایی و بهره‌وری و اثربخشی..... ۲۴
۲-۶-۲ تعریف کارایی با توجه به مفهوم مطلق یا نسبی..... ۲۵
۲-۶-۳تعریف کارایی با توجه به مفهوم پویا یا ایستا..... ۲۶
۲-۶-۴ سطوح کارایی..... ۲۷
۲-۷ انواع کارایی..... ۲۸
۲-۷-۱کارایی فنی..... ۲۸
۲- ۷-۲ کارایی فنی خالص (مدیریتی)..... ۲۹
۲-۷-۳ کارایی مقیاس..... ۲۹
۲-۷-۴ کارایی اقتصادی..... ۲۹
۲-۷-۵ کارایی تخصیصی..... ۲۹
۲-۸ روش‌های سنجش کارایی..... ۳۰
۲-۸-۱ روش‌های پارامتریک..... ۳۰
۲-۸-۲ روش‌های ناپارامتریک..... ۳۲
۲-۸-۲-۱ تحلیل پوششی داده‌ها..... ۳۲
۲-۹ اندازه گیری کارایی..... ۳۳
۲-۹-۱ اندازه گیری کارایی بر مبنای حداقل سازی عوامل تولید..... ۳۳
۲-۹-۲ اندازه گیری کارایی بر مبنای حداکثر سازی محصول..... ۳۳
۲-۹-۳ اندازه گیری کارایی اقتصادی..... ۳۳

۲-۹- ۴ اندازه گیری کارایی فنی..... ۳۳
۲-۱۰ روش ناپارامتریک تحلیل پوششی داده‌ها..... ۳۳
۲-۱۰-۱ تاریخچه تحلیل پوششی داده‌ها..... ۳۵
۲-۱۰-۲ دو مشخصه اساسی الگو DEA..... ۳۷
۲-۱۰-۲-۱ ماهیت الگوی مورد استفاده..... ۳۸
۲-۱۰-۳ مجموعه مرجع..... ۳۹
۲-۱۱ انواع الگوهای DEA..... ۴۰
۲-۱۱-۱ الگوی CCR..... ۴۰
۲- ۱۱-۲ 1الگوی BCC..... ۴۳
۲-۱۲ DEA شبکه ای..... ۴۵
۲-۱۳-۱ ساختارهای DEA شبکه ای ۴۷
۲-۱۳-۲ ساختار موازی..... ۵۰
۲-۱۴ ا نواع مدل های DEA شبکه ای..... ۵۱
۲-۱۴-۱مدل ایستا..... ۵۲
۲-۱۴-۲ مدل پویا..... ۵۳
۲-۱۵ فرایندهای شبکه ای دو مرحله ای..... ۵۴
۲-۱۵-۱ انواع مدل های DEA برای ارزیابی فرایندهای دو مرحله ای..... ۵۶
۲-۱۵-۱-۱ رویکرد DEA استاندارد..... ۵۷
۲-۱۵-۱-۲رویکرد DEA شبکه ای..... ۵۷
۲-۱۶ مروری بر مطالعات..... ۵۷
۲-۱۶-۱ مطالعات DEA در ساختارهای شبکه ای..... ۵۷

۲-۱۶-۲ مطالعات انجام شده در مبحث کارای و پایداری..... ۶۱
۲-۱۷ خلاصه فصل..... ۶۴
فصل سوم: روش شناسی پژوهش..... ۶۵
۳-۱ مقدمه..... ۶۶
۳-۲ معرفی واحدهای تصمیم گیرنده..... ۶۷
۳-۳ معرفی نهاده‌ها و ستاده‌ها..... ۶۷
۳-۴ نوع و روش تحقیق..... ۶۹
۳-۵ روش و ابزار گردآوری تحقیق..... ۷۰
۳-۵-۱ اطلاعات اسنادی (کتابخانه‌ای)..... ۷۰
۳-۶ جامعه آماری و نمونه..... ۷۰
۳-۷ شیوه‌ی گردآوری داده‌ها..... ۷۱
۳-۸ قلمرو پژوهش..... ۷۱
۳-۹ مراحل پژوهش..... ۷۱
۳-۱۰ مدل ریاضی پژوهش..... ۷۲
۳-۱۰-۱ مدل تحلیل پوششی داده های شبکه ای ورودی محور با بازده به مقیاس ثابت..... ۷۲
۳-۱۰-۳ مدل توسعه یافته..... ۷۷
۳-۱۰-۳ مدل تحلیل پوششی داده های شبکه ای ورودی / خروجی محور بازده به مقیاس ثابت..... ۷۸
۳-۱۱متغیر های پژوهش..... ۷۹
۳-۱۲ داده های کمی پژوهش..... ۷۹
۳-۱۳روش تجزیه و تحلیل داده‌ها..... ۸۱
۳-۱۴خلاصه فصل..... ۸۱

فصل چهارم: تحلیل داده های پژوهش..... ۸۳

۴-۱ مقدمه..... ۸۴

۴-۲روش تحقیق..... ۸۴

۴-۳ مرجع پژوهش..... ۸۶

۴-۴ تحلیل داده های پژوهش..... ۸۶

۴-۵ نتایج ۹۱

۴-۶ مقایسات نموداری نتایج بدست آمده..... ۹۵

فصل پنجم: نتیجه گیری و پیشنهادات..... ۹۹

۵-۱مقدمه..... ۱۰۰

۵-۲ نتیجه گیری..... ۱۰۰

۵-۳ مفاهیم مدیریتی..... ۱۰۱

۵-۴ محدودیت های تحقیق..... ۱۰۳

۵-۵ پیشنهادات تحقیق..... ۱۰۳

منابع و مآخذ..... ۱۰۴

پیوست..... ۱۱۰

فهرست اشکال و نمودارها

شکل(۱-۱) اجزای نیروگاه سیکل ترکیبی..... ۹

شکل (۲-۱) مثلث بهره وری..... ۲۰

شکل (۲-۲) روش های محاسبه کارایی..... ۳۰

شکل (۲-۳) ساختار داخلی یک واحد تصمیم گیری در مدل شبکه ای..... ۴۶

شکل (۲-۴) ساختار سری..... ۴۸

شکل (۲-۵) ساختار موازی..... ۵۳

شکل (۲-۶) DEA شبکه ای ایستا..... ۵۴

شکل (۲-۷) DEA شبکه ای پویا..... ۵۴

شکل (۲-۸) فرایند دو مرحله ای..... ۵۶

شکل (۳-۱) مدل شبکه ای ۳ مرحله ای..... ۷۱

شکل (۳-۲) مدل شبکه ای سه مرحله ای نیروگاههای سیکل ترکیبی..... ۷۹

فهرست نمودارها

نمودار (۳-۱) مراحل انجام پژوهش ۷۱
نمودار (۴-۱) ۹۵
نمودار (۴-۲) ۹۶
نمودار (۴-۳) ۹۶

فهرست جداول

جدول شماره (۲-۱) عوامل ارزیابی عملیات پایدار ۶۲
جدول شماره (۴-۱) اولین نیروگاه گاز (مرحله ۱) ۸۸
جدول شماره (۴-۲) دومین نیروگاه گاز (مرحله۲) ۸۹
جدول شماره۴-۳) نیروگاه بخار (مرحله۳) ۹۰
جدول (۴-۴) نمرات کارایی تحت مدل ورودی محور ۹۲
جدول (۴-۵) نمرات کارایی تحت مدل ورودی محور و خروجی محور ۹۴

فصل اول: کلیات تحقیق

۱-۱ مقدمه

با مشاهده تفاوت در سطح زندگی انسانها در جوامع مختلف این سوال در ذهن خطور می کند که علت این تفاوت در چیست؟

یک دلیل می تواند در میزان برخورداری از منابع و امکانات طبیعی باشد، اما با مشاهده کشورهایی که از امکانات بسیار زیادی برخوردارند ولی سطح زندگی و رفاه در آنها پایین است (مانند کشورهای در حال توسعه)، به این نتیجه می رسیم که این نمی تواند تنها دلیل باشد. پس باید به دنبال علت دیگری بود. یکی از علل مهم و عمده میتواند در چگونگی استفاده از منابع و امکانات در اختیار کشورها باشد. این کشورها از منابع و امکاناتی که در اختیار دارند به طور بهینه استفاده نمی کنند. لذا بررسی کارایی و ارائه راهکار برای استفاده بهینه از منابع موجود میتواند به رشد اقتصادی بیشتر و افزایش سطح رفاه جوامع کمک کند.

هرجامعه در مقیاس سازمانی برای بقای خود بایستی از منابع و امکانات خود به نحو مطلوب استفاده نماید و تلاش کند تا با اعمال اقدامات برنامه ریزی شده به اهداف خود دست یابد . سنجش عملکرد هر واحد و ارتقاء بهره وری آن در سایه بررسی فعالیتهای واحدهای مسئول انجام می پذیرد که بازتاب آن در میزان کارایی آن واحدها نمود پیدا میکند(اوگایون [1]،۲۰۱۴). در این راستا صنعت نیز به عنوان سازمانی متشکل از واحدهای مشابه از قاعده مذکور مستثنی نمی باشد و با پیشرفت روز افزون دنیای رقابت هر چه در جایگاه مناسب تری از نظر سطح کارایی و بهره وری قرار داشته باشد رشد بیشتری خواهد نمود . در این فصل به موضوعیت کارایی و بهره وری خواهیم پرداخت و بصورتی جزیی جنبه های مهم آن را مبتنی بر یافته های پیشین مورد بررسی قرار می دهیم تا همانطور که ذکر شد جایگاه تصمیم گیریها و انتخاب های مطرح در این حیطه را بتوانیم

[1] ogayon

دریابیم،همچنین دریابیم اهمیت و ضرورت این موضوع ناشی از چه دلایلی است و اگر به آن پرداخته شود در راستای دستیابی به چه اهداف و منظری میباشد. بنابراین در این راستا سوالاتی طرح خواهد گردید تا هدایتگری دقیقتر برای محدودهی بررسی های فصلهای بعد این پژوهش باشد.

۱-۲ بیان مساله

امروزه سازمان ها با مشکلات متعدد اقتصادی، محیط زیست و اجتماعی روبرو هستند، از جمله مشکلات برای انجام عملیات پایدار، آنها نگرش های زیست محیطی و اجتماعی را با اهداف اقتصادی متعارف،همراه کرده اند. تعادل عملیات اقتصادی، زیست محیطی و اجتماعی برای تحقق بخشیدن به توسعه پایدار اهداف اصلی بسیاری از سازمان های مسئول است (شعبانی[۲] ، ۲۰۱۴). با این حال، ارزیابی پایداری سیستم باز یک کار پیچیده است و بسیاری از روش های اندازه گیری پایداری نمی توانند با این دیدگاه چند بعدی روبرو شوند (گردسن[۳]و همکاران ،۲۰۱۳).

در گذشته ارزیابی پایداری و یا به طور کلی ارزیابی کارایی سیستم های باز بوسیله کاربردهای معمول تحلیل پوششی داده ها DEA[۴] بوده که عملیات های داخلی و میانی سیستم را در نظر نمی گرفتند.

کاربردهای معمول DEA به طور کلی واحد تصمیم گیری DMU[۵] را به عنوان یک جعبه سیاه در نظر می گیرند که ورودی های خارجی به خروجی های نهایی تبدیل می شود و عملیات داخلی DMU در جزئیات مورد بررسی قرار نمی گیرد. DEA معمولی، تعاملات و حتی درگیری های احتمالی میان ساختارها یا فرآیندهای داخلی را نادیده می گیرد (ژو ، 2014). به عنوان مثال، در یک فرایند تولید آهن و فولاد، چند فرایند زیر وجود دارد: کوک کردن، پخت کردن، ساخت آهن، ساخت فولاد، ریخته گری مستمر و نورد فولاد.

[2] Shabani
[3] Gerdessen
[4] Data envelopment analysi
[5] Decision making unit

علاوه بر این، هر فرایند فرآوری مقدار زیادی آب تازه مصرف می کند و آب قابل بازیافت را مجدد مصرف می کند. به این ترتیب، آب قابل بازیافت استفاده مجدد شده و آب شیرین ذخیره می شود و فرایند کارآمدتر است. در دیدگاه "جعبه سیاه"، تعامل بین آب شیرین و آب قابل بازیافت نادیده گرفته می شود و منابع فرآیند تولید کلی تولید ناکارآمد نمی توانند دقیقا مشخص شوند، که تصمیم گیرنده را در انجام گام های صحیح ، برای بهبود بهره وری اقتصادی کمک کند (هو[6] و همکاران ،۲۰۱۵). حال با گذشت زمان این تکنیک ها ارتقا پیدا کرده و این موهم نیز منجر به بهبود ارزیابی پایداری و کارایی شده است،بدین صورت که با توجه به مدل های کنونی می توان عملیات داخلی را نیز در نظر گرفت.

در این پژوهش هدف بر آن است که با استفاده یک رویکرد و مدل جدید از تحلیل پوششی داده ها به ارزیابی پایداری و کارایی یک نیروگاه چرخه ترکیبی بپردازیم،در پژوهش های گذشته رویکردها و مدل های استفاده شده به گونه ای بوده که تصمیم گیرنده قادر به در نظر گرفتن اهداف متفاوت برای حالت های ورودی محور و خروجی محور در بخش ها و مرحله هایی از یک سیستم نبوده ، بدین صورت که گاهی تصمیم گیرنده می بایست با توجه به شرایط موجود و داده های بدست آمده تصمیمی بگیرد که در بخشی با کاهش ورودی ها به کارایی برسد و نیز در بخشی دیگر با افزایش خروجی ها بخش را کارا کند، که در نتیجه کل سیستم به کارایی برسد.

۱-۳ اهمیت و ضرورت پژوهش

نیروگاههای تولید برق هر کشور را می توان یکی از مهمترین عامل و ضرورتها در رشد و توسعه آن کشور قلمداد کرد. از طرف دیگر بودجه ی احداث و راه اندازی هر نیروگاه جدید به دلیل ارزبری بالا و سرمایه بالا بسیار زیاد است ، که در صورت استفاده بهینه از منابع موجود می تواند این بودجه را صرف فرصتهای دیگری

[6] Hu

گردد که با کمبود نقدینگی مواجهند، لذا سؤال اساسی این است که آیا با ظرفیت فعلی نیروگاههای کشور ، در صورت استفاده بهینه می توان برق بیشتری تولید کرد. یکی از راههای پاسخ به این سؤال شناخت وضعیت فعلی نیروگاهها از نقطه نظر کارآیی است. به همین منظور در این مقاله وضعیت کارآیی نیروگاههای حرارتی کشور که بیش از ۹۰ درصد برق کشور راتولید می کنند، مورد بررسی قرار می گیرد. روش مورد استفاده برای این کار تحلیل پوششی داده ها می باشد که روشی ناپارامتری در حیطه برنامه ریزی ریاضی می باشد و جدیدترین روش ارزیابی کارآیی محسوب می گردد (پور کاظمی،۱۳۸۱).

سازمان ها به عنوان سیستم های باز با محیط خود ارتباط برقرار می کنند. امروزه سازمان ها با مشکلات متعدد اقتصادی، زیست محیطی و اجتماعی مواجه هستند. برای پایدار بودن، آنها نگرش های زیست محیطی و اجتماعی را به اهداف اقتصادی متعارف تبدیل کرده اند. تعادل عملیات اقتصادی، زیست محیطی و اجتماعی برای تحقق بخشیدن به توسعه پایدار اهداف عمده بسیاری از سازمان های مسئول است (شیبانی و همکاران۲۰۱۴)

با این حال، ارزیابی پایداری سیستم باز یک کار پیچیده است و بسیاری از روش های اندازه گیری پایداری نمی توانند با این دیدگاه چند بعدی روبرو شوند (گردسن و همکاران ،2013). از نقطه نظر دیگر، نیروگاهها یکی از مصرف کنندگان اصلی سوختهای فسیلی در جهان هستند و تاثیرات محیطی آنها مانند آلودگی و گرم شدن کره زمین قابل توجه است. در ضمن، نیروگاهها بر جوامع تأثیر میگذارند .طبق آمار دولت ایران،

در سال ۲۰۱۱، CCPP[1] ها ۳۰,۳ درصد کل انرژی برق را تولید کردند. ایران به عنوان دومین ذخایر گاز طبیعی جهان، یکی از مناطق غنی از هیدروکربن در جهان است. بنابراین، کشور دارای توان بالقوه ای برای فعالیت این نوع نیروگاه ها است (فرامرزی[2] و همکاران ۲۰۱۵).

[1] Combined cycle power plant
[2] Faramarzi

بدین جهت این پژوهش با گسترش مدل های گذشته و ارایه مدلی جدید برای کارایی و پایداری نیروگاههای چرخه ترکیبی در ایران کمک میکند.

۱-۴ نوآوری تحقیق

در این پژوهش مدل های موجود در زمینه تحلیل پوششی داده های شبکه ای توسعه داده شده اند و مدلی توسعه یافته با فرض های متفاوت جهت ارزیابی کارایی ارائه شده است.

۱-۵ اهداف تحقیق

این پژوهش درصدد است، با بررسی عوامل موثر برکارایی نیروگاههای سیکل ترکیبی در حوزه تولید برق در داخل کشور، کارایی نیروگاهها را با مدلی جدید و توسعه یافته مشخص کند و علاوه بر این الگویی از عملکرد به منظور کاهش ناکارایی به شرکت‌های ارائه نماید.

با توجه به موارد ذکر شده در این پژوهش برآن خواهیم بود تا بطور خلاصه به اهداف زیر دست یابیم:

- تحلیل کارایی نیروگاههای سیکل ترکیبی تولید برق در ایران با استفاده از مدل تحلیل پوششی داده های شبکه ای
- توصیف اینکه هر یک از شرکتها توانسته‌اند تا چه حد از امکانات و منابع موجود بطور بهینه استفاده نموده و آن را بکار گیرند
- استفاده از یک رویکرد متفاوت در بررسی کارایی نیروگاهها
- ایجاد راهبردی جهت افزایش پایداری و جلوگیری از آلودگی زیست محیطی نیروگاههای سیکل ترکیبی در ایران
- مقایسه مدل های ارایه شده در بررسی کارایی نیروگاههای سیکل ترکیبی

۱-۶ سوالات تحقیق

آنچه در این پژوهش بدنبال بررسی و پاسخ آن خواهیم بود، بررسی کارایی نیرو گاههای سیکل ترکیبی تولید برق و مقایسه روش های مختلف اندازه گیری کارایی است .

۱- کارایی نیرو گاههای سیکل ترکیبی تولید برق در په سطحی قرار دارند ؟
۲- کدام روش و مدل نمرات کارایی بهتری به ما می دهد؟
۳- کدام نیرو کاهها به طور کامل کارایی دارند؟
۴- وضعیت پایداری نیروگاهها چگونه است؟

۱-۷ قلمرو موضوعی،زمانی و مکانی تحقیق

از لحاظ قلمرو موضوعی ،موضوع تحقیق در حوضه ی مدیریت و برنامه ریزی در جهت افزایش سطح کارایی و عملکرد بوده و از تکنیک تحلیل پوششی داده ی شبکه ای (NDEA[1]) به عنوان روش حل استفاده شده است.

قلمرو مکانی این پژوهش نیز نیروگاههای سیکل ترکیبی در ایران می باشد.

به لحاظ قلمرو زمانی ، این تحقیق ، در طول دو سال از سال ۱۳۹۶ الی ۱۳۹۸ انجام شده است.

[1] Network data envelopment analysis

۱-۸ تعریف واژگان کلیدی

۱-۸-۱ کارایی:

کارایی بیانگر این مفهوم است که یک سازمان به چه اندازه از منابع خود در راستای تولید نسبت به بهترین عملکرد در مقطعی از زمان استفاده کرده است. اگر تنها یک داده و یک ستاده وجود داشته باشد و در ساده ترین حالت می‌توان از تقسیم ستاده به داده ، کارایی را به دست آورد (اوسامونی و ایمافیدون[1] ، ۲۰۱۶).

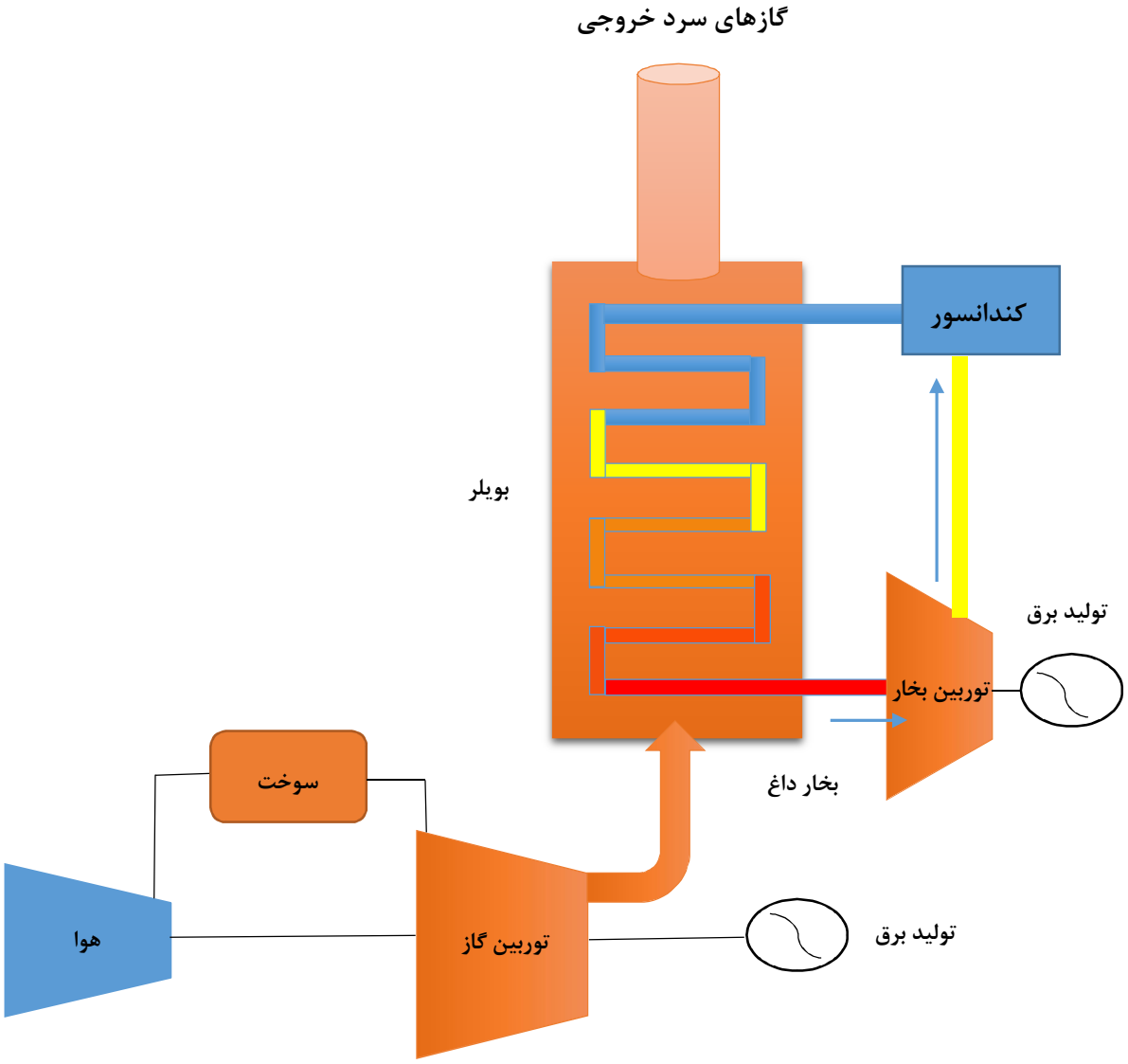
کارایی=خروجی/ورودی (۱-۱)

۱-۸-۲ نیروگاه سیکل ترکیبی:

نیروگاه سیکل ترکیبی نیروگاهی است که شامل تعدادی توربین گاز و توربین بخار می‌شود. در این نوع نیروگاه، با استفاده از بویلر بازیاب، از حرارت موجود در گازهای خروجی از توربین‌های گاز، برای تولید بخار آب مورد نیاز در توربین‌های بخار استفاده می‌شود. اگر توربین گاز به صورت سیکل ترکیبی نباشد، گازهای خروجی آن، که می‌توانند تا ۶۰۰ درجه سانتیگراد دما داشته باشند، مستقیماً وارد هوا شده و انرژی باقی‌مانده در آن‌ها هدر می‌رود. در حالی که در نیروگاه سیکل ترکیبی، از این انرژی استفاده می‌شود و بویلر توربین بخار بدون نیاز به سوخت، بخار آب تولید می‌کند؛ بنابراین، با استفاده از این روش، راندمان (بازده) سیکل افزایش می‌یابد. نیروگاه‌های سیکل ترکیبی راه حل بسیار کارآمد، انعطاف‌پذیر، قابل اعتماد، مقرون به صرفه و سازگار با محیط زیست برای تولید برق است. نیروگاه سیکل ترکیبی در واقع ترکیبی از توربین بخار و توربین گازی می‌باشد به نحوی که ژنراتور توربین گازی برق را تولید می‌کند، در عین حال انرژی حرارتی تلف شده از توربین گاز (توسط محصولات احتراق) برای تولید بخار مورد نیاز توربین بخار مورد استفاده قرار

[1] Osamwonyi, I, & Imafidon, K.

می‌گیرد و به این طریق برق اضافی تولید می‌شود. با ترکیب کردن این دو سیکل بهره بری از نیروگاه افزایش پیدا می‌کند. بازده الکتریکی از یک چرخه ساده کارخانه نیروگاه برق بدون استفاده از اتلاف گرما به‌طور معمول راندمانی بین ۲۵ تا ۴۰ درصد دارد، در حالی که همان نیروگاه با سیکل ترکیبی راندمان الکتریکی حدود ۶۰ درصد را دارد. همان‌طور که گفته شد این نیروگاه‌ها از ترکیب توربین‌های بخار و گاز ساخته می‌شوند و بسته به نوع توربین‌ها، دیگ‌های بازیافت گرما، و دستگاه‌های بازیابی انواع متعددی دارند. با به کارگیری توربین‌های گازی در چرخه‌های ترکیبی می‌توان پایین بودن بازده آن را بر طرف کرد و در نتیجه آن را برای تأمین بار پایه به کار گرفت، در عین حال از مزایای دیگر آن نیز مانند راه اندازی سریع و انعطاف‌پذیری آن در محدوده گسترده‌ای از بار بهره‌مند شد. به صورت تئوریک، انرژی قابل بازیابی از اگزوز توربین‌های گازی حدود نصف انرژی تولید شده توسط خود توربین گاز است؛ بنابراین، توان توربین بخار حدود نصف توربین گاز خواهد بود. در برخی از طراحی‌ها، دو توربین گاز، انرژی مورد نیاز برای یک توربین بخار را ایجاد می‌کنند و در نتیجه، توان تولیدی توربین‌های بخار در حدود توربین‌های گاز می‌شود (شکل ۱-۱).



شکل (۱-۱) نمایی از ساختار نیروگاه سیکل ترکیبی نیروگاه برق

۱-۸-۲-۱ انواع نیروگاه سیکل ترکیبی:

نیروگاه‌های سیکل ترکیبی از نظر نوع توربین‌ها و بازیاب‌ها و وجود مشعل به دسته های زیر تقسیم می‌شوند:

۱. نیروگاه‌های سیکل ترکیبی با مشعل

۲. نیروگاه‌های سیکل ترکیبی بدون مشعل

۳. نیروگاه‌های سیکل ترکیبی با دیگ بازیافت گرما مجهز به بازیابی یا گرمایش آب تغذیه

۴. نیروگاه‌های سیکل ترکیبی با دیگ بازیافت گرما با فشار بخار چند گانه

نیروگاه‌های سیکل ترکیبی با سیکل بسته توربین گازی در نوع اول از نیروگاه‌ها یک مشعل در داخل بویلر قرار می‌دهند و بیشتر در نیروگاه‌هایی مورد استفاده قرار می‌گیرد که قرار باشد بخش بخار آن به‌طور دائم کار کند، که در این صورت نباید وابستگی به توربین گازی داشته باشد. در نوع دوم از این نیروگاه‌ها از گازهای داغی که به عنوان محصولات احتراقی از توربین گازی خارج می‌شود مورد استفاده قرار می‌گیرد. این دود خروجی دارای حجم بالا و دمایی حدود ۵۰۰ درجه سانتی گراد است و به داخل بویلر برای تبدیل آب به بخار ارسال می‌شود تا از انرژی بخار برای به حرکت درآوردن ژنراتور مورد استفاده قرار بگیرد. کاربرد گونه‌های مختلف سیکل‌های ترکیبی متفاوت است. ازنیروگاه سیکل ترکیبی بدون مشعل بیشتر برای تأمین بار پایه و میانی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در نوع سوم از این نیروگاه‌ها در چرخه ترکیبی، گازهای خروجی یک چرخه ساده توربین گازی که شامل کمپرسور هوا (AC)[1]، اتاق احتراق (CC)[2] و توربین گازی است، وارد دیگ بازیافت گرما (HRB)[4] می‌شود و در آنجا برای تولید بخار فوق گرم مورد استفاده قرار می‌گیرد. در چرخه‌های ترکیبی که قدرت پایینی دارند توان توربین بخار در حدود ۵۰ درصد کمتر از توربین

[1] Air compressor
[2] Combustion chamber
[3] Gas turbine
[4] Heat recovery boiler

گازی است. در نوع چهارم این نیروگاه‌ها که بخار با فشار چندگانه تولید می‌شود، دمای گازهای خروجی دیگ بازیافت گرما ، کاهش می‌یابد و به این ترتیب بازده نیروگاه به‌طور کلی افزایش پیدا می‌کند. ساده‌ترین نوع این چرخه، چرخه با فشار دوگانه است، هرچند که چرخه با فشار سه‌گانه نیز مورد استفاده قرار گرفته‌است. به عنوان مثال در یک سیکل با فشار دوگانه، دیگ بازیافت گرما دارای دو مدار برای تولید بخار است. مدار اول مدار فشار بالاست که بخار تولید شده در آن از مجرای ورودی توربین وارد آن می‌شود، و مدار دوم مدار فشار پایین است که بخار تولید شده در آن از طبقات با فشار پایین‌تر وارد توربین می‌شود. در یک چرخه ترکیبی پیشنهادی با فشار سه‌گانه، بخار دیگری با فشاری بین فشارهای ورودی به دو توربین بخار تولید می‌شود. این بخار به اتاق احتراق توربین گازی تزریق می‌شود تا میزان گسیل اکسیدهای نیتروژن تا حد استاندارد تعیین شده، کاهش بیابد. در صورتی که از این روش استفاده شود، مقداری آب تلف خواهد شد که به طور پیوسته باید آن را جبران کرد.

۱-۸-۳ تحلیل پوششی داده‌ها:

تحلیل پوششی داده‌ها، تکنیکی برای محاسبه کارایی نسبی مجموعه‌ای از واحدهای تصمیم گیرنده همگن است که با استفاده از برنامه‌ریزی ریاضی انجام می‌گیرد. عبارت نسبی به این دلیل است که کارایی حاصل نتیجه مقایسه واحدها با یکدیگر است. این روش واحدهای تصمیم گیرنده را در دو گروه واحدهای کارا و ناکارا دسته بندی می‌کند (امانی و عرب زاد،۱۳۹۳). در مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها مرزی با نام مرز کارایی در نظر گرفته می‌شود وتمام واحدهای تصمیم‌گیری با این مرز بهینه مقایسه می‌شوند. مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها، به دو گروه ورودی محور و خروجی محور تقسیم می‌شوند. در مدل‌های ورودی محور با ثابت نگه داشتن خروجی‌ها، ورودی ها کاهش می‌یابند و درمدل‌های خروجی محور، با ثابت نگه داشتن ورودی‌ها، خروجی‌ها افزایش می‌یابند (صالحی و افشین، ۱۳۹۴).

۴-۸-۱ تحلیل پوششی داده های شبکه ای

در بسیاری از سیستمهای با ساختار چنـد بخشـی، سـتاده هـای بخـش اول همـان نهادههای بخش دوم، ستادههای بخش دوم همان نهـاده هـای بخـش سـوم و بـه همـین ترتیب ستاده های بخش ۱+N-ام همان نهاده بخشN ام هستند. به ستادههای هر مرحلـه که نهاده مرحله ی بعدی نیز محسوب میشوند محصولات واسطه گفتـه مـی شـود. ایـن الگوی تودرتو به جای در نظر گرفتن تنها یک فرآیند کلی، زیر فرآیندهای مختلـف را بـا نهاده ها و ستاده های مختص به خود و محصولات واسطه ای را که در این سیستم تولید و مصرف میشوند در نظر میگیرد. به این نوع از الگوهای DEA ،الگـوی DEA شـبکه ای (NDEA) گفته میشود (سیاب ممی پور،۱۳۹۸).

۱-۹ خلاصه فصل

در فصل اول بعنوان سرآغاز این تحقیق، مطالب متنوع و اجمالی در باب معرفی کلی تحقیق، ارائه گردید. ابتدا با بحث در مورد موضوع انتخابی پژوهش، توضیحاتی ارائه گردید تا ماهیت مساله بطور واضحی بیان گردد. با مشخص شدن ابعاد مساله، در مرحله‌ی بعد اهمیت و ضرورت پرداختن به مساله‌ی مورد نظر، بطور مجزا مورد بررسی قرار گرفتند. تا به این ترتیب طرح مساله در حد کفایت کامل گردد. اما وضوح مساله به تنهایی برای پژوهش راه‌گشا نخواهد بود؛ لذا در ادامه اهدافی برمبنای مساله‌ی طرح شده، برای این تحقیق تعریف گردیدند و متناظر با آن‌ها سوالات تحقیق ایجاد شد تا پژوهشگر با حرکت به سمت پاسخگویی به آن سوال‌ها، بتواند به هدف تحقیق نایل آید. نهایتا جهت تکمیل معرفی پژوهش، تعریف‌هایی برای واژگان کلیدی تحقیق ارائه گردید تا علاوه بر آشناسازی مخاطب با مفاهیم مورد نیاز و مهم، بین ذهنیت ایشان با ذهنیت پژوهشگر نسبت به کلمات کلیدی مورد استفاده هماهنگی ایجاد گردد.

فصل دوم: مبانی نظری و پیشینه‌ی پژوهش

۲-۱ مقدمه

مفاهیم مربوط به اندازه گیری کارایی و عملکرد، و انواع روش‌هایی که به وسیله آن میتوان به این موضوع پرداخت، همچنین موضوع تحلیل پوششی داده‌ها و نگاه به آن به عنوان یک روش سرآمد در این بحث، هرچند کم و بیش مورد بحث و بررسی بوده‌اند اما بمنظور یکسان سازی زوایای دید، نیاز است برخی پیش‌فرض‌ها و مبناهایی که مارا به کارکردهای تحلیل پوششی داده‌ها در اندازه‌گیری کارایی می‌رساند، فراخوانی گردد؛ لذا در این فصل بمنظور بیان و مستندسازی، از مراجع علمی و تحقیقات مرتبطی که پیش‌ازین صورت گرفته‌است، اطلاعاتی ذیل موضوعات مختلفی که در این باب مطرح است، تفکیک و ارائه می‌گردد. بطور خلاصه چارچوب این فصل بگونه‌ای است که ماهیت کلی و واضح آنچه در فصل اول به عنوان مساله طرح شد، ارائه شود تا ضمن پدیدار شدن جنبه‌های نظری مساله، میزان عمق مطالعات ادوار گذشته در این مبحث را آشکار نماید.

۲-۲ وضعیت مصرف انرژی در کشور

با توجه به قیمت نسبتا پایین انرژی در کشور ما در مقایسه با سایر عوامل تولید در صنعت و نبود یا عدم اجرای معیارها و ضوابط لازم برای تغییر نرخ‌ها و تعرفه‌های تشویقی مصرف و نیز بی‌توجهی به شیوه‌های مصرف، پویایی در استفاده بهینه انرژی در بخش‌های مختلف و بخصوص در بخش صنعت حاصل نشده است. در حال حاضر، زمینه موجود برای بهینه‌سازی مصرف انرژی در کلیه بخش‌های مصرف کننده کشور مشهود است. انجام مطالعات لازم برای تعیین الگوی صحیح مصرف انرژی توسط مصرف‌کنندگان مختلف و از جمله بخش صنعت امکان‌پذیر شده و انتظار می‌رود تا با تعیین ضوابط و معیارهای مصرف، گام‌هایی بلند در راستای کارایی و استفاده صحیح تر از انرژی برداشته شود. از طرفی همکاری مشترک وزارتخانه‌های نفت، نیرو، صنایع و معادن و سازمان برنامه‌ریزی و مدیریت کشور مبنی بر اهمیت مسئله مدیریت کشور مبنی بر

اهمیت مسئله مدیریت مصرف انرژی، شده است. از این رو انتظار میرود تا مصرف‌کنندگان انرژی و در نتیجه کارخانجات صنایع مختلف به حد قابل توجیهی از مصرف سوخت و انرژی خود در قالب بهبود کارایی فرآیند تولیدی و یا عملکرد خود بکاهند. در این رابطه شناسایی مصارف سوخت و انرژی همچنین تدوین و برآورد معیار و ضابطه‌های مشخص برای بیشینه مقدار مصرف انرژی در کارخانجات گروه‌های مختلف صنعتی که بر اساس اطلاعات جمع‌آوری شده از وضعیت مصرف انرژی و سطح تکنولوژی صنعتی کارخانجات تعیین می‌گردد، از نقش بسزایی برخوردار است. حامل‌های انرژی در قالب سوخت‌های فسیلی منابعی هستند که بتدریج کمیاب و پر بها خواهند شد. همانگونه که آمار و اطلاعات موجود نشان می‌دهد، تقاضا و بالطبع تهیه انرژی مورد نیاز با رشد زیادی همراه بوده که به سرمایه‌گذاری وسیعی در این زمینه نیازمند می‌باشد. در این رابطه مدیریت بر مصرف انرژی راه حلی عملی و واقعی برای کاستن از تقاضای روز افزون انرژی است. اجرای یک برنامه انرژی مدون و با هدف کاهش مصرف ویژه انرژی بصورت سالانه می‌تواند اقدامی عملی و کارساز باشد. برای آنکه بتوان اقدامی در رابطه با برنامه ریزی جهت بهینه سازی مصرف انرژیی بعمل آورد، لازم است تا در ابتدا شناخت مناسب و کافی از مصارف انرژی در بخش‌های مصرفی حاصل نمود و سپس معیاری جهت مصرف مناسب انرژی تعیین کرد تا بتوان شاخصی برایی مصرف‌کنندگان مختلف مطرح و مورد استفاده قرار گیرد و بعلاوه معیاری برای تصمیم‌گیری‌های برنامه‌ریزان انرژی در کشور نیز باشد.

۲-۳ تاریخچه نیروگاههای سیکل ترکیبی

ایده سیکل ترکیبی برای بهبود بازده سیکل ساده برایتون، از طریق استفاده از حرارت گازهای خروجی توربین گازی، پیشنهاد شد. این امر به وسیله بازیافت گرما مورد آزمایش قرار گرفت. بازیافت گرما توانست انرژی که از خروجی توربین گازی هدر می‌رفت را از ۷۰ به ۶۰ درصد انرژی داده شده، برساند. مبادله کن

گرما امکان افزایش توان خروجی را ندارد و فقط راندمان را افزایش می‌دهد. از آنجایی که مبادله کن گرما افت فشار زیادی را به سیکل وارد می‌کند، استفاده از آن باعث کاهش نسبت فشار توربین و در نتیجه کاهش توان خالص خروجی می‌شود. با توجه به توان بیشینه چرخه‌های ساده، از آن‌ها در جاهایی بهره می‌گیرند که راندمان خروجی از اهمیت کمتری برخوردار است. در حالی که چرخه‌های بازیابی را در مواردی مورد استفاده قرار می‌دهند که راندمان بالا نیاز است. در نتیجه توان خروجی سیکل بازیاب در حدود ۱۱ تا ۱۴ درصد پایین‌تر از سیکل ساده است، که در یک ارزیابی کلی به این نتیجه می‌رسیم که بازده نیروگاه توربین گازی همراه با بازیاب روش پر هزینه‌ای است. از این رو باید به دنبال روشی بود که از طریق آن بتوان به هر دو نیاز، یعنی راندمان و توان بالا دست یافت. راه حلی که پیشنهاد شد در واقع بهره‌گیری از انرژی حرارتی بسیار بالای گازهای خروجی توربین گازی برای تولید بخار مورد نیاز نیروگاه بخار بود. توربین گازی دارای گازهایی با دمای حدود ۱۲۰۰ تا ۱۶۰۰ درجه سانتی گراد، و توربین گازی ماشینی با دمای حدود ۵۳۰ تا ۶۴۰ درجه سانتی گراد می‌باشد، که با ترکیب هم‌زمان توربین گازی در طرف گرم و توربین بخار در طرف سرد را نیروگاه سیکل ترکیبی می‌گویند. اولین نیروگاه سیکل ترکیبی در ۱۹۵۰ ساخته شد. از آن به بعد تعداد نیروگاه‌های سیکل ترکیبی به خصوص در دهه ۱۹۷۰ به سرعت افزایش یافت.

۴-۲ نیروگاههای سیکل ترکیبی در ایران

نیروگاه سیکل ترکیبی دماوند معروف به نیروگاه شهدای پاکدشت (در کیلومتر ۴۵ جاده خاوران و در ۳۵ کیلومتری جاده تهران - گرمسار، تأسیس ۱۳۸۴)، یکی از اولین نیروگاه های ایران از نوع سیکل ترکیبی با ظرفیت تولید ۲۸۶۸ مگاوات است که شامل ۱۲ واحد گازی ۱۵۹ مگاواتی مدل ۹۴,۲V با ظرفیت ۱۹۰۸

مگاوات و ۶ واحد بخار ۱۶۰ مگاواتی با ظرفیت ۹۶۰ مگاوات در زمینی به مساحت ۱۹۴ هکتار است. هر دو واحد گازی و یک واحد بخار، یک بلوک نیروگاهی را تشکیل می دهد.

نیروگاه دماوند در زمان ساخت، بزرگترین نیروگاه سیکل ترکیبی خاورمیانه بوده است.

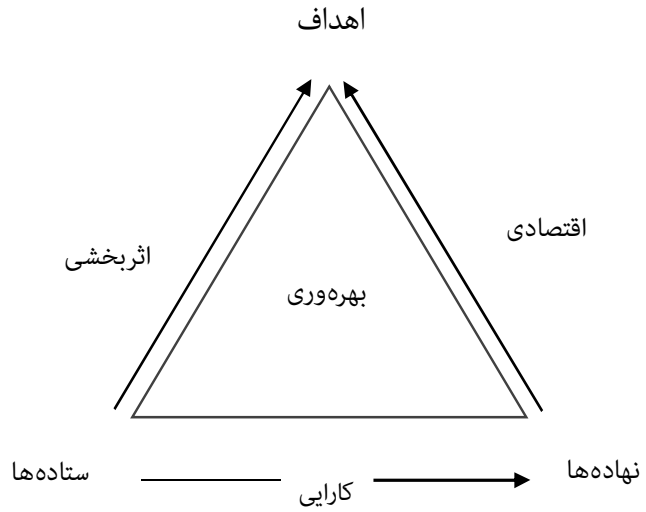
میانگین قدرت عملی نیروگاه ۲۳۶۶ مگاوات است که قدرت عملی در زمستان ۲۵۳۲ مگاوات و در تابستان ۲۱۷۲ مگاوات است. میانگین قدرت عملی واحدهای گازی ۱۲۴٫۸ مگاوات و واحدهای بخار ۱۴۴٫۷ مگاوات است.

سوخت اصلی واحدها، گاز طبیعی است و سوخت پشتیبان آن گازوئیل (نفت گاز) است که گازوئیل در ۹ مخزن مجموعاً به ظرفیت ۲۴۰ میلیون لیتر ذخیره سازی می شود.

این نیروگاه از برج خنک کن خشک (هلر) استفاده می کند که برق را به کمک دو پست ۲۳۰ و ۴۰۰ کیلوولت تأمین می کند.

۲-۵ بهره وری

تحلیل پوششی داده‌ها با قابلیت‌ها و ویژگی‌های منحصر به فرد خود توانسته است به مفهوم بهره‌وری در حوزه اندیشه مدیریت، شفافیت و دقت بالایی ببخشد، به طوری که میزان عملکرد که مناسب‌ترین و منطقی ترین روش برای بخش بهره‌وری است از طریق روش تحلیل پوششی داده‌ها به دقت قابل اندازه‌گیری می‌باشد. همانگونه که در شکل ۲-۱ نشان داده شده است می‌توان در قالب کارایی بهره‌وری را تکنیکی، اثربخشی و کارایی اقتصادی تقسیم‌بندی نمود. مراد از کارایی تکنیکی در بهره‌وری، سیر عملیات اجرایی در تبدیل نهاده‌ها به ستاده‌ها بوده و اثربخشی در حوزه راهبردی، نشان‌دهنده‌ی درجه تحقق اهداف بر مبنای ستاده‌ها می‌باشد، کارایی اقتصادی نیز در راستای تبدیل نهاده‌ها به اهداف جستجو می‌شود (رز و پاتریلم ۱۹۹۷).



شکل (۲-۱) مثلث بهره وری

محاسبه بهره‌وری در تحلیل پوششی داده‌ها بیشتر به جنبه کارایی تکنیکی اشاره دارد. پس از توضیح و تشریح مفهوم کارایی در قسمت‌های آتی بیشتر به معرفی تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها پرداخته خواهد شد.

۲-۵-۱ تعاریف و مفهوم بهره‌وری

به طور رسمی نخستین بار لغت بهره‌وری در مقاله‌ای توسط فردی به نام (کوئینزی) در سال ۱۷۶۶ میلادی ظاهر شد. بعد از بیش از یک قرن یعنی در سال ۱۸۸۳ فردی به (لیتر) بهره‌وری را قدرت و توانایی تولید کردن تعریف کرد. از اوایل قرن بیستم این واژه مفهوم دقیق‌تری، به عنوان رابطه محصول (ستانده)، و عوامل به کار رفته در تولید آن (نهاده) به دست آورد (علی اصغر حیات،خدایار ابیلی.۱۳۹۲). آلبرت افتالیون در مقاله‌ای تحت عنوان (سه مفهوم قدرت، تولید و درآمد) در مجله اقتصاد سیاسی در سال ۱۹۱۱ میلادی، بهره‌وری را به مفهوم رابطه بیان محصولی که در مدت معینی به دست آمده است و مقدار عوامل مصرف شده در جریان

تولید آن محصول، به کار برده است و اشتاینر بهره‌وری را به مثابه عملکرد و یا قدرت و توان موجود در تولید کالا یا خدمات معین مطرح نموده است (امامی و میبدی ۱۳۷۹).

برای بهره‌وری مفاهیم مقداری از طرف موسسات و سازمان‌های بین المللی ارائه شده است، که برخی تعاریف عبارتند از:

سازمان همکاری اقتصادی اروپا (OECD[۵])

بهره‌وری خارج قسمت میزان تولید یا خروجی به یکی از عوامل تولید است.

سازمان بین المللی کار (ILO[۶]):

بهره‌وری عبارتست از رابطه بین ستانده حاصل از یک سیستم تولیدی به داده‌های به کار رفته به منظور تولید آن ستانده

مرکز بهره‌وری ژاپن (JPC[۷])

بهره وری عبارتست از حداکثر استفاده از منابع، نیروی انسانی، تسهیلات و.. به طریق علمی و کاهش هزینه‌های تولید، گسترش بازارها، افزایش اشتغال و بهبود معیارهای زندگی آنگونه که به سود جامعه باشد، تعاریف دیگری نیز ارائه شده اند که عبارتند از:

5 Organisation for economic cooperation and development
6 Internatinal labour oeganization
7 Jesmond parish church

ماندل: بهره وری به مفهوم نسبت بین بازده تولید به واحد منابع مصرف شده است که با یک نسبت مشابه در دوره پایه مقایسه می‌شود و به کار می‌رود. بهره‌وری برابر است با خارج قسمت خروجی (میزان تولید) به یکی یا کل عوامل تولید.

دیویس ۱۹۵۵: تغییراتی که در میزان محصول بر اثر منابع به کار رفته ایجاد می‌شود.

فابریکمنت ۱۹۶۲: همواره نسبت بین خروجی و ورودی است.

سومانث ۱۹۷۹: بهره‌وری عوامل کل نسبت بین خروجی‌های محسوس به ورودی‌های محسوس است.

۲-۵-۲ انواع بهره‌وری

همانطور که از تعاریف بالا مشخص است بهره‌وری عموما نسبت بین ستانده و نهاده یک سیستم تولیدی را به صورت کمی توصیف می‌کند و عموما به یکی از سه صورت زیر مطرح می‌گردد:

الف) بهره‌وری جزئی

عبارتست از نسبت ستانده به یکی از نهاده‌ها که همان تعریف سنتی بهره‌وری می‌باشد. انواع اصلی بهره‌وری جزئی شامل بهره‌وری نیروی کار، بهره‌وری سرمایه، بهره‌وری مواد و بهره‌وری انرژی می‌باشد. بهره‌وری جزئی در واقع همان تولید متوسط هر کدام از نهاده‌های تولید می‌باشد (کوالی[2]، ۱۹۹۶)

ب) بهره‌وری عوامل کل [8] (TFP)

نسبت ارزش ستانده خالص به هزینه عوامل تولیدی است که در ایجاد محصول به کار رفته‌اند. منظور از

[8] Total Factor Productivity

[2] coelli

ارزش ستانده خالص، تفاضل هزینه مواد و خدمات خریداری شده از ارزش ستانده کل می‌باشد. مطابق تعریف از نسبت شاخص کل تولیدات به شاخص کل نهاده‌ها به دست می‌آید (غلامرضا خاکی، ۱۳۷۶)

ج) بهره‌وری کل

بهره‌وری کل بر خلاف بهره‌وری جزئی، رابطه بین ستانده سیستم با کلیه منافع مصروفه جهت تولید آن ستانده را نشان می‌دهد. بنابراین شاخص به دست آمده بیانگر نحوه بهره‌برداری از کل منابع تولید است.

۲-۶ کارایی

توانمندی و موفقیت هر کشوری در صحنه اقتصاد جهانی منوط به موفقیت سازمان‌ها، و موفقیت آن‌ها درگرو خلاقیت، نوآوری و کارایی است انسان همواره سعی بر آن داشته تا حداکثر نتیجه را با کمترین امکانات و عوامل موجود به دست آورد، این کوشش‌ها را می‌توان دستیابی به کارایی بالاتر نامید.

ساده‌ترین و درعین حال کلی ترین تعرف از کارایی را پیتر دراکر ارائه کرده است. از دیدگاه دارکر کارایی انجام کارها به طور شایسته و مناسب می‌باشد. فارل کارایی یک بنگاه را تولید یک ستانده به حد کافی بیشتر از یک مقدار مفروض نهاده تعریف کرده است.

کارایی بیانگر این است که یک سازمان به چه خوبی از منابع خود در جهت تولید، نسبت به بهترین عملکرد در مقطعی از زمان استفاده کرده است، بنابراین کارایی، معیار عملکرد یک سیستم سازمانی اطست، به عبارت دیگر کارایی، میزان مصرف منابع برای تولید مقدار معینی محصول می‌باشد (مهرگان، ۱۳۸۳). ازنظر تئوری‌های اقتصاد، کارایی نتیجه بهینه سازی تولید و تخصیص منابع می‌باشد. به عبارت دیگر، در یک واحد تولیدی، مدیران و نیروی کار با توجه به اهداف مورد نظر بنگاه و توان تکنولوژیکی موجود درصدد تعیین میزان تولید خود به گونه‌ای هستند که ضمن استفاده از بهینه مورد استفاده قرار دهند. کارایی مفهومی نسبی بوده و برای

سنجش آن و درک میزان فاصله کارایی از مقادیر مورد انتظار حداکثر امکانات ومنابع، تخصیص مطلوب هزینه-ها، عوامل تولید (سرمایه و نیروی کار) را به صورت و ایده‌آل باید به مقایسه عملکرد واحدهای اقتصادی با کارایی در شرایط بالقوه تولید پرداخت (سوری و همکاران، ۱۳۸۶). گاه کارایی را با میزان بکارگیری منابع جهت دستیابی به اهداف توسط سازمان و با بکارگیری رابطه زیر نشان می‌دهند.

$$\text{کارایی} = \frac{\text{مقدار منابع واقعا مصرف شده}}{\text{مقدار منابع مورد انتظار برای مصرف}} \qquad (1\text{-}2)$$

کارایی صرفا مقایسه‌ای بین "منابع مورد انتظاری که برای رسیدن به مقاصد و فعالیت خاص باید مصرف شود" و "منابع مصرف شده" می‌باشد. بنابراین کارایی، معیار عملکرد یک سیستم سازمانی بوده که بر میزان منابع (ورودی‌ها) استوار گردیده است. به عبارت دیگر، کارایی میزان مصرف منابع برای تولید مقدار معینی محصول است.

۲-۶-۱ تبیین کارایی و بهره‌وری و اثربخشی

کارایی مطابق تعریف فارل عبارتست از نسبت میزان تولید جاری هر واحد به میزان تولید بالقوه‌ی آن واحد به دست می‌آید و بیانگر این مفهوم است که یک سازمان در یک مقطع زمانی تا چه حد توانسته است نسبت به بهترین عملکرد منابع خود را در راستای تولید به کار برد.

مفهوم کارایی معمولا با دو واژه اثربخشی و بهره‌وری اشتباه می‌شود، اثربخشی میزان تحقق اهداف از پیش تعیین شده یک برنامه را نشان می‌دهد، به عبارت دیگر اثربخشی درجه دستیابی (تکمیل) هدف را بیان می‌دارد و در مقایسه با کارایی و بهره‌وری که شاخص‌های کمی هستند یک شاخص کیفی به شمار می‌آید.

بهره‌وری ترکیبی از دو شاخص اثربخشی و کارایی است، زیرا اثربخشی با عملکرد و کارایی با استفاده از منابع در ارتباط است. در واقع بهره‌وری نشان می‌دهد که یک سازمان به چه صورت منابع خود را در راستای دستیابی به اهداف به کار می‌گیرد.

مدل تحلیل پوششی داده‌ها اساساً امکان مقایسه کارایی فنی ایستا را فراهم می‌آورد، از این جهت بین مفهوم کارایی فنی و مفهوم بهره وری تفاوت قائل می‌شوند .مفهوم کارایی ناظر بریک مقطع زمانی و بهره وری مفهومی ناظر بر طول زمان است. در سنجش کارایی گفته می‌شود کدام بنگاه کارا عمل می‌کند ولی در مفهوم بهر ه وری می‌گویند کدام بنگاه‌ها در طول زمان بهر ه وری عوامل تولید خود را تغییر داده اند. بنگاه‌هایی می‌توانند بهره وری خود را در طول زمان افزایش دهند که در مقاطع زمانی به سمت عملکرد کاراترین بنگاه حرکت نمایند. از این رو روش های سنجش بهره وری با کارایی لزوماً یکی نیستند (فاضل یزدی و معین الدین، ۱۳۹۴).

۲-۶-۲ تعریف کارایی با توجه به مفهوم مطلق یا نسبی

همانطور که از تعریف کارایی مشخص است، قبل از به دست آوردن میزان کارایی یک واحد اقتصادی، باید میزان توان بالقوه تولیدی واحد مذکور در ترکیب‌های مختلف نهاده‌ها را تعیین کنیم. تعیین توان بالقوه تولیدی به روش دیدگاه مطلق یا نسبی، اساس تعریف کارایی مطلق یا نسبی است. در دیدگاه مطلق، میزان تولید بالقوه را از طریق تعیین شاخص‌های استاندارد مهندسی، مدیریتی و اقتصادی برای عملکرد هر بنگاه به دست می‌آورند. به بیان دیگر، شاخص‌هایی کمی که می‌تواند تولید بالقوه هر واحد را با توجه به استفاده از ترکیب های مختلف نهاده‌ها نشان دهد، به دست می‌آورند. سپس، عملکرد بنگاه‌ها با توجه به شاخص‌های به دست آمده مورد بررسی قرار می‌گیرند، این دیدگاه از کارایی مطلق، توسط باتون[9] برای بخش ناکارایی در صنایع مورد استفاده قرار گرفته است.

[9] Batton

در دیدگاه نسبی، برای بدست آوردن میزان تولید بالقوه از مقایسه عملکرد واحدهای مختلف در یک بنگاه یا بنگاه‌های مختلف در یک صنعت استفاده می‌شود. بدین معنا که از مقایسه‌ی ستاده‌ها و نهاده‌های مورد استفاده‌ی هر واحد اقتصادی، میزان تولید بالقوه استخراج می‌گردند و میزان کارایی هر واحد (عملکرد استاندارد) به دست می‌آید. عبارت نسبی از آنجا مورد استفاده قرار می‌گیرد که کارایی به دست آمده در این روش در نتیجه مقایسه بنگاه‌های موجود با یکدیگر حاصل می‌گردد. بنابراین در صورت حذف یا اضافه شدن تعداد مشاهدات، ممکن است مقدار کارایی محاسبه شده نیز تغییر نماید، لذا آن را کارایی نسبی می‌نامیم و نه مطلق (خامسیان ۱۳۸۶).

۲-۶-۳ تعریف کارایی با توجه به مفهوم پویا یا ایستا

تعریف کارایی از دیدگاه ایستا مستلزم آن است که عملکرد واحدهای اقتصادی مورد بررسی در یک نقطه از زمان مورد مقایسه قرار گیرند. در صورتی که کارایی از دیدگاه پویا تغییرات عملکرد بنگاه در طول زمان را نیز در بر می‌گیرد.

کارایی از دیدگاه جامع بیشتر مفهومی پویا است تا ایستا. زیرا ممکن است در یک نقطه از زمان بنگاهی در مقایسه‌ی با دیگر بنگاه‌های صنعت ناکارا تلقی می‌شود. در صورتیکه در زمان دیگر، بنگاه ناکارای مذکور، نسبت به سایر بنگاه‌ها کارا باشد. به عبارت دیگر، رتبه‌بندی کارایی بنگاه‌ها در طول زمان متغیر خواهد بود. در نتیجه، در تحلیل‌های پویایی کارایی، عملکرد بنگاه‌ها را به روش‌های متفاوت تحت تاثیر قرار می‌دهد. بنگاه‌ها می‌توانند در نوع تعدیل نسبت به شوک ها متفاوت عمل کنند. کارایی به مفهوم پویا بیانگر سرعت تعدیلات نیز خواهد بود. در صورتیکه کارایی از دیدگاه ایستا موارد مذکور را ارائه نمی‌دهد.

در تحقیق حاضر سعی شده است از داده‌های تلفیقی [10] که شامل داده‌های مقطعی [11] و سری زمانی [12] است استفاده شود تا دیدگاه پویا از کارایی ملحوظ شود.

۲-۶-۴ سطوح کارایی

مفهوم کارایی نشان دهنده تخصیص مطلوب منابع است .اما از نظر هدف اندازه‌گیری کارایی، ابزارها و قلمرو تعریف کارایی متفاوت است. به این معنا تحلیل و سنجش کارایی عموما در سه سطح صورت می‌پذیرد:

۱. سطح کلان: اندازه‌گیری کارایی در سطح کلان اغلب در راستای تبیین تخصیص بهینه منابع کشوراست.

در این سطح، نتایج اقتصادی تخصیص منابع به بخش‌های مختلف اقتصاد، با نتایج تخصیص ایده آل مورد مقایسه واقع می‌شود .تخصیص ایده آل یا مقرون به کارایی در سطح کلان منوط به تأمین شرط بهینه پرتو است.

۲. سطح صنعت: در این سطح هدف اساسی سنجش کارایی نسبی بنگاه‌های یک صنعت در راستای ارائه تصویری از ساختار صنعت است. در این سطح، واحدهای مورد بررسی کارایی، بنگاه‌های تولید می‌باشد و تئوری‌های بهترین کارایی یا تابع تولید مرزی روش هایی برای سنجش عملکرد این بنگاه‌هاهستند.

۳. سطح خرد: کارایی در سطح بنگاه منفرد (خرد) نیز متمرکز بر تخصیص منابع بنگاه است، اندازه‌گیری در سطح خرد از معیارهای سنجش در سطح صنعت که مبتنی بر مجموعه ای از امکانات تولید مشخص برای هر بنگاه (تکنولوژی ثابت) هستند فراتر می رود و مسائل مدیریتی و مهندسی را که بنگاه در راستای دستیابی به حداکثر محصول ممکن با آن روبرو است نیز دربر می‌گیرد. برای محاسبه کارایی در سطح بنگاه «با دیدگاه

[10] Panel data
[11] Cross section
[12] Time series

نسبتی از کارایی» یا باید عملکرد بنگاه را در دوره‌های مختلف زمانی با هم مقایسه کنیم، یا می‌بایست عملکرد واحدهای زیرمجموعه بنگاه را مورد مقایسه قرار داد (زنور،۱۳۸۱).

در این تحقیق، سطح صنعت به مفهوم کارایی صنعت محدود خواهد شد، بهترین صورت عملکرد بنگاه‌های موجود در صنعت سیمان کشور را مورد مقایسه قرارداده و شاخص کارایی محاسبه خواهد شد.

۲-۷ انواع کارایی

۲-۷-۱ کارایی فنی[۱۳]

مفهوم کارایی فنی ابتدا توسط کوپمنز (۱۹۵۱)، دبرو (۱۹۵۱)و فارل (۱۹۵۷) معرفی شدهاست (کومبکر و لاول ۲۰۰۰،[۱۴]). کارایی فنی نشان دهنده ی توانایی یک بنگاه در به دست آوردن حداکثر میزان خروجی از ورودی های به کار گرفته شده، می‌باشد. کارایی فنی تنها به استفاده از تمامی ظرفیت منافع تأکید دارد و شرط کارا بودن یک بنگاه را در عدم اتلاف منافع و استفاده از تمامی منابع می‌داند. مفهوم مشتق شده از کارایی فنی، ساختار بازدهی به مقیاس است، که می‌تواند ثابت یا متغیر باشد. بازدهی به مقیاس ثابت بدان معنا است که افزایش در مقدار ورودی‌ها منجر به افزایش خروجی‌ها به همان نسبت می‌شود.در بازدهی به مقیاس متغیر، افزایش خروجی‌ها بیشتر یا کمتر از نسبت افزایش در ورودی‌هاست.

[13] Technical Efficiency
[14] Kumbhakar-Lovell

۲-۷-۲ کارایی فنی خالص (مدیریتی)

در حالت بازدهی متغیر نسبت به مقیاس، مناطقی از مرز کارایی وجود دارند که بازدهی بر روی آن‌ها افزایشی یا کاهشی است. در این حالت با آن که کارایی فنی وجود دارد ولی بنگاه‌ها در بهترین حالت خود نیستند، که کارایی فنی، کارایی فنی خالص نامیده می‌شوند.

۲-۷-۳ کارایی مقیاس

کارایی مقیاس هر واحد با مقایسه‌ی امتیاز کارایی فنی آن واحد تحت شرایط بازدهی به مقیاس ثابت و بازدهی به مقیاس متغیر تعیین می‌گردد. کارایی مقیاس، بیانگر نسبت کارایی فعلی یک واحد به کارایی در مقیاس بهینه‌ی آن واحد تولیدی است.

کارایی فنی=کارایی فنی خالص×کارایی مقیاس **(۲-۲)**

۲-۷-۴ کارایی اقتصادی[15]

عبارتست از توانایی بنگاه در بدست آوردن حداکثر سود ممکن با توجه به قیمت و سطوح نهاده‌ها و از نظر ریاضی برابر است با حاصل ضرب کارایی فنی در کارایی تخصیصی (پورکاظمی و حیدری، ۱۳۸۱).

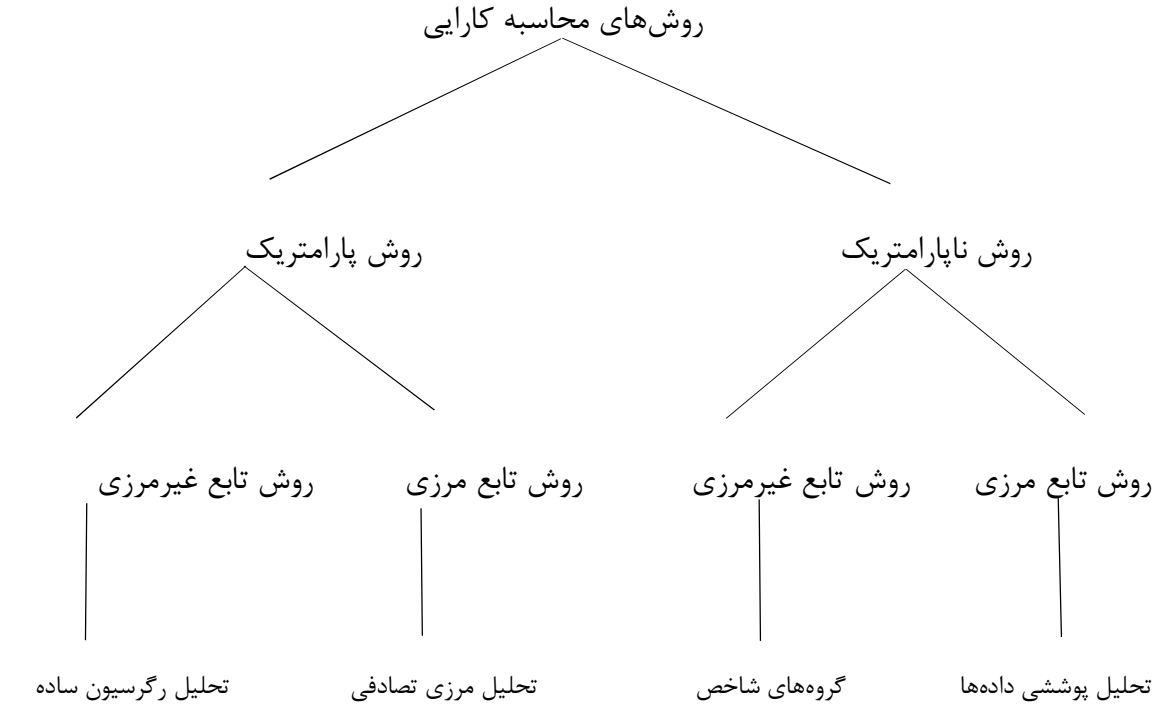
[15] Economic Efficienc

۲-۷-۵ کارایی تخصیصی[16]

کارایی هزینه است و نشان دهنده ابعاد تخصیص بهینه عوامل موجود می باشد، به این معنی که اگر قیمت ورودی‌ها معلوم باشد، در میان واحدهای موجود در فضای امکان تولید با سطح خروجی ثابت، واحدی کارای تخصیصی است که ورودی‌های آن به ازای این سطح خروجی، کمترین هزینه را داشته باشد.

۲-۸ روش‌های سنجش کارایی

در اندازه گیری کارایی فنی واحدها روش‌های مختلفی به کار گرفته می‌شود .که به دو دسته کلی پارامتریک و ناپارامتریک تقسیم می‌شوند. این تقسیم بندی به تفکیک در نمودار شماره نشان داده شده است.



شکل(۲-۲) روش‌های سنجش کارایی

[16] Allocative Efficiency

در میان روش‌های ناپارامتریک روش تحلیل پوششی داده‌ها یکی از مهم ترین روش‌های اندازه‌گیری کارایی است. از آنجا که معرفی سایر روش‌ها خارج از حوصله این تحقیق است، در این زمینه صرفا به روش DEA می‌پردازیم.

۲-۸-۱ روش‌های پارامتریک

روش‌های پارامتری به روش‌هایی گفته می‌شود که ابتدا یک شکل خاص (مانند تابع کاب- داگلاس) برای تابع تولید در نظرمی‌گیرند و پس از آن با یکی از روش‌های معمول برآورد تابع که در آمار و اقتصا دسنجی مرسوم است، پارامترهای (ضرایب) مجهول را تخمین می‌زنند .سپس با استفاده از تابع برآورد شده، کارایی بنگا ه‌ها محاسبه می‌شود. روش‌های پارامتری درحالتی که فقط یک ورودی و یک خروجی وجود داشته باشد، قابل استفاده هستند .در این روش‌ها تابع تولید یعنی تابعی که ماکسیمم خروجی‌ها را بر حسب ورودی‌ها بیان می‌دارد را با استفاده از یک تابع با پارامترهای مجهول تخمین می‌زنند، سپس پارامترها را طوری تعیین می کنند که بهترین تقریب بدست آید .و چون در این روش‌ها پارامتر یا پارامترهایی از تابع برآورد می‌شود، به آن‌ها روشهای پارامتری می‌گویند.

از مهمترین روش‌های پارامتری می‌توان به روش‌های زیر اشاره کرد:

- تابع تولید مرزی قطعی
- تابع تولید مرزی قطعی آماری
- تابع تولید مرزی تصادفی
- تابع سود

۲-۸-۲ روش‌های ناپارامتریک

روش مطرح دیگر به منظور ارزیابی کارایی روش ناپارامتری می‌باشد. در این روش با استفاده ازتکنیک‌های برنامه ریزی ریاضی به ارزیابی کارایی بنگا ه‌ها پرداخته می‌شود، حال آنکه در این روش دیگر نیازی به برآورد تابع تولید نمی‌باشد و محدودیتی در تعداد ورودی‌ها و خروجی‌ها نمی‌باشد .از جمله روش‌های غیرپارامتری، روش تحلیل پوششی داده هاست که در این پژوهش اساس کار قرار گرفته است.

۱-۲-۸-۲ تحلیل پوششی داده‌ها

تحلیل پوششی داده‌ها یکی از روش‌های پرکاربرد در زمینه ارزیابی کارایی نسبی مجموعه ای از واحدهای تصمیم گیری همگن با ورودی‌ها و خروجی‌های مشابه می‌باشد که توسط چارنز و همکارانش در سال 1978 ارائه شده است (مهرجردی و همکاران،۱۳۹۲). تحلیل پوششی داده‌ها به عنوان یکی از سریع ترین رشته‌های درحال رشد علم مدیریت و تحقیق در عملیات می‌باشد و از آن به منظور ارزیابی کارایی سازمانهای بخش خصوصی و دولتی استفاده می شود (بال وهمکاران ،۲۰۱۰). در این روش کارایی به سه دسته فنی، تخصیصی و اقتصادی تقسیم می‌شود. در رابطه زیر ارتباط بین این سه نوع کارایی دیده می‌شود.

$$AE = \frac{EE}{TE} \qquad (۲-۳)$$

که در این رابطه، EE شاخص کارایی اقتصادی، TE شاخص کارایی فنی و AE شاخص کارایی تخصیصی می‌باشد. کارایی تخصیصی نشان دهنده‌ی توانایی واحد تولیدی برای استفاده از ترکیب بهینه عوامل تولیدی با توجه به قیمت آن‌ها می‌باشد. روش تحلیل پوششی داده‌ها از داده های نهاده و محصول هر واحد تولیدی برای ساختن یک مرز تولید ناپارامتریک استفاده می‌کند. در چنین حالتی تمامی واحدهای مشاهده شده بر

رو یا زیر مرز پوششی قرار می‌گیرند. بنابراین کارایی هر واحد تولیدی نسبت به کارایی‌های همه واحدهای تولیدی مورد سنجش قرار می‌گیرد .مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها می‌توانند خروجی یا محصول گرا[17] یا ورودی یا نهاده گرا[18] باشند. در مدل‌های محصول گرا هدف حداکثرسازی تولید با توجه به مقدار مشخص نهاده‌ها می‌باشد، اما در روش نهاده گرا، هدف استفاده کمینه نهاده‌ها با توجه به سطح معینی از محصول می‌باشد .سطح پوششی مدل (هم محصول‌گرا و هم نهاده‌گرا) می‌تواند بازده ثابت نسبت به مقیاس و یا بازده متغیر نسبت به مقیاس را داشته باشد.

۲-۹ اندازه گیری کارایی

۲-۹-۱ اندازه گیری کارایی بر مبنای حداقل سازی عوامل تولید

۲-۹-۲ اندازه گیری کارایی بر مبنای حداکثر سازی محصول

۲-۹-۳ اندازه گیری کارایی اقتصادی

۲-۹- ۴ اندازه گیری کارایی فنی

۲-۱۰ روش ناپارامتریک تحلیل پوششی داده‌ها

تحلیل پوششی داده‌ها تکنیکی برای محاسبه کارایی نسبی مجموعه‌ای از واحدهای تصمیم گیرنده همگن است که با استفاده از برنامه ریزی ریاضی انجام می‌گیرد، و بدین وسیله اقدام به تخمین تجربی مرز کارایی می‌کند. عبارت نسبی به این دلیل است که کارایی حاصل نتیجه مقایسه واحدها با یکدیگر است. این روش

[17] Output oriented
[18] Input oriented

یک تابع مرزی را بدست می‌دهد که در آن، تمام داده‌ها تحت پوشش قرار می‌گیرند و به همین دلیل آن راتحلیل پوششی داده‌ها یا تحلیل فراگیر می‌نامند. از آنجا که روش مزبور مبتنی بر مجموعه‌ای از مسائل بهینه‌سازی است و هیچ گونه پارامتری جهت تحلیل وجود ندارد، جزء روش‌های ناپارامتریک محسوب می-شود(محفوظی و نوری پور،۱۳۹۲). هدف این تکنیک دستیابی به کارایی نسبی واحدهای تصمیم گیری مشابه، که دارای چندین ورودی (نهاده) و چندین خروجی (ستاده) مشابه هستند، میباشد.

وقتی می‌گوییم واحد تصمیم گیرنده P ام کاراست یعنی این واحد خوب عمل می‌کند و از منابع به خوبی استفاده می‌کند. درتحلیل پوششی داده‌ها نیازی به اختصاص وزن‌ها به ورودی‌ها و خروجی‌ها نیست، این روش خود، وزن‌ها را تعیین می‌کند .برای هر واحد تصمیم گیری، DEA مطلوب ترین مجموعه از وزن‌ها را در نظر می گیرد، یعنی مجموعه‌ای از وزن‌ها که نسبت کارایی واحدهای تصمیم گیری را بدون افزایش نسبت کارایی دیگر واحدهای تصمیم گیری ماکزیمم می‌کند. به عبارت دیگرDEA به تصمیم گیرندگان کمک می‌کند که واحدهای تصمیم گیری را در دو گروه واحدهای کارا و ناکارا دسته بندی کند .تغییرات در مقادیر ورودی و خروجی واحدها می‌تواند باعث تغییر در این تقسیم بندی شود، به عبارت دیگر یک واحد کارا تبدیل به ناکارا شود و بالعکس (محمدرضا مهرگان،۱۳۹۵).

مزایای روش DEA که توسط شرمن و لدینو[19] خلاصه شده است عبارتند از:

- شناسایی DMU های مرجع که با استفاده از کمترین منابع، برای فراهم کردن محصولات یا خدمات با کیفیت استاندارد، بهتر از DMU های دیگر عمل می‌کنند.
- مقایسه‌ی DMU های ناکارا با عملکرد DMU های ناکارا

[19] Sherman&Ladino

- شناسایی میزانی از منابع اضافی استفاده شده توسط هریک از DMU هایی که دارای کارایی ضعیف-تری هستند.

- شناسایی میزان ظرفیت یا توانایی اضافی برای افزایش خروجی‌ها برای DMU هایی با کارایی کمتر، بدون نیاز به افزایش ورودی‌ها و افزایش در منابع .

۲-۱۰-۱ تاریخچه تحلیل پوششی داده‌ها

اندازه‌گیری کارایی به خاطراهمیت آن در ارزیابی عملکرد یک شرکت یا سازمان همواره مورد توجه محققین قرار داشتهاست. در سال ۱۹۵۷ فارل با استفاده از روشی مانند اندازه‌گیری کارایی در مباحث مهندسی، اقدام به اندازه گیری کارایی برای یک واحد تولیدی نمود. موردی که فارل برای اندازه‌گیری کارایی مدنظر قرار داده بود، شامل یک ورودی و یک خروجی بود. مطالعهٔ فارل، شامل (اندازه گیری کارایی‌های فنی) و (تخصیصی) و (مشتق تابع تولید کارا) بود. فارل، الگوی خود را برای تخمین کارایی بخش کشاورزی آمریکا نسبت به سایر کشورها مورد استفاده قرار داد، با وجود این، او در ارائه روشی که در برگیرنده‌ی ورودی‌ها و خروجی‌های متعدد باشد، موفق نبود. چارنز، کوپر، رودز، دیدگاه فارل را توسعه دادند و الگویی را ارائه کردند به نام CCR که مخفف نام این سه تن بود و توانایی اندازه‌گیری کارایی با چندین ورودی و چندین خروجی را داشت (محمدرضا مهرگان،۱۳۹۵). آن‌ها با استفاده از یک برنامه‌ریزی خطی ورودی‌ها و خروجی‌های چندگانه را با تخصیص وزن‌هایی که از حل مدل به دست می‌آیند به یک ورودی و یک خروجی تبدیل کرده و کار ارزیابی کارایی را انجام دادند (معماریانی و مهتدی،۱۳۸۱). این الگو تحت عنوان تحلیل پوششی داده‌ها نام گرفت و اولین بار در رساله‌ی دکتری ادوارد رودز و به راهنمایی کوپر تحت عنوان ارزیابی پیشرفت تحصیلی دانش آموزان مدارس ملی آمریکا در سال ۱۹۷۶ در دانشگاه کارنگی مورد استفاده قرارگرفت و در سال ۱۹۷۸ در مقاله‌ای

تحت عنوان اندازه گیری کارایی واحدهای تصمیم گیرنده منتشر شد. آنها تحلیل پوششی داده‌ها را به صورت زیر توصیف کردند:

یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی بکارگرفته شده برای داده‌های مشاهده شده‌ای است که روش جدیدی برای تخمین‌های تجربی تابع تولید و یا مرز کارایی را فراهم می‌سازدکه پایه اقتصاد مدرن می‌باشد(کوپر[۲۰] و همکاران،۱۹۷۸)

از آنجا که این مدل توسط چارنز کوپر و رودز ارائه گردید به مدل CCR که از حروف اول نام سه فرد موفق تشکیل شده است، معروف گردید .آن‌ها در مقاله CCR فرمول بندی برنامه‌ریزی خطی برای اندازه‌گیری کارایی یک واحد تولید کننده نسبت به یک مجموعه از واحدهای تولید کننده با تکنیک بهینه‌سازی ریاضی، کارایی چند ورود ی- یک خروجی فارل با استفاده از مرز تولید شده با واحدهای مشاهده شده به حالت چند ورود ی - چند خروجی تعمیم دادند و در آن تحلیل پوششی داده‌ها را به عنوان یک مدل برنامه ریزی ریاضی برای تخمین تجربی روابطی مانند تابع تولید و یا مرز کارایی با استفاده از داده‌های متجانس معرفی کردند. این مقاله پایه بسیاری از مطالعات DEA شد چنانکه در سال ۱۹۸۴ تحلیل بیشتری توسط بنکر، چارنز و کوپر صورت گرفت و به مدل BCC معروف گردیده و برای تعیین کارایی تکنیکی و بازده به مقیاس بکار رفت. در سال۱۹۸۵ ، مدل‌های دیگر مانند مدل جمعی و مدل خروجی توسط چارنز مطرح گردید .بدین صورت تحلیل پوششی داده‌ها به عنوان تکنیکی برای ارزیابی کارایی نسبی واحد های تصمیم گیرنده متجانس مطرح گردید.

با پیشرفت و تکامل این روش، در حال حاضر DEA یکی از حوزه‌های فعال تحقیقاتی در اندازه‌گیری کارایی بوده و به طور چشم‌گیری مورد استقبال پژوهشگران جهان قرار گرفته است، این روش برای ارزیابی عملکرد سازمان‌های دولتی و غیر انتفاعی که اطلاعات قیمتی آن‌ها معمولاً در دسترس نیست یا غیر قابل اتکاست،

[20] Cooper

کاربرد قابل ملاحظه‌ای دارد. در ابتدا مدل‌های DEA برای ارزیابی کارایی نسبی سازمان‌ها مؤسسات غیر انتفاعی مانند مدارس، دادگاه‌ها، ارتش و بیمارستان‌ها، استفاده گردید. به مرور زمان کاربرد مدل‌های DEA به منظور پوشش در سازمان‌ها و مؤسسات انتفاعی، تعمیم یافت. اصولا معرفی انواع و روش اندازه‌گیری کارایی از طریق علمی، بر اساس روش فارل در سال ۱۹۵۷میلادی صورت گرفته است. فارل پیشنهاد نمود، مناسب‌تر است که عملکرد یک سازمان(بنگاه اقتصادی) با عملکرد بهترین بنگاه‌های موجود در آن صنعت مورد مقایسه قرار گیرد.

بحث تحلیل پوششی داده‌ها در سال 1993 در ایران توسط دکتر جهانشاهلو و همکاران آغاز شد و مقالات متعددی در این زمینه منتشر گردید .امروزه کاربرد DEA در زمینه‌های مختلف و در تمام بخش‌هایی که از ورودی های چندگانه برای تولید خروجی‌های چندگانه استفاده می‌کنند، مشهود است و هم اکنون در بسیاری از مراکز تحقیقاتی نقاط مختلف جهان، منشا بسیاری از ایده‌ها و پیشرفت‌های جدید شده است و بنابر گفته فارل از یک کارگاه کوچک تا یک اقتصاد کلان کاربرد دارد.

۲-۱۰-۲ دو مشخصه اساسی الگو DEA

استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها برای ارزیابی نسبی واحد ها نیازمند تعیین دو مشخصه اساسی، ماهیت الگو و بازده به مقیاس می‌باشد.

۲-۱۰-۲-۱ ماهیت الگوی مورد استفاده

الف) ماهیت ورودی: در صورتی که در فرایند ارزیابی با ثابت نگه داشتن سطح خروجی‌ها، سعی در حداقل‌سازی ورودی‌ها داشته باشیم ماهیت الگوی مورد استفاده ورودی است.

ب) ماهیت خروجی: در صورتی که در فرایند ارزیابی با ثابت نگه داشتن سطح ورودی‌ها، سعی در افزایش سطح خروجی‌ها داشته باشیم ماهیت الگوی مورد استفاده خروجی است.

در الگوی DEA با دیدگاه ورودی به دنبال به دست آوردن ناکارایی فنی به عنوان نسبتی می‌باشیم که بایستی در ورودی‌ها کاهش داده شود تا خروجی بدون تغییر بماند و واحد در مرز کارایی قرار گیرد. در دیدگاه خروجی به دنبال نسبتی هستیم که باید خروجی‌ها افزایش یابند بدون آن‌که تغییر در ورودی‌ها به وجود آید تا واحد مورد نظر به مرز کارایی برسد.

در یک مدل ورودی محور، یک واحد در صورتی ناکاراست که امکان کاهش هر یک از ورودی‌ها بدون افزایش ورودی‌های دیگر یا کاهش هر یک از خروجی‌های دیگر وجود داشته باشد.

در یک مدل خروجی محور، یک واحد درصورتی ناکاراست که امکان افزایش هر یک از خروجی‌ها بدون افزایش یک ورودی یا کاهش یک خروجی دیگر وجود داشته باشد.

یک واحد وقتی و فقط وقتی کارا خواهد بود، که هیچ کدام از دو مورد فوق امکان تحقق نیابد. کارایی کمتر از یک برای یک واحد بدین معنی است که ترکیب خطی واحدهای دیگر می‌تواند همان خروجی را با به کارگیری ورودی‌های کمتر ایجاد کنند.

بسته به این‌که هدف مدیریت کنترل میزان ورودی باشد یا کنترل خروجی، مدل ورودی محور و یا خروجی محور انتخاب خواهد شد.

علت انتخاب دیدگاه (ماهیت) برای یک الگو DEA در ارزیابی نسبی عملکرد واحدها این است که در بعضی موارد مدیریت واحد هیچ کنترلی بر میزان خروجی ندارد و مقدار آن از قبل مشخص و ثابت است. مانند نیروگاه برق در این موارد میزان ورودی‌ها به عنوان متغیر تصمیم می‌باشد، بنابراین دیدگاه ورودی مورد

استفاده قرار می‌گیرد، و برعکس در بعضی از موارد میزان ورودی ثابت ومشخص است و میزان تولید(خروجی) متغیّر تصمیم است در چنین شرایطی دیدگاه خروجی مناسب می باشد. در نهایت ماهیت ورودی و خروجی براساس میزان کنترل مدیر بر هر یک از ورودی‌ها و خروجی‌ها تعیین می‌گردد.

۲-۱۰-۳ مجموعه مرجع

در یک بخش تولیدی، اگر تولیدکنندگانی قادر باشند با مقدار حداقلی از عوامل تولید، مقدار معینی از محصولات مختلف را تولید نمایند و یا اینکه با مقدار معینی از عوامل تولید، حداکثرممکن از محصولات مختلف را تولید نمایند، سایر تولیدکنندگان این بخش اقتصادی در صورتی کارا خواهند بود که بتوانند مشابه این تولیدکنندگان عمل نمایند. کلیه بنگاه‌های کارا بر روی منحنی هم مقداری تولید یا منحنی تابع تولید مرزی قراردارند (امامی میبدی، ۱۳۹۰). در روش DEA برای هر یک از بنگاه‌های غیرکارا، یک بنگاه کارا یا ترکیبی از دو یا چند بنگاه کارا به عنوان مرجع و الگو معرفی می‌گردند. ازآنجایی که این بنگاه مرکب (ترکیب دو یا چند بنگاه کارا) به ضرورت در صنعت وجود نخواهد داشت، به عنوان یک بنگاه مجازی کارا شناخته می‌شود .به عبارت دیگر بنگاه مرجع برای یک بنگاه غیرکارا، می‌تواند یک بنگاه واقعی، یا درحالت کلی یک بنگاه مجازی باشد. نتیجه کلام اینکه، یکی از مزایای روش DEA یافتن بهترین بنگاه مجازی کارا برای هر بنگاه واقعی (چه کارا و چه غیرکارا) می‌باشد .چنانچه بنگاهی کارا باشد، مجموعه مرجع آن (بنگاه مجازی کارا) خود این بنگاه خواهد بود. شایان یادآوری است که سهم هر یک از بنگاه‌های کارا در تشکیل بنگاه مجازی کارا (الگوی مرجع) برای یک بنگاه غیرکارا بستگی به وزن دارد که توسط روش DEA برای هر یک از بنگاه های کارا محاسبه و ارائه می شود.

۲-۱۱ انواع الگوهایDEA

الگوهای DEA بطور کلی عبارتند از: الگوی CCR الگوی BCC و الگوی جمعی

۲-۱۱-۱ الگوی CCR

اصولاً از لحاظ کاربردی تعریف کارآیی عبارتست از نسبت ستاده‌ها به نهاده‌ها در مقایسه با یک استاندارد مشخص. در تشخیص کارآیی، روش‌های متفاوتی وجود دارد که از جمله این روش‌ها می‌توان به روش تحلیل نسبت و تحلیل مرزی اشاره نمود. روش تحلیل پوششی داده‌ها یک روش مرزی ناپارامتریک می‌باشد که به صورت زیر قابل تعریف است:

کارآیی هر واحد تصمیم گیرنده یک مسأله برنامه ریزی کسری می‌باشد، یعنی کارایی هر DMU ماکزیمم نسبت خروجی توزین شده به ورودی توزین شده تحت یک سری محدودیت است. ورودی‌ها و خروجی‌ها اعداد معلومی هستند و مقادیر وزن‌های ورودی‌ها وخروجی‌ها طوری انتخاب می‌شوند، که کارآیی آن واحد تصمیم‌گیرنده ماکزیمم شود.

فرض کنید n واحد تصمیم‌گیرنده به صورت موجود است که هر کدام از m ورودی مختلف جهت تولید s خروجی استفاده می کنند. و به ترتیب خروجی r ام $r = 1 \dots s$ و ورودی i ام $i = 1 \dots m$ از واحد تصمیم گیرنده j ام $j = 1 \dots n$ می‌باشند.

اگر فرض کنیم $u = (u_1، u_2، \dots، u_s)$ و $v = (v_1، v_2، \dots، v_m)$ و به ترتیب بردارهای وزن های خروجی‌ها و ورودی‌ها باشد در این صورت کارآیی به صورت زیر تبدیل خواهد شد:

$$\text{کارایی} = \frac{u_1 y_1 + \cdots + u_s y_{sj}}{v_1 x_1 + \cdots + v_m x_{mj}} \qquad (۲-۳)$$

که در آن ارزش ورودی و ارزش خروجی واحد j ام است.

مشکل محاسبه کارایی مشخص نبودن ضرایب است. که چارنزو همکاران توانستند مشکل ضرایب را برطرف کنند برای این منظور پیشنهاد گردید که هر واحد تصمیم گیرنده، هر وزنی را که می‌خواهد برای ورودی یا خروجی خود در نظر بگیرد به شرط آن‌که وقتی این وزن‌ها، در محاسبه کارایی سایر واحدهای دیگر لحاظ می‌شود کارایی آن‌ها بیشتر از یک نشود. این اساس کار در روش تحلیل پوششی داده‌هاست. مدل CCR برای ارزیابی به صورت زیر نوشته می‌شود:

$$\max \sum_{r=1}^{s} u_r y_r$$

$$st:$$

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

$$\sum_{i=1}^{m} v_i x_i = 1$$

$$u_r، v_i \geq \varepsilon.$$

(۲-۴)

که اپسیلن بینهایت کوچک ارشمیدسی است و جهت جلوگیری از حذف ورودی‌ها و خروجی‌ها در مدل لحاظ می‌شود. مدل فوق فرم مضربی مدل CCR نیز نامیده می‌شود.

این الگو بعنوان پایه‌ای برای شکل گیری سایر الگوها در DEA مطرح می باشد. این الگو دارای بازده به مقیاس ثابت است و سعی دارد با انتخاب وزن های بهینه برای متغیرهای ورودی و خروجی واحد تحت بررسی کسر کارایی این واحد را به گونه‌ای بیشتر کند که کارایی سایر واحدها از حد بالای یک تجاوز نکند.

این الگو در دو ماهیت ورودی و خروجی و در سه شکل کسری، مضربی و پوششی مطرح شده است. که فرم پوششی این الگو به صورت زیر می‌باشد.

$$\theta^* = min\theta$$

$$st:$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j x_{ij} \leq \theta x_{i0} \qquad i = 1، \dots، m$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j y_{rj} \geq y_{r0} \qquad r = 1، \dots، s$$

$$y_j \geq 0 \qquad j = 1، \dots، n$$

$$\theta = free\ in\ sign$$

(۲-۵)

همان‌گونه که در شکل پوششی دیده می‌شود، متغیر متناظر با محدودیت مساوی در فرم مضربی آزاد در علامت می‌باشد. در این الگو،انتخاب هر بردار λ_j مجاز، یک حد بالا برای ستاده‌ها و یک حد پایین

برای داده‌های DMU ایجاد می‌کند و در مقابل این محدودیت‌ها θ ای مرتبط با $\lambda_j^* \geq 0$ گزینه‌ی بهینه برای مرتبط شدن با $min\theta$ را ارائه می‌دهد.

شکل پوششی، این امکان را می‌دهد که ترکیب محدب ایجاد شده، برای هر واحد ناکارا و میزان دخیل بودن واحدهای کارا در این ترکیب با ضرایب مشخص شود. بنابراین، مزیت اساسی شکل پوششی در نوع جوابی است که برای کارآیی واحدهای مختلف، به دست می دهد.

جواب شکل پوششی در ماهیت ورودی به طور مستقیم میزان کارآیی نسبی واحد تحت بررسی را نشان می‌دهد؛ در صورتی که به دست آمده برای یک واحد مساوی یک باشد، بدین مفهوم است که واحد تحت بررسی یا کارآ است و در صورتی که مقدار آن کوچکتر از یک باشد، یا واحد تحت بررسی ناکارآ می باشد.

۲-۱۱-۲ اگوی BCC

مشخصه اصلی مدل CCR بازده به مقیاس ثابت است، به این معنی که بازده خروجی‌ها با برابر شدن ورودی‌ها، برابرمی‌شود. در بسیاری از موارد ممکن است این نسبت بازدهی متغیر باشد یا ممکن است بازده به مقیاس صعودی باشد به این معنا که با برابر شدن ورودی‌ها، خروجی‌ها با نسبت بیشتری از افزایش پیدا کنند یا بالعکس بازده به مقیاس نزولی باشد و با برابر شدن ورودی‌ها، خروجی‌ها با نسبت کمتری از افزایش پیدا کنند. در توسعه مدل CCR بنکر، چارنز و کوپر[۲۱] مدل BCC را با فرض VRS یا بازده به مقیاس متغیر به وجود آوردند. که فرم مضربی و پوششی این الگو به صورت زیر می‌باشد:

[21] Banker , Charnes & Cooper

$$\max \sum_{r=1}^{s} u_r y_r + u_0$$

$$st$$

$$\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij} + u_0 \leq 1 \qquad j = 1، \dots، n$$

$$\sum_{i=1}^{m} v_i x_i = 1$$

$$u_r، v_i \geq \varepsilon.$$

$$u_0 = free\ in\ sign$$

(۲-۶)

$$\theta^* = min\theta$$

$$st:$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j\, x_{ij} \leq \theta x_{i0} \qquad i = 1، \dots، m$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j\, y_{rj} \geq y_{r0} \qquad r = 1، \dots، s$$

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

$$y_j \geq 0 \qquad j = 1، \dots، n \qquad (۲-۷)$$

که DMU0 یکی از واحد های تحت ارزیابی است که امین ورودی و ، امین خروجی برای آن می‌باشند. در مدل (۲-۶) واضح است اگر محدودیت سوم را حذف کنیم به مدل CCR می‌رسیم. در این مدل نشان دهنده‌ی درجه‌ی کارایی برای واحد است. اگر باشد، واحد کارا ست و روی مرز کارایی قرار گرفته است، برعکس اگر باشد، واحد نا کارا است.

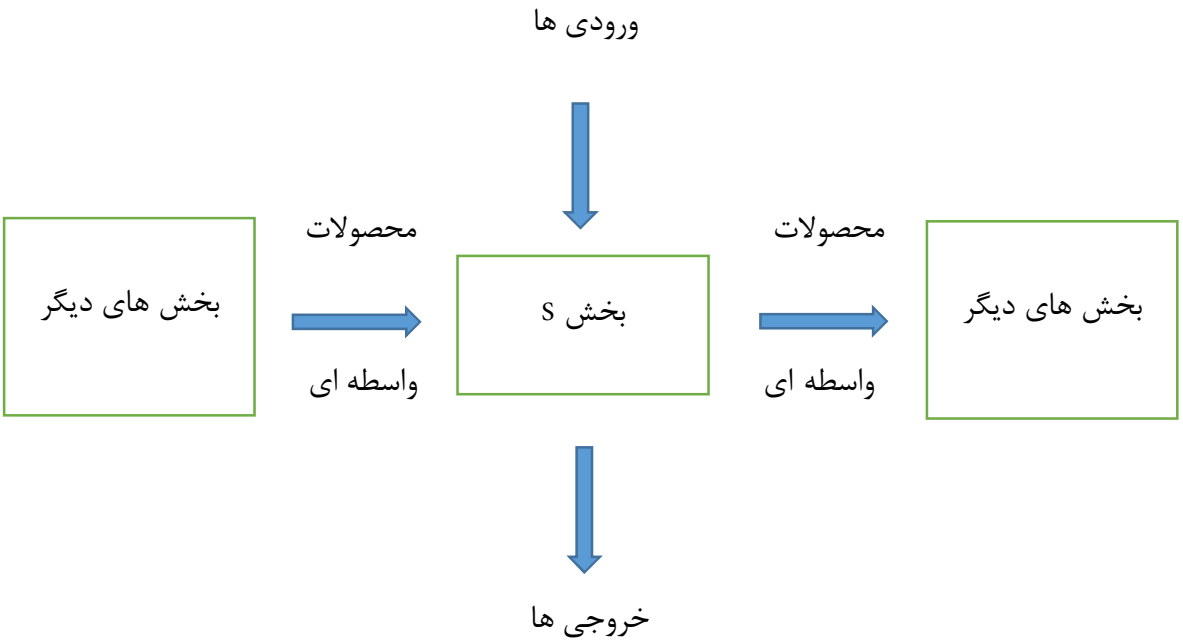
۲-۱۳ تحلیل پوششی داده های شبکه ای

همانطور که اشاره شد برای محاسبه کارایی سیستم های پیچیده با ساختارهای شبکه ای مدل های تحلیل پوششی داده های شبکه ای مورد نیاز است.در حالت کلی مدل های تحلیل پوششی داده های شبکه ای دارای دو ساختار کلی هستند : ساختار سری و ساختار موازی .

ساختار شبکه ای سرس دارای دو یا بیش از دو فرایند است که از طریق اندازه های میانی بطور سری به هم متصل شده اند .اندازه های میانی همان خروجی های یک مرحله هستند که به عنوان ورودی وارد مرحله ی بعد میشوند و در ساختارهای سری ، زمانی یک واحد تصمیم گیرنده کارا است که تمامی زیر فرایند های آن کارا باشند. ساختارهای سری به دو فرم ساده (Simple) و عمومی (General) تقسیم می شوند. تفاوت های بین این دو فرم ،به تعداد فرایند های درونی برمیگردد. در فرم عمومی بیش از دو مرحله وجود دارد .ورودی در هر مرحله میتوانند وارد سیستم شوند و خروجی های نهایی ممکن است در هر مرحله تولید شوند و اندازه های میانی ممکن است به طور کامل استفاده نشوند. در اینگونه مدل های DEA شبکه ای ، هر یک از مراحل به صورت موازی و مجزا از یکدیگر عمل میکنند .در ساختارموازی ،تمامی فرایندهای درونی به صورت موازی به هم متصل شده اند .یک ساختار موازی وقتی کارا است که همه ی فرایندهایش کارا باشد . همچنین اگر فرایند در این ساختار کارا باشد امکان انتخاب فرآیند مورد نظر برای استفاده در تولید بیشتر

خواهد بود..فیر و گروسکوپف[1] در سال ۲۰۰۰ رویکرد DEA شبکه ای را برای مدلسازی فرایندهای چندمرحله ای عمومی با ورودی و خروجی های میانی ارائه دادند (لیانگ[2] وهمکاران،۲۰۰۶). این مدل روابط میانی DMU را پیش بینی میکند و به ما اجازه میدهد درون یک DMU پیچیده با گره های چندگانه را ببینیم(باگتافت[3]،۲۰۰۹).

شکل ۲-۲ ساختار داخلی یک واحد در مدل شبکه ای را نشان می دهد.



شکل ۲-۳ ساختار داخلی یک واحد تصمیم گیری در مدل شبکه ای (حیدری، ۱۳۹۰)

[1] Fare and Grosskopf
[2] liang
[3] Bogetoft

۲-۱۳-۱ ساختارهای DEA شبکه ای

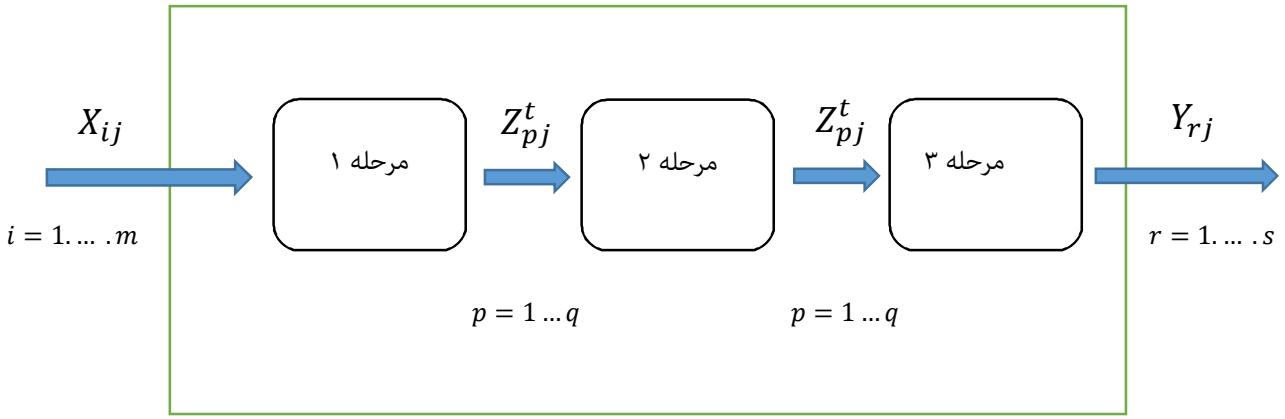
بطور کلی سیستم هایی که در آنها بیش از یک مرحله مرتبط با یکدیگر وجود دارد، شبکه نامیده می شوند. (احمدی و نورا، ۱۳۹۰) در این سیستم ها خروجی های فرایند یا مرحله اول به عنوان ورودی های فرایند یا مرحله بعدی محسوب می شوند که به آنها داده های میانی گویند(کوک[1] همکاران،۲۰۱۰)

برای محاسبه کارایی یک سیستم شبکه، به یک مدل DEA شبکه ای نیاز داریم. بر خلاف مدل DEA مرسوم، مدل DEA شبکه ای استانداردی ندارد بلکه شکل آن بستگی به ساختار شبکه مورد نظر دارد. (احمدی و نورا، ۱۳۹۰) بطور کلی دو نوع ساختار برای مدل DEA شبکه ای وجود دارد؛ سری و موازی (کااو[2] ۲۰۰۹)

ساختار سری : در یک واحد تصمیم گیری چند بخشی وقتی فعالیت بخشها در امتداد یکدیگر قرار می گیرد، سیستم ساختار سری دارد. در این حالت ورودی کل سیستم به بخش اول وارد می شود و خروجی نهایی سیستم از آخرین بخش خارج می شود. (حیدری، ۱۳۹۰)

به منظور معرفی مدل یک واحد تصمیم گیری با h بخش را در نظر بگیرید که بخشهای آن بصورت سری در کنار یکدیگر قرار گرفته اند(شکل(۲-۳)). X_{ij} و Y_{rj} به ترتیب ورودیها و خروجیهای مستقیم واحد j ام را نشان می دهند. Z_{pj}^{t} را به عنوان داده های میانی تعریف می کنیم. $(t = 1 \dots h-1)$تعداد محصولات واسطه ای برای هر بخش می تواند متفاوت از بخشهای دیگر باشد. برای راحتی کار، تعداد محصولات واسطه ای همه بخشها را $(p = 1 \dots p)$ در نظر می گیریم.

[1] Cook
[2] Kao



شکل(۲-۳) ساختار سری(کائو، ۲۰۰۹)

K برای ارزیابی واحدهای تصمیم گیری چند بخشی که بخشهای آن ساختار سری دارند، مدل زیر را پیشنهاد داده است :

V_i : وزن داده شده به ورودی i

w_p : وزن داده شده به داده میانی

U_r : وزن داده شده به خروجی r

X_{ij} : مقدار داده i از واحد j

Z_{pj} : مقدار داده میانی P از واحد j

Y_{rj} : مقدار خروجی r از واحد j

$$E_K = MAX \sum_{r=1}^{s} u_r y_K$$

st.

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

$$\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij} \leq 0$$

$$\sum_{p=1}^{q} w_p^1 z_{pj}^1 - \sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij} \leq 0$$

$$\sum_{p=1}^{q} w_p^t z_{pj}^t - \sum_{p=1}^{q} w_p^{t-1} z_{pj}^{t-1} \leq 0$$

$$\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj} - \sum_{p=1}^{q} w_p^{h-1} z_{pj}^{h-1} \leq 0$$

$u_r, v_i, w_p^t \geq \varepsilon$

$r = 1 \dots s \ ، \ r = 1 \dots m \ ، p = 1 \dots q \ ، t = 1 \dots h - 1$

مدل ۲-۸ کارایی کل سیستم هایی با ساختار سری

با حل مدل، ضرائب U_r, V_i, W_p^t که ضرائب بهینه بوده، بدست آمده و سپس با استفاده از آنها کارایی هر فرایند برای k تا DMU به صورت زیر محاسبه می گردد :

$$E_K^1 = \frac{\sum_{p=1}^{q} W_p^1 Z_{pk}^1}{\sum_{i=1}^{m} v_i x_{ik}}$$

$$E_K^t = \frac{\sum_{p=1}^{q} W_p^t Z_{pk}^t}{\sum_{p=1}^{q} w_p^{t-1} z_{pk}^{t-1}}$$

$$E_K^h = \frac{\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rk}}{\sum_{p=1}^{q} w_p^{h-1} Z_{pk}^{h-1}}$$

(۹-۲)

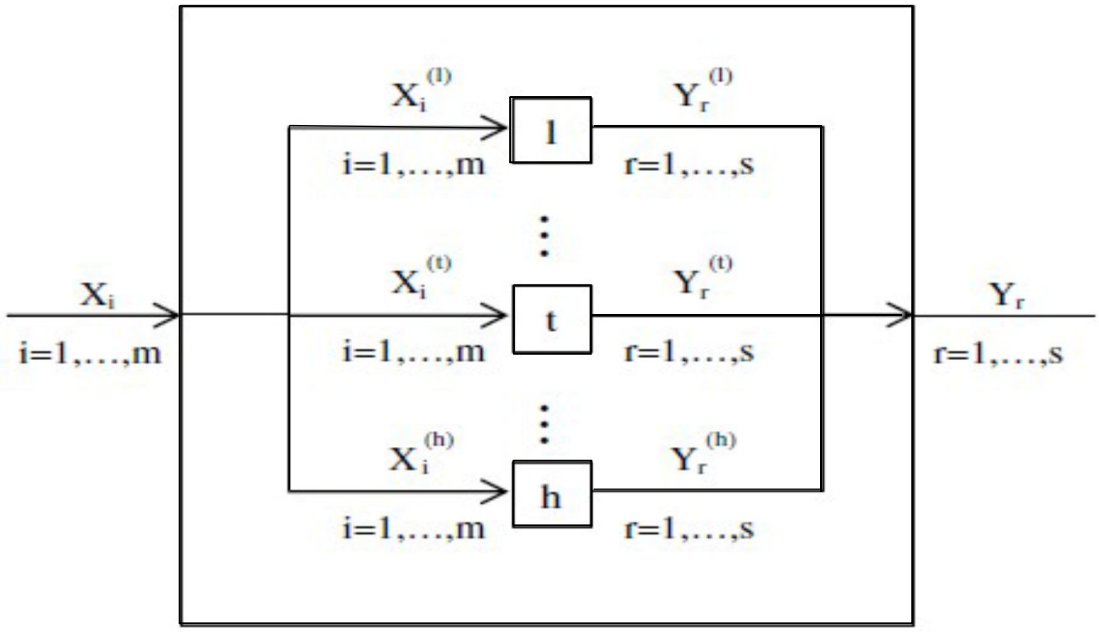
نتیجه که $t = 1 \dots h$ بوده که کارایی کل سیستم می باشد. در این حالت یک واحد تصمیم گیرنده وقتی کارا است که تنها تمامی فرایندهایش کارا باشند. اگر یک فرایند از نظر کارایی در سطح خیلی پایینی باشد باعث می شود کارایی سیستم پایین بیاید ولی اگر همه فرایندها دارای کارایی بالایی باشند، کارایی سیستم بالا خواهد رفت.

۲-۱۳-۲ ساختار موازی

در یک واحد تصمیم گیری چند بخشی هر گاه فعالیت بخشها به صورت موازی در کنار یکدیگر قرار گیرند، سیستم ساختار موازی دارد. در این ساختار، ورودی کل بین تمامی بخشها تقسیم می شود و خروجی کل از خروجی تمام بخشها حاصل می شود. (حیدری، ۱۳۹۰)

در این ساختار h تا فرایند بصورت شکل(۲-۴) بهم متصلند. کااو برای محاسبه کارایی این نوع سیستم ها و فرایندهایش بطور همزمان یک مدل DEA را ارائه داد. در این حالت x_{ij}^t بعنوان i امین ورودی و y_{rj}^t

بعنوان r امین خروجی است. t تا فرایند برای واحد تصمیم گیرنده j در نظر گرفته شده است. مجموع ورودی های فرایند با ورودی سیستم برابر است به طوریکه و برای خروجی های فرایند هم به همین صورت می باشد. یک سیستم موازی وقتی کاراست که تمام فرایندهایش کارا باشند.



شکل ۲-۴ ساختار موازی(کااو،۲۰۰۹)

۲-۱۴ انواع مدل های DEA شبکه ای

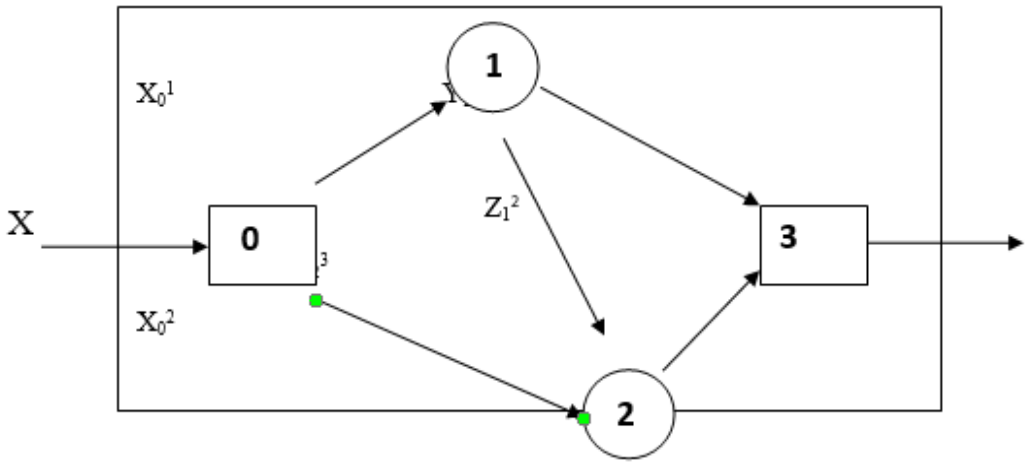
انواع اصلی مدل های DEA شبکه ای همانطور که فار و گراسکپف در سال ۲۰۰۰ و نیز فار و همکاران در سال ۲۰۰۷ شرح دادند عبارتند از : مدلهای ایستا ، پویا و پذیرش تکنولوژی.

۲-۱۴-۱ مدل ایستا

مدلهای ایستا هنگامی که مراحل توسط مقادیر میانی بهم متصل می شوند، بکار برده می شوند. مدلهای DEA دو مرحله ای موارد خاص مدلهای ایستا هستند. در حالت کلی، ممکن است مراحل چندگانه ای وجود داشته باشد که با مقادیر میانی بهم متصلند. بعلاوه داده های برونزا و ستاده های نهایی ممکن است در هر مرحله ای وجود داشته باشند.

فار و ویتاکر[1] در سال ۱۹۹۵ یک مدل دو مرحله ای را بررسی کردند (شکل ۲-۵) که "۱" نماینده مرحله ۱ و "۲" نماینده مرحله ۲، "۰" مرحله ای است که در آن ورودی ها وارد سیستم می شوند و "۳" مرحله ای است که در آن خروجی های نهایی تولید می شوند. بردار ورودی ها با X_{ic}^{0} مشخص شده که "ic" مرحله منحصر بفرد است که ورودی را مصرف می کند و ۰ مرحله ای را نشان می دهد که در آن ورودی وارد سیستم می شود. ورودی های کلی باید مساوی یا بیشتر از مجموع ورودی های تمام مراحل باشند. بردار خروجی ها با X_{ic}^{ip} مشخص شده که "ip" مرحله ای است که خروجی را تولید می کند و "ic" مرحله ای است که خروجی را مصرف می کند.

[1] Whittaker and fare



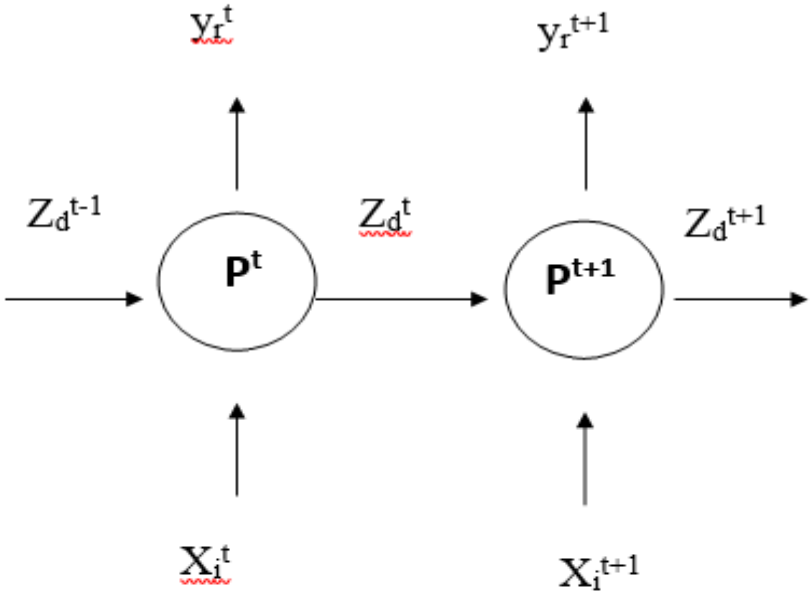
شکل ۲-۵ DEA شبکه ای ایستا (فار و ویتاکر،۱۹۹۵)

مدل DEA شبکه ای ایستا می تواند برای ارزیابی کارایی یک زنجیره تأمین از طریق ترکیب جنبه های تئوری بازیها، استفاده شود.

۲-۱۴-۲ مدل پویا

در مدل پویا، خروجی های کار در یک دوره زمانی خاص، بعنوان ورودی های دوره های بعد استفاده می شوند و می توانند بعنوان مقادیر میانی تلقی شوند. مدل پویا بطور گسترده در تحقیقات بکار گرفته شده است. در شکل۲-۶ یک DMU با دو مرحله نشان داده شده است، p_t ،p_{t+1} به ترتیب در زمانهای t و $t+1$ واقع شده اند. مرحله p_t $(r = 1 \dots s)$،y_{rt}را بعنوان یک خروجی نهایی و z_{dt} را بعنوان یک خروجی میانی تولید می کند. ورودی های x_{it}و x_{it+1} از بیرون وارد سیستم می شوند. عبارات z_{dt} و z_{dt+1} برای تعمیم دادن به مراحل بیشتر استفاده می شوند. مشاهده می شود که مدل های پویا و

استاتیک هر دو شامل مراحل چندگانه ی بهم پیوسته توسط مقادیر میانی هستند، اما در یک مدل دینامیک مراحل منحصر بفرد در یک دوره زمانی متفاوت کار می کنند.



شکل ۲-۶ DEA شبکه ای پویا (گراسکوپوف و فار ،۲۰۰۰)

۲-۱۵ فرایندهای شبکه ای دو مرحله ای

در بسیاری از موارد DMU ها متشکل از ساختارهای شبکه ای دو مرحله ای با مقادیر میانی هستند. به عبارت دیگر DMU های تحت ارزیابی در بسیاری از ساختارهای شبکه ای دو مرحله ای، یک ویژگی عمومی دارند و آن اینکه خروجی های مرحله اول، ورودی های مرحله دوم می شوند. خروجی های مرحله اول

بعنوان مقادیر میانی محسوب می شوند. (کوک و همکاران ،۲۰۱۰) در ادبیات DEA ، تعداد زیادی از مطالعات DEA بر سیستم های تولید دو مرحله ای تمرکز داشته اند (اشرفی و همکاران،2011).

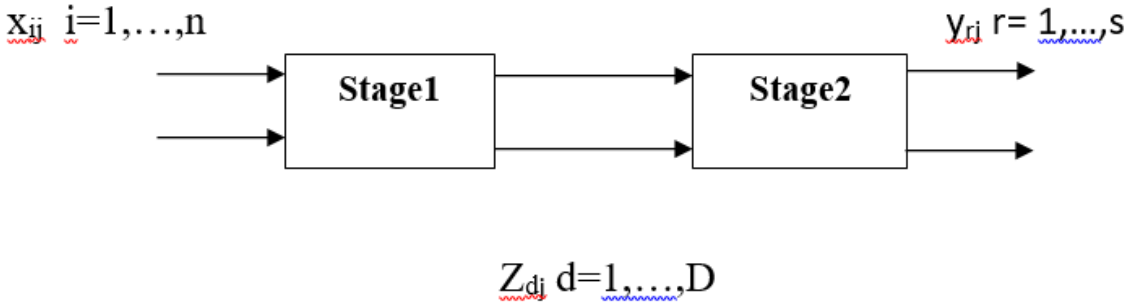
نتایج مدل DEA دو مرحله ای نه تنها یک امتیاز بازده کلی را ارائه می دهد، بلکه یک امتیاز کارایی را برای هر مرحله منحصر بفرد هم نتیجه می دهد (چن[1] و همکاران،۲۰۱۰).

ساختار شبکه ای عمومی دو مرحله ای شکل (۲-۸) را در نظر بگیرید. با توجه به تحقیق چن و ژو (۲۰۰۴) و کائو و هانگ (۲۰۰۸) فرض کنیم که هر DMUj $(J = 1 \dots j)$ برای مرحله اول m ورودی X_{ij} و D تا خروجی Z_{dj} $(D = 1 \dots d)$ دارد. این D خروجی، ورودی های مرحله دوم و مقادیر میانی تلقی می شوند. خروجی های مرحله دوم y_{rj}ها هستند $(S = 1 \dots r)$ برای هر DMUj کارایی مرحله اول را با e_j^1 و کارایی مرحله دوم e_j^2را با نشان می دهیم. با استفاده از مدل DEA چارنز و همکاران و با فرض بازده به مقیاس ثابت، کارایی مراحل اول و دوم به صورت زیر محاسبه می گردد:

$$e_j^1 = \frac{\sum_{d=1}^{D} w_d z_{dj}}{\sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij}} \qquad e_j^2 = \frac{\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj}}{\sum_{d=1}^{D} w_d z_{dj}} \qquad (۱۰-۲)$$

که v_i و w_d و $\tilde{w}_d$ و u_r، وزن های نا منفی هستند که بین آنها w_d می تواند با $\tilde{w}_d$ مساوی باشد.

[1] Chen



شکل ۲-۸ فرایند دو مرحله ای (کوک و همکاران،۲۰۱۰)

۲-۱۵-۱ انواع مدل های DEA برای ارزیابی فرایندهای دو مرحله ای

کوک و همکاران در تحقیقی در سال ۲۰۱۰ انواع مدل های مختلف DEA برای اندازه گیری کارایی فرایندهای شبکه ای دو مرحله ای را به ۴ دسته زیر طبقه بندی کردند:

- رویکرد DEA استاندارد
- رویکرد DEA شبکه ای
- رویکرد تجزیه کارایی
- رویکرد تئوری بازیها

۲-۱۵-۱-۱ رویکرد DEA استاندارد

در این رویکرد بطور ساده از مدل DEA استاندارد استفاده می شود یعنی دو جریان DEA مجزا برای دو مرحله به ترتیب ۱ و ۲، برای محاسبه و بکار برده می شود. چنین رویکردی نمی تواند با داده های میانی (Z_{dj}) به درستی عمل کند. بطور مثال اگر مرحله اول را کارا و مرحله دوم را ناکارا در نظر بگیریم، هنگامی که مرحله دوم عملکردش را از طریق کاهش ورودی های (Z_{dj}) تحت یک مدل DEA ورودی محور، بهبود می دهد، کاهش Z_{dj} ممکن است مرحله اول را ناکارا کند.

۲-۱۵-۱-۲ رویکرد DEA شبکه ای

در دو رویکرد فوق فقط مقادیر میانی، ورودی های مرحله دوم هستند. ورودی های مستقل دیگری برای مرحله دوم وجود ندارد. در حالیکه انواع دیگری از فرایندهای دو مرحله ای و حتی DMU هایی با ساختارهای شبکه ای وجود دارد که در آنها علاوه بر مقادیر میانی، ورودی های دیگری هم وارد مرحله دوم می گردد.

۲-۱۶ مروری بر مطالعات

۲-۱۶-۱ مطالعات DEA در ساختارهای شبکه ای

۱ . سیفورد و ژو [1] در سال ۱۹۹۹ با استفاده از DEA دو مرحله ای، کارایی بانکهای بازرگانی آمریکا را ارزیابی کردند. آنها هم قابلیت عرضه بازار و هم سودآوری را اندازه گیری نمودند. در تحلیل آنها کارایی سودآوری بر پایه ۳ ورودی (کارکنان، دارایی ها و تساوی حقوق سهامداران) و ۲ خروجی (درآمد و سود) و قابلیت عرضه بر پایه ۲ ورودی (درآمد و سود) و ۳ خروجی (ارزش بازار، بازگشت سرمایه و درآمد هر سهم) اندازه

[1] Zhu و Seiford

گیری شدند. آنها با انجام تحقیق بر ۵۵ بانک ممتاز تجاری آمریکا گزارش کردند که بانک ها، بی کفایتی عملکرد قابل توجهی را تجربه می کنند و بانک های کوچکتر به سطوح بالاتر قابلیت عرضه و بانک های بزرگتر به سودآوری گرایش دارند.

۲. چن و ژو[1] در سال ۲۰۰۴ یک رویکرد را در شکل دادن کارایی به عنوان پروژه دو مرحله ای ارائه دادند و این مدل را در صنعت بانکداری (با ورودیهای: داراییهای ثابت، تعداد پرسنل، سرمایه گذاری IT و خروجی میانی: سپرده سرمایه گذاری و خروجی نهایی: سود، وصول مطالبات) استفاده کردند. آنها مجموعه ای از شرکت ها در صنعت بانکداری آمریکا را برای توضیح رویکردشان آوردند تا چگونگی استفاده از مدل جدید را نشان دهند در: (۱) مشخص کردن تاثیر غیر مستقیم IT بر عملکرد شرکت (۲) تعریف کردن مرز کارایی با دو مرحله ارزش افزوده اصلی مرتبط با سرمایه گذاری IT و تولید سود (۳) پر رنگ کردن آن شرکت هایی که به عنوان بهترین محک، بیشتر تحلیل شدند.

۳. لوزانو ،گوتیرز،سالرمون[2] با استفاده از DEA شبکه ای، کارایی ۳۹ فرودگاه اسپانیایی را طی سال های ۲۰۰۶ تا ۲۰۰۸ محاسبه کرده و با کارایی بدست آمده از طریق DEA سنتی مقایسه کردند. آنها برای سیستم فرودگاهها دو مرحله در نظر گرفتند که مرحله اول در مورد حرکت هواپیما و مرحله دوم در رابطه با بارگیری هواپیما بود. ورودی های مرحله اول شامل باند فرودگاه بر حسب متر مربع، تعداد جایگاه های پرواز، تعداد گیت های سوار شدن و ورودی های مرحله دوم شامل تعداد پیشخوان های ورود، تعداد نوارهای چمدان گردان و خروجی نهایی شامل حرکت سالیانه مسافران و کل محموله ها است. نتایج نشان داد که DEA شبکه ای دارای قدرت تفکیک کنندگی بیشتری نسبت به DEA سنتی بوده و نتایج بدست آمده از طریق آن معتبرتر و مفیدتر می باشد.

[1] Chen and Zhu
[2] Lozano ،Gutierrez و Salmeron

۴. هوانگ و کااو[1]در ۲۰۰۸ در صنعت بیمه تایوان یک فرایند تولید دومرحله ای را بررسی کردند. در این پژوهش ورودیها عبارت بودند از مخارج پژوهش و مخارج بیمه. خروجیهای میانی شامل حق بیمه مستقیم و بیمه مجدد بودند و همچنین خروجیهای نهایی از سود غیر مکتوب و سود سرمایه گذاری تشکیل شده بودند. آنها رابطه سری بین فرایندهای داخلی شرکت های بیمه غیر عمر تایوان را مدلسازی نمودند و علت اصلی ناکارایی شرکت های بیمه را ضعف در مرحله سرمایه گذاری معرفی کردند.

۵. تن و تیستوی[2] در سال ۲۰۰۹ یه مدل دو مرحله ای را با محصولات میانی غیر اختیاری که از کنترل مدیریت خارج هستند ارایه دادند . در حالی که هیچ دلیلی برای در نظر گرفتن کلیه اقدامات واسطه ای به عنوان عوامل غیر اختیاری وجود ندارد.

۶. ژائو ، تریانتیس ، توییت و ادارا[3] در سال ۲۰۱۱ یک رویکرد را برای ارزیابی عملکرد شبکه حمل و نقل مجهز به سیستم ذخیره سازی فضا ارائه دادند و این رویکرد را از سه دیدگاه، یعنی دیدگاه تامین کننده، مصرف کننده خدمات حمل و نقل و جمعیت بر اساس DEA شبکه ای مورد بررسی قرار دادند. سه گره تأمین کننده، مصرف کننده و جمعیت به صورت شبکه متصل بودند. ورودی ها از دیدگاه مصرف کننده شامل: سرعت متوسط، هزینه سوخت و زمان مسافرت بود و خروجی عبارت بود از: مسافتی که فرد جابجا شده است. ورودی تأمین کننده، هزینه عملیاتی و خروجی های آن شامل: مسافتی که وسیله جابجا شده، سرعت متوسط و درآمد بود. همچنین مسافتی که وسیله جابجا شده بعنوان ورودی برای گره جمعیت بود. در این تحقیق دو نوع از مدل های DEA شبکه ای radial و slacks-based در نظر گرفته شد و نتایج نشان داد که عملکرد نقاط مجزا می تواند عملکرد DEA شبکه ای را تحت تاثیر قرار دهد.

[1] Kao ،Hwang
[2] Tsutsui و Tone
[3] Zhao ،Triantis ،Tuuite و Edara

۷.لی[1] و همکاران در سال ۲۰۱۴ یک مدل DEA را برای ساختارهای دو مرحله ای، برای

ارزیابی عملکرد ۳۰ بخش R&D منطقه ای چین بکار برده اند. در این تحقیق مدل متمرکز و مدل غیر همکاری برای ارزیابی کارایی کل فرایند پیشنهاد شده و در ادامه کارایی کل به امتیازات کارایی دو بخش فرایند، تجزیه گردیده است. ورودی ها عبارتند از: هزینه R&D، پرسنل R&D و درصد دانش و تکنولوژی برای تامین مخارج مالی کل. خروجی های میانی عبارتند از: اختراعات و مقالات(پژوهش ها). مرحله دوم علاوه بر خروجی های میانی یک ورودی به نام اعتبار قرارداد در بازار تکنولوژی دارد. خروجی های نهایی شامل: عملکرد اقتصاد خرد، صادرات کل، درامد سالانه خالص سرمایه و تولیدات ناخالص صنایع دارای تکنولوژی پیشرفته هستند.

۸.چن[2] و همکاران در سال ۲۰۱۶ بیان کردند که ارزیابی عملکرد شبکه با توجه به تعیین بهره وری بخش ها ، نوع مرزها و پیش بینی ها قابل بحث است . آنها نتیجه گرفتند که مدل های بسته ی کنونی قادر به محاسبه بازده بخش ها نیستند. این مقاله رویکردهای جدید بهره وری بخش ها تحت هر دو فرضCRS و VRS کار می کند، ارایه کرد علاوه بر این ، مدل NDEA قادر به غلبه بر چالش های اقدامات واسطه ای حلقه هستند. همچنین ، تفسیر بازده به مقیاس در متن شبکه مورد بحث قرار گرفته است

۹. لیو و یانگ[3] در سال ۲۰۱۶ از یک مدل DEA شبکه ای را برای ارزیابی کارایی شعب بانک تایوان استفاده کرده اند. آنها یک مدل دو مرحله ای را بکار برده اند که مرحله اول، بهره وری و مرحله دوم، سودآوری می باشد. ورودی های اولیه عبارتند از: هزینه پرسنل، هزینه عملیاتی و هزینه بهره. مقادیر میانی شامل سپرده ها می باشد و خروجی های نهایی عبارتند از: درآمد بهره، کارمزد و درآمد انتقال وجه.

[1] Li
[2] Chen.
[3] Liu و Yang

۱۰. مومنی و شاه خواه در سال ۱۳۸۸ در تحقیقی با عنوان " ارزیابی کارایی شرکت های بیمه ایران با استفاده از مدل ارتباطی DEA دو مرحله ای" به ارزیابی کارایی شرکت های بیمه ایران طی سال های ۱۳۸۵-۱۳۸۱ پرداختند. مرحله اول شامل فرایند بازاریابی و مرحله دوم شامل فرایند سودآوری بود (ورودی های مرحله اول : هزینه های عملیاتی و هزینه های بیمه ای و خروجی های آن که ورودی های مرحله دومند : حق بیمه های مستقیم، حق بیمه های اتکایی و خروجی های نهایی: سود بیمه و سود سرمایه گذاری). نتیجه این تحقیق نشان داد که شرکت های ناکارا در مرحله توانمندی در سودآوری، ضعیف عمل می کنند.

۲-۱۶-۲ مطالعات انجام شده در مبحث کارای و پایداری

برای شناخت متغیرهای کارایی و ارزیابی پایداری نیروگاهها ، در اینجا مقالات اخیر را از سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۵ بررسی می کنیم. نتیجه بررسی در جدول (۲-۱) نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می شود ، کلیه ورودی ها ، خروجی ها و متغیرهای واسطه ای در این سه از ابعاد پایداری دسته بندی می شوند. ابعاد پایداری ، از جمله ارکان اقتصادی ، زیست محیطی و اجتماعی هستند . علاوه بر این ، برای متغیرهایی که با یکدیگر همپوشانی دارند ، ما آنها را تحت رایج ترین اصطلاح استفاده شده طبقه بندی می کنیم.

جدول(۲-۱) عوامل ارزیابی عملیات پایدار (فرامرزی و همکاران ،۲۰۱۵)

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	دسته بندی		
1- بودجه اختصاص یافته					v															v	v	v
2-ممیزی و بررسی					v															v	v	v
3- نسبت استفاده از ظرفیت	v					v														v		
4-مصرف ، برق (Wh)		v	v					v						v			v		v	v		v
5-مصرف ، سوخت (جی یا لیتر یا تن)	v		v	v				v		v	v	v	v	v		v			v		v	
6-مصرف ، ارزش گرمایش کل سوختها (کالری)		v							v						v					v		
7-مصرف ، انرژی کل																	v	v		v	v	
8-هزینه توان تولید شده ($ /Wh)								v												v		
9-هزینه ، سوخت	v																			v		
10-هزینه ،سرمایه گذاری یاسرمایه														v				v		v		v
11-هزینه ، نگهداری										v		v				v				v		
12-هزینه ، عملیاتی							v			v		v		v		v				v		
13-هزینه ، واحد یا کل							v			v	v	v		v		v				v		
14- انتشار ، CH4	v								v					v	v						v	
15- انتشار ، CO2 و CO	v			v				v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v		v	
16- انتشار ، N2O	v								v					v	v						v	
17- انتشار ، NMVOC و گرد و غبار	v													v							v	
18- انتشار ، NOx	v									v		v	v	v		v		v	v		v	
19- انتشار ، SO2	v								v	v	v	v	v	v	v	v		v			v	
20-کارمندان ،عملیاتی و غیرکاربردی				v	v	v		v		v	v	v				v	v	v				v
21-کارمندان ، اشتغالزایی بالقوه (شغل /شغل)											v											v
19- انتشار ، SO2	v								v	v	v	v	v	v	v	v		v			v	v
23-تولید ناخالص داخلی پشتیبانی می شود																	v					v
24-تولید ، ناخالص (W ساعت)			v	v			v										v					v
25-تولید ،خالص (Wh)	v	v					v	v	v	v	v	v	v	v	v	v						v
26-تولید ، ظرفیت (W)		v	v	v			v	v	v				v		v		v					v
27- پیاده سازی و نظارت					v	v														v	v	v
28-رهبری و تعهد					v	v																v
29-تعداد واحدها	v																					v
30-زمان عملیاتی								v														v
31- سازمان ، منابع ، مستندات					v	v														v	v	v
32-برنامه ریزی					v	v														v	v	v
33- سیاست و هدف استراتژیک					v	v														v	v	v
34-راندمان حرارتی	v																					v
35-درآمد کل								v														
36-آموزش (مرد ساعت یا $)					v	v		v														v
سال انتشار	2010			2011				2012								2013			2014			

(1) Sözen et al. (2010); (2) Liu et al. (2010); (3) Farzipoor Saen (2010); (4) Sueyoshi and Goto (2011); (5) Azadehet al. (2012); (6) Sözen et al. (2012); (7) Lins et al. (2012); (8) Rezaee et al. (2012); (9) Sueyoshi and Goto (2012a); (10) Sueyoshi and Goto (2012b); (11) Sueyoshi and Goto (2012c); (12) Sueyoshi and Goto (2012d); (13) Sueyoshi and Goto (2012e); (14) Liu and Wen (2012); (15) Sueyoshi and Goto (2013); (16) Sueyoshi et al. (2013); (17) Wang et al. (2013); (18) Zhou et al. (2013); (19) Shakouri et al. (2014)

۲-۱۷ خلاصه فصل

در این فصل پس از ذکر مقدمه ای کوتاه ، به تعریف و بررسی مبانی نظری و روش ها و مدل های موجود در زمینه ارزیابی کارایی و تحلیل پوششی داده ها پرداخته شده ، و در پایان به سابقه پژوهش (تحقیقات انجام شده در زمینه تحلیل پوششی داده های شبکه ای و پایداری) اشاره شده است.

فصل سوم: روش شناسی تحقیق

۳-۱ مقدمه

هدف تمام علوم، شناخت و درک دنیای پیرامون است. بمنظور آگهی از مسائل و مشکلات دنیای اجتماعی، روش‌ها علمی تغییرات قابل ملاحظه‌ای پیدا کرده‌اند. این روندها و حرکت‌ها سبب شده‌است که برای بررسی رشته‌های مختلف بشری از،پ شیوه‌های علمی بکار گرفته‌شود (ایران‌نژاد پاریزی،۱۳۸۷). از جمله ویژگی‌های مطالعه‌ی علمی که هدفش حقیقت‌یابی است، بکارگیری یک روش پژوهش مناسب می‌باشد و انتخاب روش مناسب، به هدف‌ها، ماهیت و موضوع مورد پژوهش و امکانات اجرایی بستگی دارد و هدف از پژوهش، دسترسی دقیق و آسان به پاسخ پرسش‌های پژوهش است (خاکی،۱۳۷۹،ص۱۴۳).

دراین فصل اطلاعاتی در مورد روش‌های مورد استفاده در این پژوهش، روش تحقیق، روش‌ها و ابزارهای گردآوری داده‌ها، جامعه آماری و نمونه ارائه می‌شود.

۳-۲ معرفی واحدهای تصمیم گیرنده

واحد تصمیم گیری در واقع نهادی کارکردی است که نهاده‌ها را به ستاده‌ها تبدیل می‌کندِ، این واحد باید وظایف یکسانی را انجام داده و همگن باشد، و دارای نهاده‌ها، ستاده‌ها و اهداف و آرمان‌های یکسانی باشد. هر واحد تولید که در تصمیم گیری به کار برده می‌شود باید مسئول نهاده‌های استفاده شده و ستاده‌های تولید شده باشد. از سوی دیگر به منظور ایجاد روایی و فراهم سازی یک درجه آزادی مکفی، باید نسبت تعداد کل واحدهای تصمیم به مجموع نهاده‌ها و ستاده‌ها به قدر کافی بزرگ باشد (دانشور۱۳۸۵).

۳-۳ معرفی نهاده‌ها و ستاده‌ها

در این قسمت نهاده‌ها و ستاده‌هایی که جهت اجرای تکنیک DEA مورد استفاده قرار گرفته‌اند و نیز نحوه محاسبه آن‌ها جهت وارد کردن به مدل معرفی گردیده است.

چگونگی انتخاب نهاده‌ها و ستاده‌ها تحت تاثیر عوامل زیر است:

- داده‌های عددی در مورد نهاده‌ها و ستاده‌های انتخابی باید موجود باشند. فرض بر این است که تمامی واحدها از ارزش مثبت برخوردار هستند.
- اقلام انتخابی (نهاده‌ها، ستاده‌ها و واحدهای تصمیم) باید به خوبی مصالح و دیدگاه‌های تحلیل‌گر و یا مدیران را در اجزائی که وارد ارزیابی‌های کارایی نسبی واحدهای تصمیم می‌شوند را بازتاب دهند.
- به طور کل، در اندازه‌گیری واحدها مقادیر کمتر نهاده‌ها و مقادیر بزرگتر ستاده مطلوب هستند، بنابراین امتیازات کارایی محاسبه شونده به خوبی این اصل را بازتاب دهد.
- واحدهای اندازه‌گیری نهاده‌ها و ستاده‌های متفاوت لزوما نباید یکسان باشند. برخی ممکن است نظرات، برخی مساحت سطح ودیگری ممکن است نشان دهنده‌ی هزینه‌های مصرفی باشد (کوپر ۲۰۰۷،)
- در هنگام تصمیم‌گیری در مورد تعیین نهاده‌ها و ستاده‌های یک واحد نیاز به یک دیدگاه مفهومی از آنچه که به عنوان یک نهاده یا ستاده برای آن واحد مطرح است، می‌باشد. همچنین داده‌های مربوط به این نهاده‌ها و ستاده‌ها وجود دارد این است که هرچند می‌توان نهاده‌ها و ستاده‌های زیادی

برای یک DMU در نظر گرفت، ولی در اکثر مواقع داده‌های در رابطه با آن‌ها موجود نیست و این امر تصمیم‌گیری در مورد تعیین نهاده‌ها و ستاده‌ها را مشکل می‌کند (دانشور،۱۳۸۵).

تعیین دقیقززر ستاده‌های یک صنعت، به خصوص هنگامی که آن خروجی هم از نظر کاربرد و هم از لحاظ ویژگی‌های فنی دارای جایگزین‌هایی باشد چندان آسان نیست. اما کار وقتی ساده می‌شود که محصول تولیدی همگن و یکجور باشد.میزان ستاده در چنین تحقیقاتی در مقیاس تولید و یا حجم مورد انتظار سالانه، می‌توان با واحد اندازه‌گیری تن تعیین کرد. یک جایگزین بسیار مناسب و رایج ارزش کل سیمان تولیدی و یا در سطوح داخلی کارخانه، ارزش افزوده هر مرحله می‌تواند باشد.

در انتخاب تعداد ورودی‌ها و خروجی‌ها در مدل تحلیل پوششی داده‌ها تعداد متغیرها در مقابل تعداد واحدهای تصمیم‌گیری باید کمتر باشند و طبق یک قاعده تجربی بیان شده توسط چارنز و کوپر، مجموع تعداد نهاده‌ها و ستاده‌ها حداقل از یک سوم کل تعداد واحدهای تصمیم می‌بایست کوچکتر باشند (دانشور،۱۳۸۵).

۳-۴ نوع و روش تحقیق

تحقیق کاربردی، پژوهشی است که با استفاده از نتایج تحقیقات بنیادی بمنظور بهبود و به کمال رساندن رفتارها، ابزارها، وسایل، تولیدات، ساختارها و الگوهای مورد استفاده در جوامع انسانی انجام می‌شود. هدف از تحقیق کاربردی بدست آوردن درک یا دانش لازم بریا تعیین ابزاری است که بوسیله‌ی آن نیازی مشخص و شناخته شده برطرف گردد. در این نوع تحقیقات هدف کشف دانش تازه‌ای است که کاربرد مشخصی را درباره‌ی فرآورده یا فرآیندی در واقعیت را دنبال می‌کند. به عبارت دقیق‌تر تحقیق کاربردی تلاشی برای پاسخ دادن به یک معضل و مشکل علمی است که در دنیای واقعی وجود دارد (خاکی و همکاران،۱۳۸۳).

تقسیم‌بندی پژوهش را از سه دیدگاه می‌توان مطرح نمود:

- نخست از دیدگاه هدف پژوهش که از این منظر، پژوهش حاضر کاربردی است زیرا برای ارائه‌ی معیار تحقیق شده و شیوه‌ی علمی برای ارزیابی و انتخاب تامین‌کنندگان برای زنجیره‌تامین تاب‌آور گام برمی‌دارد و آن را بصورت موردی نیز بررسی می‌نماید؛

- دوم از دیدگاه نحوه‌ی گردآوری داده‌ها که چون این پژوهش بدنبال ارزیابی و اولویت‌بندی تامین-کنندگان با شاخص‌های برآمده از داده های مکتوب و مطلالعات پیشین است ، مطالعه‌ی موردی می‌باشد، بنابراین از لحاظ نحوه‌ی گردآوری داده‌ها میدانی است؛

- سوم نحوه‌ی اجرا خواهد بود که این پژوهش دارای روش توصیفی – پیمایشی می‌باشد. تحقیق توصیفی به انواعی از تحقیق گفته‌می‌شود که صرفا برای شناخت بیشتر شرایط موجود یا یاری دادن به فرآیند تصمیم‌گیری باشد. از طرف دیگر تحقیق توصیفی خود شامل پنج دسته است: پیمایشی، همبستگی، اقدام پژوهی، بررسی مورد و تحقیق پی‌رویدادی (سرمد و همکاران،۱۳۸۶). تحقیق پیمایشی روشی است که در آن توزیع ویژگی‌های یک جامعه آماری بررسی می‌گردد (نصرالهی،۱۳۸۵)، بنابراین این پژوهش از نوع پیمایشی است.

۳-۵ روش و ابزار گردآوری تحقیق

از مهم‌ترین قسمت‌های پژوهش‌ها، مبحث گردآوری داده‌است زیرا که اگر این کار به شکل سازمان‌یافته و صحیح صورت پذیرد، کار تجزیه‌وتحلیل و نتیجه گیری از داده‌ها با سرعت و دقت قابل قبولی همراه خواهد بود و از طرفی نتایج نیز قابل‌اتکا بودو و قابلیت استفاده‌ی زیربنایی در تحقیقات آتی را خواند داشت و در

غیر آن، علاوه و بی‌اثر کردن یافته‌ها، انحراف پژوهش‌گر و دیگرانی که از نتایج استفاده خواهندکرد را در پی خواهدداشت.

اطلاعات مورد نیاز برای انجام این تحقیق به این صورت جمع‌آوری شده است:

۳-۵-۱ اطلاعات اسنادی (کتابخانه‌ای):

با مراجعه به کتاب‌ها، پایان‌نامه‌ها، مقالات، گزارش‌ها، پایگاه‌های علمی معتبر داخلی و خارجی و آرشیو دستگاه‌های مرتبط، اطلاعات مورد نیاز جمع‌آوری خواهدشد که در پژوهش حاضر بررسی شاخص‌ها و مبانی نظری مورد نیاز، از این طریق صورت می‌پذیرد.

۳-۶ جامعه آماری و نمونه

با توجه به اینکه در این پژوهش از تحلیل آماری استفاده نمی‌شود، نیازی به تعیین جامعه و نمونه‌ی آماری بمعنای خاص آماری نیست، اما در جمع‌آوری داده‌های مربوط به شاخص‌ها و گزینه‌ها، تعریف جامعه، جامعه‌ی هدف و نمونه برای این پژوهش مورد نیاز است که درحقیقت منابع مذکور برای گردآوری داده‌ها می‌توانند بعنوان جامعه‌ی آماری به معنای عام تلقی شوند. در مورد جامعه، جامعه‌ی هدفی که بعنوان مطالعه‌ی موردی است و تعداد محدودی که از درون آن جامعه بعنوان نمونه درنظر گرفته شده‌است، اطلاعاتی کوتاه به جهت معرفی در ادامه آمده است:

جامعه آماری این پژوهش شامل ۳۰ نیروگاه سیکل ترکیبی تولید برق واقع در ایران می باشد.

۳-۷ شیوه‌ی گردآوری داده‌ها

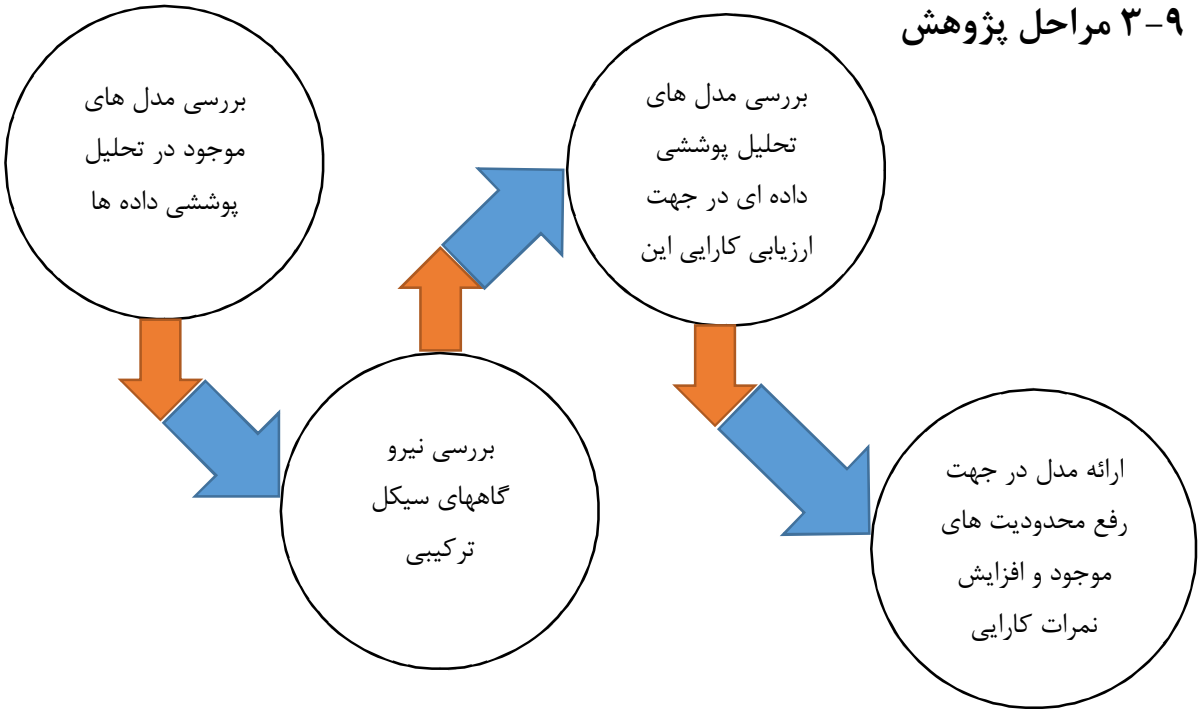
مجموعه داده ها از گذارش سالانه منتشر شده صنعت برق ایران در سال ۲۰۱۱ به دست آمده است ، این مجموعه شامل ۳۰ نیروگاه سیکل ترکیبی CCPP واقع در ایران می باشد.

۳-۸ قلمرو پژوش

قلمروهای پژوهش حاضر بدین ترتیب است:

- قلمرو موضوعی پژوهش: در مبحث ارزیابی نیروگاههای سیکل ترکیبی به تحقیق می‌پردازد.
- قلمرو مکانی پژوهش: بعنوان مطالعه‌ی موردی در نیروگاههای تولید برق با زیرمجموعه های نیروگاههای سیکل ترکیبی واقع در ایران.
- قلمرو زمانی پژوهش: از ابتدای اسفند سال ۱۳۹۶ آغاز و تا اواخر شهریور ماه ۱۳۹۸ صورت پذیرفته-است.

۳-۹ مراحل پژوهش



مراحل انجام پژوهش (شکل ۳-۱)

۳-۱۰ مدل ریاضی پژوهش

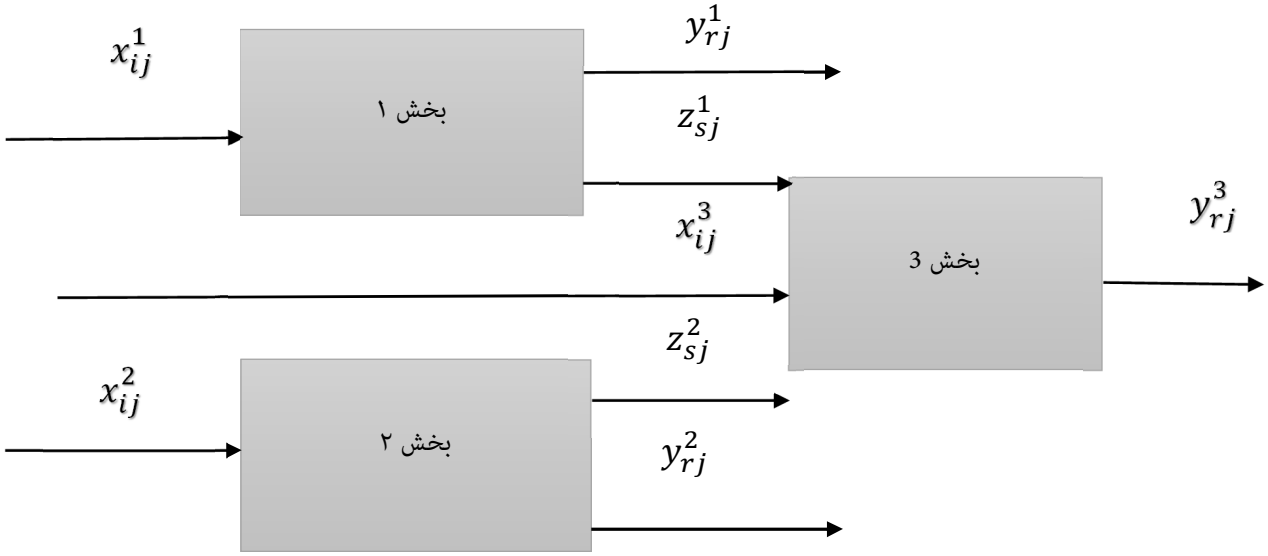
در این پژوهش برای ارزیابی کارایی و پایداری ، از مدل تحلیل پوششی داده های شبکه ای ورودی محور با بازده به مقیاس ثابت و مدل ترکیبی ورودی و خروجی محور با بازده به مقیاس ثابت استفاده شده است.دلیل استفاده از مدل تحلیل پوششی شبکه ای ورودی و خروجی به طور همزمان به این دلیل است که در مدل ورودی محور محدودیت ها برای محاسبه کارایی بیشتر است .زیرا مدل های بازده به مقیاس ثابت ورودی محور ، در محاسبه برخی سیستم ها که دارای اولویت در مراحل ، جهت نحوه ارزیابی کارایی است ،محدودیت دارد.

در این پژوهش ابتدا مدل تحلیل پوششی داده های شبکه ای ورودی محور با بازده به مقیاس ثابت که توسط فرامرزی و همکاران (۲۰۱۵) با کمی اصلاحات ارائه شده است ، با کمی اصلاحات بررسی گردیده و سپس با توجه به اینکه مدل دارای محدودیت است ، مدل توسعه یافته و مدل جدید تحلیل پوششی داده های ورودی و خروجی محور ارایه شده است.

۳-۱۰-۱ مدل تحلیل پوششی داده های شبکه ای ورودی محور با بازده به مقیاس ثابت

فرامرزی و همکاران (۲۰۱۵) با توجه به ماهیت واحدهای تصمیم گیری که به صورت شبکه ای و چند مرحله هستند ،مدلی را ارایه کردند که در این پژوهش از آن استفاده شده است،مدل و روابط بین متغیرها در شکل ۱-۳ ومعادله (۳-۳) نشان داده شده است.

در این بخش، یک مدل NDEA برای ارزیابی کارایی نسبی DMU ها با ساختار شبکه ای معرفی می کنیم .



شکل (۳-۲) مدل شبکه

با توجه به مراحل نشان داده شده در شکل(3-1) بردارهای ورودی به بخش اول و دوم را به صورت x_{ij}^2, x_{ij}^1 نشان داده شده است، که ورودی های این بخش ها می باشند ، بردارهای خروجی از بخش های یک و دو را به صورت $z_{sj}^2, z_{sj}^1, y_{rj}^2, y_{rj}^1$ نشان داده شده است که به عنوان خروجی از بخش ۱ خارج میشود ، همچنین z_{sj}^1, z_{sj}^2 به عنوان ورودی میانی در بخش سه مصرف میشوند .در بخش سه علاوه بر دو ورودی قبلی یک ورودی خارجی نیز وجود دارد که x_{ij}^3 نامدیده شده است. از مجموع این سه ورودی در بخش سه y_{rj}^3 ایجاد میشود.

فرض میکنیم ما DMU های (j=1,…J) که از بخش های t (1,2,3) تشکیل می شوند، داریم که هر بخش ورودی $I^{(t)}$ (i=1,…,I) را برای تولید $R^{(t)}$ (r =1,…,R) مصرف میکند ، همچنین ورودی / خروجی $S^{(t)}$ (s=1,…,S) که تولید می شوند در بخش های 1,2 تولید می شود و در بخش ۳ به عنوان ورودی مصرف میشوند.

با توجه به توضیحات داده شده جهت محاسبه ی کارایی مورد نیاز تحت مدل تحلیل پوششی داده های ورودی محور بازده به مقیاس ثابت داریم:

= x_{ij}^{1} ورودی i ام $(i = 1, \dots, I)$ از واحد تصمیم گیری j ام $(j = 1, \dots, J)$ در بخش یک.

= x_{ij}^{2}ورودی i ام $(i = 1, \dots, I)$ از واحد تصمیم گیری j ام $(j = 1, \dots, J)$ در بخش دو.

= x_{ij}^{3}ورودی i ام $(i = 1, \dots, I)$ از واحد تصمیم گیری j ام $(j = 1, \dots, J)$ در بخش سه.

= y_{rj}^{1}خروجی i ام $(r = 1, \dots, R)$ از واحد تصمیم گیری j ام $(j = 1, \dots, J)$ در بخش اول.

= y_{rj}^{2}خروجی r ام $(r = 1, \dots, R)$ از واحد تصمیم گیری j ام $(j = 1, \dots, J)$ در بخش دوم.

= y_{rj}^{3}خروجی i ام $(r = 1, \dots, R)$ از واحد تصمیم گیری j ام $(j = 1, \dots, J)$ در بخش سوم.

= z_{sj}^{1}خروجی i ام $(s = 1, \dots, S)$ از واحد تصمیم گیری j ام $(j = 1, \dots, J)$ در بخش اول و ورودی به بخش سوم.

= z_{sj}^{2}خروجی i ام $(s = 1, \dots, S)$ از واحد تصمیم گیری j ام $(j = 1, \dots, J)$ در بخش دوم و ورودی به بخش سوم.

= λ_i ضریب ورودی i ام $(i = 1, \dots, I)$ در بخش اول.

= λ_r ضریب خروجی r ام $(r = 1, \dots, R)$ در بخش اول.

= λ_sضریب خروجی میانی s ام $(s = 1, \dots, S)$ در بخش اول.

= ϑ_iضریب ورودی i ام $(i = 1, \dots, I)$ در بخش دوم.

= ϑ_r ضریب خروجی r ام $(r = 1, \dots, R)$ در بخش دوم.

= ϑ_s ضریب خروجی میانی i ام $(s = 1, \dots, S)$ در بخش دوم.

= μ_i ضریب ورودی i ام $(i = 1, \dots, I)$ در بخش سوم.

= μ_r ضریب خروجی r ام $(r = 1, \dots, R)$ در بخش سوم.

$$E_j^{total^{crs}} = \frac{\sum_{s=1}^{S^{(t)}} \lambda_s^1 z_{sj}^1 + \sum_{s=1}^{S^t} \vartheta_s^1 z_{sj}^2 + \sum_{r=1}^{r^t} \lambda_r^1 y_{rj}^1 + \sum_{r=1}^{r^t} \vartheta_r^{r^t} y_{rj}^2 + \sum_{r=1}^{r^t} \mu_r^{r^t} y_{rj}^3}{\sum_{i=1}^{I^{(t)}} \lambda_i^1 x_{ij}^1 + \sum_{i=1}^{I^{(t)}} \vartheta_i^2 x_{ij}^2 + \sum_{t=1}^{I^t} \mu_{i=1}^3 x_{ij}^3 + \sum_{s=1}^{S^{(t)}} \lambda_s^1 z_{sj}^1 + \sum_{s=1}^{S^t} \vartheta_s^1 z_{sj}^2}$$

(۱-۳)

$$\mathrm{E_J^{total}} = \max \sum_{\mathrm{r=1}}^{\mathrm{r^t}} \lambda_{\mathrm{r}} \mathrm{y_{rj}^1} + \sum_{\mathrm{r=1}}^{\mathrm{r^t}} \vartheta_r y_{rj}^2 + \sum_{\mathrm{r=1}}^{\mathrm{r^t}} \mu_{\mathrm{r}} y_{rj}^2$$

s . t.

$$\sum_{i=1}^{I^t} \lambda_i x_{ij}^1 = 1$$

$$\sum_{i=1}^{I^t} \lambda_i x_{ij}^2 = 1$$

$$\sum_{i=1}^{I^t} \lambda_i x_{ij}^3 = 1$$

$$\sum_{i=1}^{I^t} \lambda_i x_{ij}^1 - \left(\sum_{r=1}^{R^t} \lambda_r y_{rj}^1 + \sum_{s=1}^{S^t} \lambda_s z_{sj}^1 \right) \geq 0$$

$$\sum_{i=1}^{I^t} \vartheta_i x_{ij}^2 - \left(\sum_{r=1}^{R^t} \vartheta_r y_{rj}^2 + \sum_{s=1}^{S^t} \vartheta_s z_{sj}^2 \right) \geq 0$$

$$\sum_{i=1}^{I^t} \mu_i x_{ij}^2 + \sum_{s=1}^{S^t} \mu_s z_s^1 + \sum_{s=1}^{S^t} \mu_s z_s^2 - \left(\vartheta_r y_{rj}^2 \right) \geq 0$$

$$\lambda_i، \lambda_r، \lambda_s، \vartheta_i، \vartheta_r، \vartheta_s، \mu_i، \mu_r، \mu_s \geq 0 \quad i = 1، \dots I \quad s = 1، \dots، S \quad r = 1، \dots، R$$

$$\mathrm{j} = 1، \dots، \mathrm{J}$$

(۲-۳)

دوگان مدل (۲-۳) به صورت زیر می باشد:

$$\min \quad \theta_1 + \theta_2 + \theta_3$$

$$\boldsymbol{s.t.}$$

$$\sum_i^{I^t} \lambda_i x_{ij}^1 \leq \theta_1 x_{io}^1 \qquad i = 1، \dots، I$$

$$\sum_i^{I^t} \vartheta_i x_{ij}^2 \leq \theta_1 x_{io}^2 \qquad i = 1، \dots، I$$

$$\sum_i^{I^t} \mu_r x_{ij}^3 \leq \theta_3 x_{io}^3 \qquad i = 1، \dots، I$$

$$\sum_r^{R^t} \lambda_r y_{rj}^1 \geq y_{ro}^1 \qquad r = 1، \dots، R$$

$$\sum_r^{R^t} \vartheta_r y_{rj}^2 \geq y_{ro}^2 \qquad r = 1، \dots، R$$

$$\sum_r^{R^t} \mu_r y_{rj}^3 \geq y_{ro}^3 \qquad r = 1، \dots، R$$

$$\sum_r^{R^t} \lambda_s z_{sj}^1 + \vartheta_s z_{sj}^2 \geq \mu_s z_{ro}^1 \qquad s = 1، \dots، S$$

$$\lambda_i، \lambda_r، \lambda_{s،} 1 \vartheta_{i،} \vartheta_{r،} \vartheta_{s،} \mu_{i،} \mu_r، \mu_s \geq 0$$

$$\theta_1 \leq 1 \qquad \theta_2 \leq 1 \qquad \theta_3 \leq 1$$

(۳-۳)

در مدل (۲-۳) و (۳-۳) داریم محاسبه کارایی (۱-۳) به روش کاملا ورودی محور . بدین معنا که در این مدل کارایی تمامی مراحل موجود، شامل مراحل ۱و۲و۳ با فرض ورودی محور در نطر گرفته شده است. فرض ورودی محور همانطور که در فصل ۲ توضیح داده شد اینگونه است که ما در جهت افزایش کارایی،

ورودی ها را آنقدر کاهش می دهیم تا با خروجی ثابت به کارایی برسیم. از جمله مشکلات این سری مدل ها در برخی فرایند ها می توان به این نکته اشاره کرد که در مدل های دارای ورودی واسطه یا همان میانی ما فرض را بر این گرفته ایم که خروجی مرحله اول را ثابت نگه داریم، در نتیجه خروجی مرحله اولی که به عنوان ورودی در مرحله بعدی استفاده می شود که همان ورودی میانه است نیز ثابت نگه داشته می شود و گاهی این فرض در جهت کارا کردن مرحله بعدی مشکل ساز می شود یا بهتر است اینگونه گفته شود که این فرض کارایی مرحله بعد را کاهش می دهد به این دلیل که ما در مرحله بعد نیاز مند ثابت نگه داشتن و یا افزایش ورودی هستیم.

در همین جهت ما در این پژوهش بدنبال توسعه این مدل و رفع این محدودیت می باشیم تا بتوانیم نمرات کارایی را افزایش دهیم.

۳-۱۰-۲ مدل توسعه یافته

در توسعه مدل (۳-۳) ما به کمک پژوهش های انجام شده توسط (کااو[1] ، ۲۰۱۷) و همچنین مطالعه سایر پزوهش های انجام شده در این مبحث مدل NDEA را با فرض متفاوت جهت مراحل هر DMU به دست آوردیم.

۳-۱۰-۳ مدل تحلیل پوششی داده های شبکه ای ورودی / خروجی محور بازده به مقیاس ثابت:

[1] Kao

بهبود فرایند محاسبه کارایی با توجه به نیاز مورد مطالعاتی توسعه یافته و به فرض ورودی و خروجی محور تبدیل شده است، بدین معنا که در مدل (۳-۳) ما هر ۳ بخش فرایند را با فرض ورودی محور در نظر گرفتیم اما در مدل زیر با در نظر گرفتن شرایط مورد مطالعاتی ، مدل ، توسعه داده شده و بخش اول و دوم با توجه به ورودی و خروجی هایشان، ورودی محور در نظر گرفته شده وهمپنین بخش سوم نیز با توجه به شرایط داده ها و ستاده هایش خروجی محور در نظر گرفته شده است .فرم دوگان این مدل به صورت زیر است:

$$\min \quad (\theta_1 + \theta_2) + \varphi_3$$

$$s.t. \quad \sum_i^{I^t} \lambda_i x_{ij}^1 \le \theta_1 x_{io}^1 \qquad i = 1، \dots ،I$$

$$\sum_i^{I^t} \vartheta_i x_{ij}^2 \le \theta_1 x_{io}^2 \qquad i = 1، \dots ،I$$

$$\sum_i^{I^t} \mu_r x_{ij}^3 \le x_{io}^3 \qquad i = 1، \dots ،I$$

$$\sum_r^{R^t} \lambda_r y_{rj}^1 \ge y_{ro}^1 \qquad r = 1، \dots ،R$$

$$\sum_r^{R^t} \vartheta_r y_{rj}^2 \ge y_{ro}^2 \qquad r = 1، \dots ،R$$

$$\sum_r^{R^t} \mu_r y_{rj}^3 \ge \varphi_3 y_{ro}^3 \qquad r = 1، \dots ،R$$

$$\sum_r^{R^t} \lambda_s z_{sj}^1 + \vartheta_s z_{sj}^2 \ge \mu_s z_{ro}^1 \qquad s = 1، \dots ،S$$

$$\lambda_i، \lambda_r، \lambda_{s،} 1 \vartheta_{i،} \vartheta_{r،} \vartheta_{s،} \mu_{i،} \mu_r، \mu_s \ge 0 \qquad \theta_1 \le 1 \qquad \theta_2 \le 1 \qquad \theta_3 \le 0$$

(۴-۳)

۳-۱۱ متغیر های پژوهش:

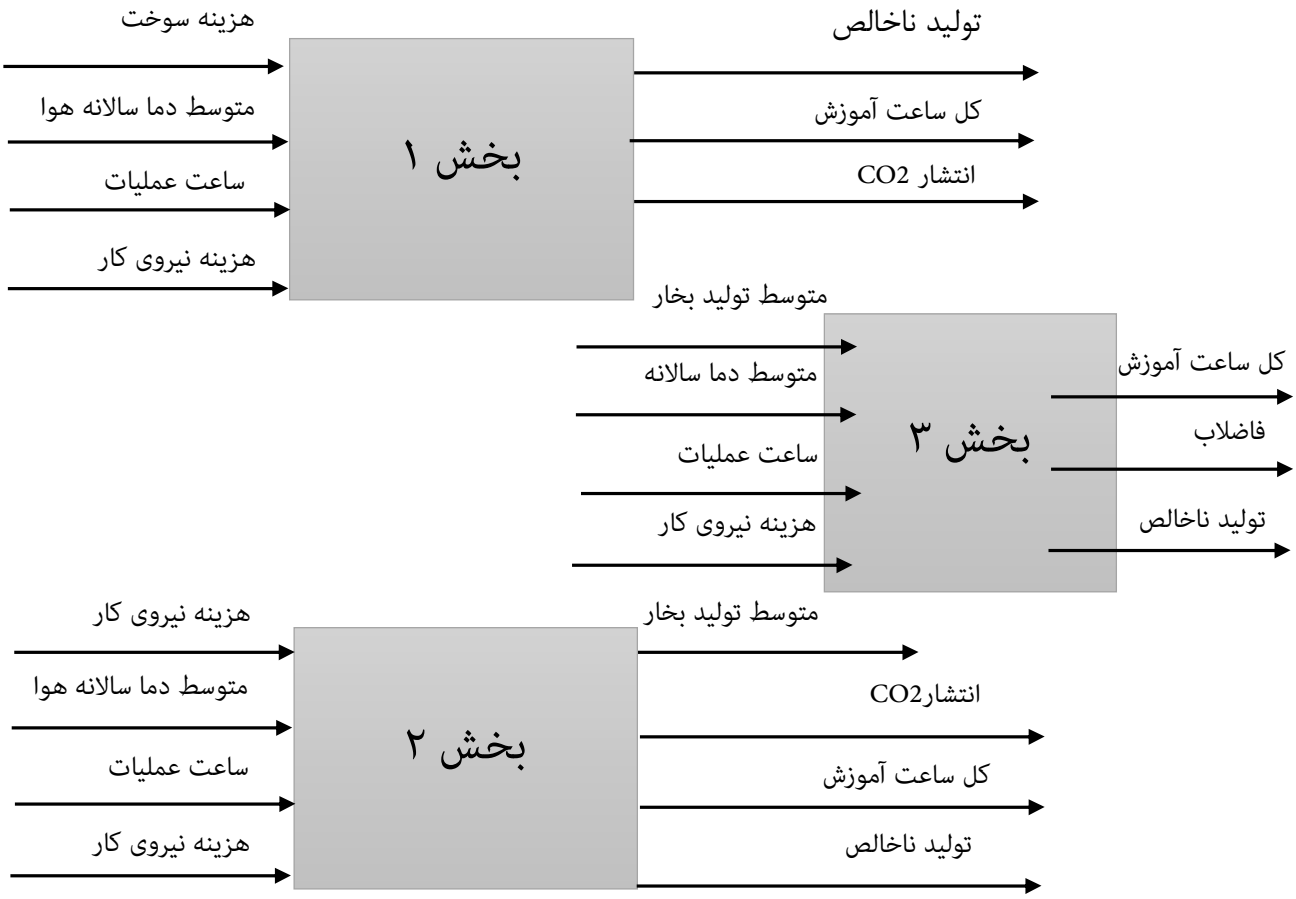
اهداف از تحقیقات گذشته متشنج میشوند و چراغ راه مطالعات جدید هستند. متغیرها اهداف را به صورتی نشان میدهند که محققان بتوانند آن ها را مشاهده و اندازه گیری نمایند(عادل آذر و مومنی ۱۳۸۴).

در این پژوهش چند هدف مورد بررسی قرار می گیرد . به این ترتیب که هدف نخست ارزیابی کارایی ۳۰ نیروگاه سیکل ترکیبی تولید برق واقع در ایران با روش های تحلیل پوششی داده های شبکه ای می باشد ; و هدف دوم افزایش کارایی این نیروگاهها با استفاده از مدل ارایه شده در این پژوهش نسبت به مدل های گزشته. هدف سوم کمک به کاهش آلاینده های محیط زیست به وسیله نحوه محاسبه کارایی در مدلی که ارایه شده است.

هر مفهومی که بتواند مقادیر عددی مختلفی از ارزش را دریافت کند،متغیر نامیده می شود .متغیرهایی که در این پژوهش مورد ارزیابی قرار میگیرند برای هر دو مدل ریاضی استفاده شده یکسان می باشند.

۳-۱۲ داده های کمی پژوهش:

داده کمی این پژوهش از گذارش سالانه صنعت برق ایران در سال ۲۰۱۱ می باشد .داده های این پزوهش شامل ۳ بخش میباشد . در شکل (۲-۳) نحوه ی نمایش و جنس ورودی و خروجی های هر ۳ بخش این پژوهش نمایش داده شده است.



نمایش و جنس ورودی و خروجی های یک نیروگاه شکل (۳-۳)

۳-۱۳ روش تجزیه و تحلیل داده‌ها

در فرآیند تکمیل این پژوهش تکنیک فرآیند تحلیل پوششی داده شبکه ای برای تصمیم در جهت ارزیابی کارایی و پایداری در راستای ارز یابی نیروگاهها و همچنین مقایسات مدل های ممکن مورد استفاده قرار می گیرد.

۳-۱۴ خلاصه فصل

در این بخش بعد از بیان مقدمه کوتاه به بیان روش انجام پژوهش پرداختیم بدین صورت که ابتدا با معرفی نهاده ، ستاده ها و واحد های تصمیم گیرنده و در پایان به مراحل انجام پژوهش و همچنین مدل ریاضی آن پرداخته شد.

فصل چهارم: تجزیه و تحلیل داده ها

۴-۱ مقدمه

مقدمه امروزه استفاده از تکنیک تحلیل پوششی داده ها با سرعت زیادی در حال گسترش بوده و در صنایع مختلفی مانند صنعت بانکداری، پست، بیمارستان ها، مراکز آموزشی نیروگاههاو... استفاده می شود. توسعه های زیادی از جنبه تئوری و کاربردی در مدل های تحلیل پوششی داده ها اتفاق افتاده که شناخت جوانب مختلف آن برای به کار گیری دقیق تر را اجتناب ناپذیر می کند. استفاده از مدل های تحلیل پوشی داده ها علاوه بر تعیین میزان کارایی نسبی، نقاط ضعف سازمان را در شاخه های مختلف تعیین کرده و با ارایه میزان مطلوب آنها، خط مشی سازمان را به سوی ارتقای کارایی و بهره وری مشخص می کند. همچنین الگوهای کارا که ارزیابی واحدهای ناکارا بر اساس آنها انجام گرفته است، به واحدهای ناکارا معرفی می شوند. الگوههای کارا واحدهایی هستند که با ورودی های مشابه واحد ناکارا ، خروجی های بیشتر یا همان خروجی ها را با استفاده از ورودی های کمتر تولید کرده اند. وجود این تنوع وسیع در نتایج است که موجب شده استفاده از این تکنیک به سرعت فزاینده ای رو به گسترش باشد. همین امر موجب شده است که این تکنیک از بعد تتوری نیز رشد فزاینده ای داشته باشد و به یکی از شاخه های فعال در علم تحقیق در عملیات تبدیل شود (جهانگیری 1394) .

از سوی دیگر و با توجه به شرایط اقتصادی، محدودیت منابع و امکانات نیز مسئله بسیار مهمی است و به همین دلیل، سازمان ها همواره در تلاشند تا به صورت بهینه از منابع و امکانات خود استفاده کند. لذا، به کار گیری مدل های ارزیابی کارایی می توانند بسیار موثر باشند.،

۴-۲روش تحقیق

پژوهش حاضر با توجه به ماهیت آن و براساس هدف آن کاربردی واز نوع روش و چگونگی به دست آوردن داده های مورد نیاز ، توصیفی و از نوع پیمایشی است. در بخش ادبیات پزوهش از روش کتاب خانه ای

استفاده شده است.فصل چهارم نیز مربوط به تجزیه و تحلیل داده های مطالعه موردی می باشد. داده های .مورد نیاز نیز ، طی بازه زمانی سال ۱۳۹۱ جمع آوری شده است

مفهوم پایداری توسط ۳ دایره که با هم تداخل دارند به تصویر کشیده می شود که شامل ۳ بعد می باشد: بعد اجتماعی مستلزم توسعه اسلتعدادهای زندگی انسان است ، بعد اقتصادی :نشان دهنده یک سیستم تولید ،توزیع و مصرف ثروت برای برآوردن نیاز مردم است، بعد زیست محیطی حفاظت از اکوسیستم را نشان می دهد (هرمنس و رید[1] ، ۲۰۰۲). شرکت ها بازیگران اصلی رسیدن به پایداری هستند،بنابراین ضروری است رویکردهای عملی (کوپلین [2] و همکاران،۲۰۰۷) برای توسعه پایداری در داخل شرکت ها کشف شوند.

نیروگاههای سیکل ترکیبی (CCPP) نقش مهمی در صنعت ایران ایفا می کنند و اجرای پایدار CCPPها یک موضوع مهم برای سیاست سازندگان است. طبق آمار دولت ایران، در سال ۲۰۱۱، CCPP ها ۳۰,۳ درصد کل انرژی برق را تولید می کنند. ایران به عنوان دومین ذخایر گاز طبیعی جهان، یکی از مناطق غنی از هیدروکربن در جهان است. بنابراین، کشور دارای توان بالقوه برای فعالیت این نوع نیروگاه ها است. ما در این پژوهش برای نشان دادن کاربرد مدل های پیشنهادی از این نیروگاهها استفاده کرده ایم.

در نیروگاههای سیکل ترکیبی ،گازهای ضعیف داغ تولید شده بوسیله دو توربین گاز برای تولید بخار استفاده می شوند ، بدین ترتیب که بخار تولید شده در تغذیه توربین بخار برای تولید برق استفاده می شود .هر توربین بخار و گاز دارای مولد برق خود هستند و برق تولید شده توسط آنها بوسیله خطوط انتقال ولتاژ بالا

[1] Herrmann and ride
[2] Kooplin

به شبکه های برق منتقل می شود. به طور معمول در نیروگاههای سیکل ترکیبی دو توربین گاز به یک توربین بخار وصل میشوند.

۴-۳ مرجع پژوهش

مجموعه داده ها از گزارش سالانه ی صنعت برق ایران در سال ۱۳۹۱ به دست آمده است. این مجموعه داده ها شامل ۳۰ نیروگاه سیکل ترکیبی واقع در ایران می باشد.همانطور که قبلا هم ذکر شد نیروگاههای سیکل ترکیبی (CCPP) شامل دو نیروگاه گاز و یک نیروگاه بخار می باشد. شکل (1-1) جداول (۱-۴) ، (۲-۴)و (۳-۴) مجموعه داده ها از سه مرحله را نشان می دهد .

۴-۴ تحلیل داده های پژوهش

اولین ورودی های مرحله ۱ و۲ هزینه سوخت را نشان میدهند. این نیرو گاهها برای تولید برق جهت تامین انرژی از گاز طبیعی و گازوئیل استفاده میکنند. به طور مشابه ورودی دوم مراحل ۱ و ۲ و ورودی اول مرحله ۳ هزینه نیروی کار است. ورودی سوم مراحل ۱ و۲ و ورودی دوم مرحله ۳ کل ساعت هایی است که مراحل ۱ و۲ و۳ در حال اجرا هستند. به طور کلی در هوای سردتر تولید ناخالص برق افزایش می یابد بنابراین ما باید میانگین دمای سالانه هوا را به عنوان ورووددی مهم (ورودی چهارم برای مراحل یک و دو و ورودی ۳ برای مرحله سوم) در نطر می گیریم.

اولین خروجی مراحل ۱ ، ۲ و ۳ تولید برق ناخالص است که به وسیله ی خطوط انتقال ولتاژ بالا منتقل می شوند .دومین خروجی مراحل کل ساعت های آموزش به کارگران عملیاتی است ، این متغیر بسیار مهم است زیرا برای بهبود مهارت کارها حیاتی است. علاوه بر خروجی های ذکر شده مانند تولید برق (عامل اقتصادی) وکل ساعات آموزش (عامل اجتماعی) ، خروجی های نامطلوب مانند انتشار و فاضلاب (عامل محیطی) که برای محیط زیست زیان آور هستند وجود دارد ، در نتیجه خروجی سوم مراحل ۱ و۲ (نیروگاه های گاز)

انتشار گاز است و همچنین خروجی سوم نیروگاه بخار یعنی مرحله ۳ نشان دهنده فاضلابی است که از نیروگاه خارج می شود.همانطور قبلا ذکر شده بود در این نیروگاهها ، برخی تولیدات نیروگاهی اعم از گاز و بخار به عنوان ورودی مراحل بعد استفاده می شوند .خروجی های چهارم مراحل ۱و۲ بخار تولید شده توسط توربین های بخار ها به عنوان محرک توربین های استفاده می شود.

`جدول شماره (۱-۴) اولین نیروگاه گاز (مرحله ۱)

	ورودی ها				خروجی ها			ورودی-خروجی میانی
DMU نیروگاهها	هزینه سوخت (USD)	هزینه نیروی کار (USD)	ساعات عملیات (h)	میانگین دمای هوای سالانه (° C)	تولید ناخالص (MWH)	کل ساعت آموزش (h)	CO2 انتشار 1000 Ton.	متوسط تولید بخار (Kg/sec)
دماوند ۱	97.762	47	7583	9	835882	130	795.08	63.78
دماوند ۲	95.463	50	7539	9	826832	83	846.41	64.21
دماوند ۳	44.903	46	5362	9	575776	134	873.12	63.72
دماوند ۴	44.277	48	4342	9	616960	130	918.84	49.89
فارس ۱	42.513	52	7264	18	527320	78	1219.35	49.78
فارس ۲	38.913	50	6079	18	692130	97	1172.08	49.92
فارس ۳	52.373	52	7898	18	543624	86	1147.5	49.92
کازرون ۱	28.833	47	5534	22	728244	80	564.87	54.33
کازرون ۲	44.351	46	5988	22	804669	75	529.2	65.18
کازرون ۳	67.426	51	6870	22	821515	133	524.15	65.27
کرمان ۱	132.819	55	7856	16	812816	88	1418.28	60.61
کرمان ۲	130.659	53	7501	16	650356	126	1399.32	60.68
کرمان ۳	40.256	49	6043	16	701248	95	1506.96	61.03
کرمان ۴	59.50	46	6592	16	669420	88	1329.57	60.49
خوی	94.105	43	7623	10	652826	117	3802.7	49.14
منتظرقائم ۱	70.389	49	7913	16	531785	118	1499.4	49.68
منتظرقائم ۲	26.565	47	6535	16	672135	102	1688.34	49.73
منتظرقائم ۳	78.008	46	8295	16	712465	90	1670.48	49.84
نیشابور ۱	62.065	44	8196	15	524260	72	206.28	550.21
نیشابور ۲	39.413	52	6248	15	712465	91	205.2	49.99
نیشابور ۳	18.048	50	4563	15	542260	121	210.06	49.98
قم ۱	94.373	44	8385	17	369286	120	1303.02	52.71
قم ۲	99.530	45	7990	7	809167	79	1150.05	52.46
سنندج	101.516	42	7384	12	792880	84	1894.36	62.61
شهید رجایی ۱	49.270	44	7640	13	658160	114	323.95	48.31
شهید رجایی ۲	74.491	47	7527	13	643480	88	324.36	48.42
شهید رجایی ۳	80.064	48	7822	13	678080	74	320.32	97.26
شریعتی	51.919	49	7988	14	706104	73	3548.05	52.03
یزد ۱	28.381	47	5805	19	511604	87	787.92	51.15
یزد ۲	94.909	45	6880	19	757939	108	761.94	63.68

جدول شماره (۲-۴) دومین نیروگاه گاز (مرحله۲)								
	ورودی ها				خروجی ها			ورودی-خروجی میانی
DMU نیروگاهها	هزینه سوخت (USD)	هزینه نیروی کار(USD)	ساعات عملیات (h)	میانگین دمای هوای سالانه (° C)	تولید ناخالص (MWH)	کل ساعت آموزش (h)	CO2 انتشار 1000 Ton.	متوسط تولید بخار (Kg/sec)
دماوند ۱	103.906	44	7820	9	863973	124	779.79	63.87
دماوند ۲	95.973	47	7770	9	861979	132	862.38	64.21
دماوند ۳	95.924	50	7443	9	851329	110	958.72	6372
دماوند ۴	36.887	46	4265	9	436392	76	918.84	63.4
فارس ۱	43.835	49	7668	18	659680	108	1219.25	49.89
فارس ۲	52.012	54	7246	18	626240	95	1239.7	49.78
فارس ۳	59.214	55	8065	18	707020	129	1237.5	49.92
کازرون ۱	60.527	46	7738	22	762819	123	564.87	54.33
کازرون ۲	55.809	50	5812	22	715796	90	539	65.18
کازرون ۳	51.139	45	6115	22	741718	100	543.21	65.27
کرمان ۱	95.489	52	7501	16	788152	107	1471.1	60.61
کرمان ۲	82.302	51	7268	16	7883.4	100	1452.14	60.68
کرمان ۳	127.615	54	6289	16	723488	97	1480.05	61.04
کرمان ۴	105.180	53	7897	16	872024	108	1407.18	60.49
خوی	112.437	46	7962	10	701970	122	3733.53	49.14
منتظرقائم ۱	47.987	43	6988	16	561070	131	1617	49.68
منتظرقائم ۲	72.353	46	7218	16	609270	87	1688.44	49.73
منتظرقائم ۳	56.825	43	8150	16	677577	77	1521.33	49.84
نیشابور ۱	64.888	47	8495	15	707505	112	202.46	50.21
نیشابور ۲	59.778	49	7313	15	613829	131	1211.58	49.99
نیشابور ۳	39.799	45	7203	15	574783	102	1217.7	49.98
قم ۱	51.613	41	6835	17	671369	122	1857.13	52.71
قم ۲	83.157	42	7433	17	750450	115	306.28	52.46
سنندج	97.506	47	7179	12	755704	120	348.84	62.61
شهید رجایی ۱	49.982	47	6796	13	581030	72	326.48	48.31
شهید رجایی ۲	83.185	49	7680	13	658430	133	312.56	48.42
شهید رجایی ۳	85.020	4940	8913	13	692680	100	745.71	97.26
شریعتی	53.526	43	7497	14	657802	94	804.27	52.03
یزد ۱	73.287	49	7423	19	680821	121	332.2	51.15
یزد ۲	95.061	49	6491	19	751210	93	804.30	63.68

جدول شماره (۳-۴) نیروگاه بخار (مرحله۳)`								
ورودی-خروجی میانی		خروجی ها			ورودی ها			
متوسط تولید بخار مرحله ۲ (Kg/sec)	متوسط تولید بخار مرحله ۱ (Kg/sec)	فاضلاب ($1000\ m^3$)	کل ساعت آموزش (h)	تولید ناخالص (MWH)	میانگین دمای هوای سالانه (° C)	ساعات عملیات (h)	هزینه نیروی کار (USD)	DMU نیروگاهها
63.78	63.775	265.405	112	733789	9	7793	48	دماوند ۱
64.21	64.21	226.17	103	838547	9	7816	49	دماوند ۲
63.72	63.72	134.05	114	685912	9	7569	45	دماوند ۳
63.4	49.89	151.97	99	228088	9	2074	49	دماوند ۴
49.87	49.78	254.24	79	616525	18	8401	45	فارس ۱
49.78	48.52	170.212	106	545766	18	8025	52	فارس ۲
49.92	49.32	268.532	99	671842	18	8365	54	فارس ۳
54.33	54.54	182.622	116	654401	22	6703	51	کازرون ۱
65.18	62.18	179.64	126	620859	22	6419	52	کازرون ۲
65.17	65.47	240.45	92	667132	22	6604	52	کازرون ۳
60.61	60.61	235.68	84	1001164	16	3067	52	کرمان ۱
60.68	60.68	232.531	134	973185	16	3074	48	کرمان ۲
61.3	61.03	211.505	84	811878	16	2969	45	کرمان ۳
60.49	60.49	164.8	80	941318	16	3072	51	کرمان ۴
49.14	49.14	236.313	131	695919	10	8432	46	خوی
49.68	49.68	221.564	130	589286	16	8317	40	منتظرقائم ۱
49.73	49.73	202.585	80	507650	16	7508	44	منتظرقائم ۲
49.84	49.84	223.965	117	652090	16	8706	43	منتظرقائم ۳
50.21	53.11	262.272	109	735501	15	8411	46	نیشابور ۱
49.99	49.99	206.184	93	567215	15	8340	40	نیشابور ۲
49.98	49.98	118.638	108	512295	15	7247	42	نیشابور ۳
52.71	52.71	226.395	123	700129	17	8572	41	قم ۱
52.46`	52.46	239.7	133	699635	17	8278	46	قم ۲
62.61	62.61	206.752	116	291216	12	2816	47	سنندج
48.311	50.38	198.64	78	666600	13	7625	41	شهید رجایی ۱
48.41	45.86	248.391	103	670205	13	8075	44	شهید رجایی ۲
97.26	89.33	219.016	91	699783	13	8350	48	شهید رجایی ۳
52.3	50.42	239.64	94	719824	14	8406	41	شریعتی
51.15	52.15	203.175	86	792281	19	7355	44	یزد ۱
63.68	67.68	227.04	91	608613	19	5070	45	یزد ۲

۴-۵ نتایج

پس از اجرای مدل (3-3) نمرات کارایی هر مرحله در نیروگاه ها را تحت شرایط تمام ورودی محور و بازده به مقیاس ثابت بدست آوردیم. نتایج در جدول (۴-۴) نمایش داده شده است. برای اجرای مدل های پیشنهادی و به دست آوردن نتایج، از نرم افزار Lingo استفاده شده است.

نتایج مدل () نشان می دهد که در مرحله اول DMU های ۱،۲،۳،۴،۸،۹،۱۰،۱۳،۱۷،۱۹،۲۱،۲۲،۲۴،۲۵،۲۸ کارا هستند ،بدین معنی که کارایی این DMUها برابر با ۱ می باشد و همچنین در مرحله دوم نیز DMU های۱،۲،۳،۴،۵،۸،۹،۱۰،۱۶،۱۹،۲۰،۲۱،۲۲،۲۶،۲۷،۲۸،۲۹ کارا می باشند. و علاوه بر این در مرحله سوم DMU های ۱،۲،۳،۴،۵،۱۱،۱۲،۱۴،۱۵،۱۶،۲۱،۲۴ نیز کارا میباشند،که ما در این مرحله یعنی مرحله سوم در مدل (3-3) که همان نیروگاه بخار می باشد نمرات کارایی کمتری نسبت مراحل ۱ و۲ داریم.

	واحدهای CCPP	مرحله ۱	مرحله ۲	مرحله ۳
۱	دماوند ۱	۱	۱,۰۰۰	۱,۰۰۰
۲	دماوند ۲	۱	۱,۰۰۰	۱,۰۰۰
۳	دماوند ۳	۱	۱,۰۰۰	۱,۰۰۰
۴	دماوند ۴	۱	۱,۰۰۰	۱,۰۰۰
۵	فارس ۱	۰/۹۱۲	۱,۰۰۰	۰,۷۶۹
۶	فارس ۲	۰/۹۳۷	۰,۸۸۳	۰,۶۵۳
۷	فارس ۳	۰/۹۹۲	۰,۹۳۱	۰,۶۳۱
۸	کازرون ۱	۱	۱,۰۰۰	۰,۷۷۸
۹	کازرون ۲	۱	۱,۰۰۰	۰,۹۷۸
۱۰	کازرون ۳	۱	۱,۰۰۰	۰,۵۳۱
۱۱	کرمان ۱	۰/۹۸۹	۰,۸۸۷	۱,۰۰۰
۱۲	کرمان ۲	۰/۹۹۱	۰,۹۲۳	۱,۰۰۰
۱۳	کرمان ۳	۱	۰,۸۹۷	۰,۸۶۶
۱۴	کرمان ۴	۰/۹۹۷	۰,۹۳۷	۱,۰۰۰
۱۵	خوی	۰/۹۹	۰,۷۸۵	۱,۰۰۰
۱۶	منتظرقائم ۱	۰/۹۸۶	۱,۰۰۰	۱,۰۰۰
۱۷	منتظرقائم ۲	۱	۰,۷۵۹	۰,۶۵۰
۱۸	منتظرقائم ۳	۰/۹۰۸	۰,۹۵۰	۰,۷۵۰
۱۹	نیشابور ۱	۱	۱,۰۰۰	۰,۹۹۲
۲۰	نیشابور ۲	۰,۹۴۷	۱,۰۰۰	۰,۷۰۹
۲۱	نیشابور ۳	۱	۱,۰۰۰	۱,۰۰۰
۲۲	قم ۱	۱	۱,۰۰۰	۰,۹۸۶
۲۳	قم ۲	۰/۹۵	۰,۹۹۷	۰,۹۳۷
۲۴	سنندج	۱	۰,۹۲۴	۱,۰۰۰
۲۵	شهید رجایی ۱	۱	۰,۹۵۷	۰,۸۵۰
۲۶	شهید رجایی ۲	۰/۹۵۴	۱,۰۰۰	۰,۸۶۹
۲۷	شهید رجایی ۳	۰,۹۶۲	۱,۰۰۰	۰,۶۸۰
۲۸	شریعتی	۱	۱,۰۰۰	۰,۸۶۴
۲۹	یزد ۱	۰/۹۹۸	۱,۰۰۰	۰,۹۴۸
۳۰	یزد ۲	۰/۹۹۷	۰,۹۰۰	۰,۶۷۸

جدول (۴-۴) نمرات کارایی تحت مدل ورودی محور

در این قسمت ما نمرات کارایی را با توجه به مدل (۳-۴) ، در جدول (۴-۵) بدست آورده ایم . همانطور که قبلا ذکر شد این مدل تحت فرض ورودی گرا – خروجی گرا بدست آمده است . در این مدل ما جداول (۴-۱) و(۴-۲) که همان نیروگاههای گاز هستند را تحت فرض ورودی گرا در نظر گرفتیم و همپنین جدول (۴-۳) که همان نیرو گاه بخار می باشد را تحت فرض خروجی گرا در نظر گرفته ایم.

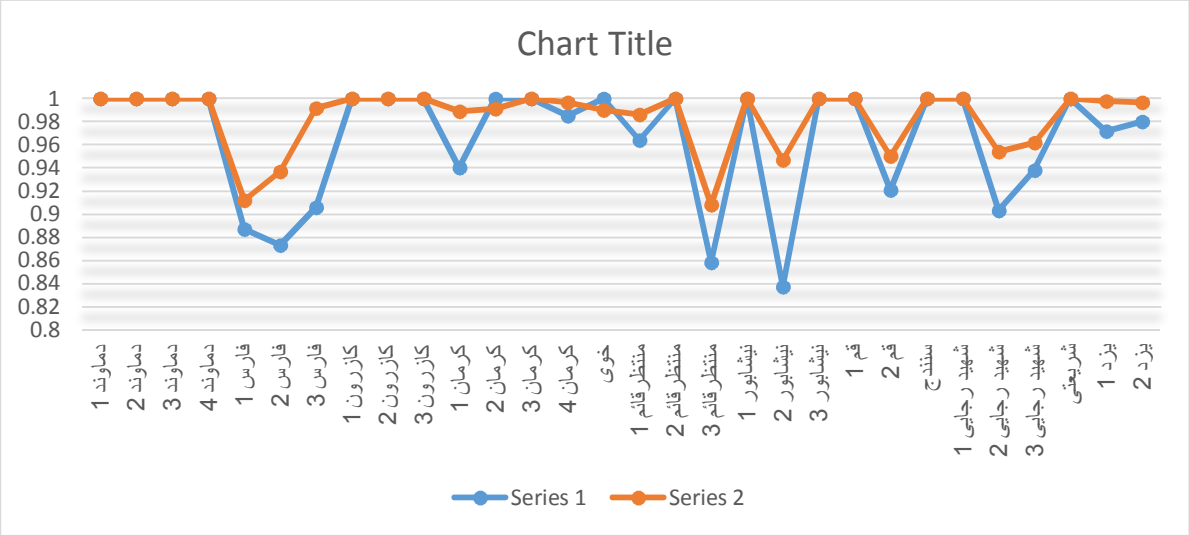
نتایج مدل (۳-۴) نشان می دهد که در مرحله اول DMU های ۱،۲،۳،۴،۸،۹،۱۰،۱۲،۱۳،۱۵،۱۷،۱۹،۲۱،۲۲ ۲۴،۲۵،۲۶ دارای کارایی کامل یعنی یک می باشند و در مرحله ۲ نیز DMU های ۱،۲،۳،۴،۵،۸،۹،۱۰،۱۳ ۱۵،۱۶،۲۱،۱،۲۱،۲۲،۲۳،۲۴،۲۸ دارای نمرات کارایی ۱ می باشند و همچنین در مرحله ۳ همان نیروگاه بخار، DMU های ۱،۲،۳،۴،۹،۱۱،۱۲،۱۴،۱۵،۱۹،۲۱،۲۲،۲۳،۲۵،۲۶،۲۸ نیز دارای نمرات کارایی کامل یعنی ۱ می باشند.

	واحدهای CCPP	مرحله ۳	مرحله ۲	مرحله ۳
۱	دماوند ۱	1.000	1.000	1.000
۲	دماوند ۲	1.000	1.000	1.000
۳	دماوند ۳	1.000	1.000	1.000
۴	دماوند ۴	1.000	1.000	1.000
۵	فارس ۱	0.887	1.000	0.939
۶	فارس ۲	0.873	0.885	0.885
۷	فارس ۳	0.906	0.947	0.871
۸	کازرون ۱	1.000	1.000	0.781
۹	کازرون ۲	1.000	1.000	1.000
۱۰	کازرون ۳	1.000	1.000	0.854
۱۱	کرمان ۱	0.940	0.949	1.000
۱۲	کرمان ۲	1.000	0.981	1.000
۱۳	کرمان ۳	1.000	1.000	0.996
۱۴	کرمان ۴	0.985	0.754	1.000
۱۵	خوی	1.000	1.000	1.000
۱۶	منتظرقائم ۱	0.896	1.000	0.967
۱۷	منتظرقائم ۲	1.000	0.813	0.845
۱۸	منتظرقائم ۳	0.858	0.941	0.922
۱۹	نیشابور ۱	1.000	0.983	1.000
۲۰	نیشابور ۲	0.837	0.978	1.000
۲۱	نیشابور ۳	1.000	1.000	1.000
۲۲	قم ۱	1.000	1.000	1.000
۲۳	قم ۲	0.921	1.000	1.000
۲۴	بستندج	1.000	1.000	0.984
۲۵	شهید رجایی ۱	1.000	0.946	1.000
۲۶	شهید رجایی ۲	0.829	0.971	1.000
۲۷	شهید رجایی ۳	0.838	0.814	0.887
۲۸	شریعتی	1.000	1.000	0.988
۲۹	یزد ۱	0.951	0.978	0.912
۳۰	یزد ۲	0.980	0.942	0.873

جدول (۴-۵) نمرات کارایی تحت مدل ورودی و خروجی محور

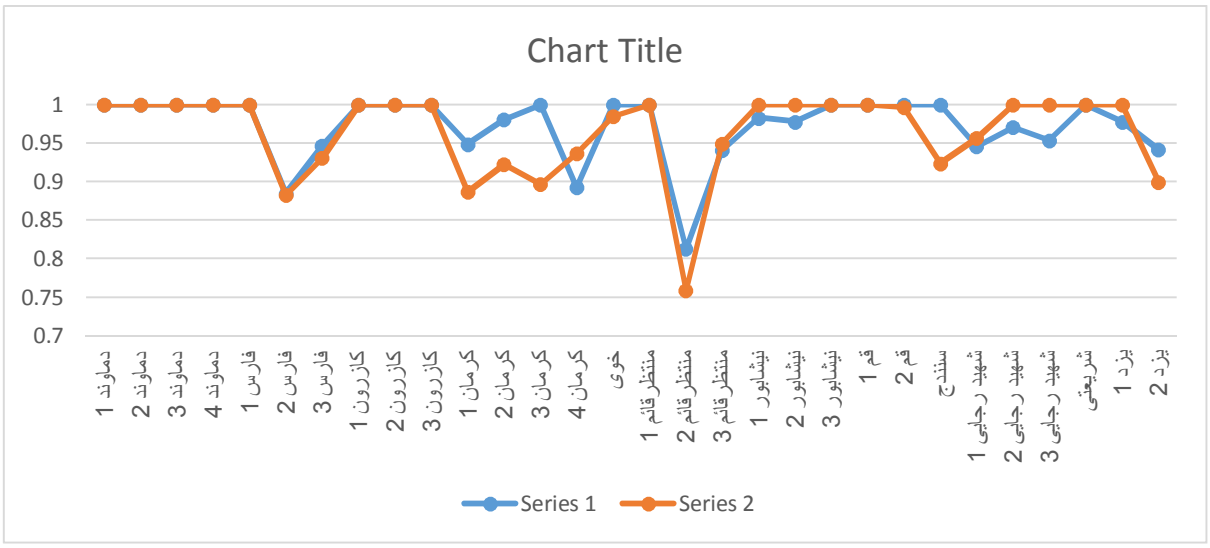
۴-۶ مقایسات نموداری نتایج بدست آمده

با کمک نمودار های (۴-۱) ، (۴-۲) و (۴-۳) زیر و مقایسه نمرات کارایی مراحل دو مدل (۳-۳) و(۳-۴) درمی یابیم که در مراحل اول و دوم به دلیل یکسان بودن فرض های ورودی محور در هر دو مدل همانطور که در نمودارهای (۱-۴)و(۲-۴) مشخص است ما به نمرات تقریبا قابل انتظار و نزدیک بهمی از کارایی رسیدیم. در مرحله ۳ در مدل (۳-۳) مشاهده می شود که نمرات کارایی به نسبت پایین است. که ما در این پژوهش با ارایه مدل (۳-۴) با توجه به شرایط مرحله و فرض جدید در نظر گرفته شده همانطور که در نمودار (3-4) مشاهده می شود راندمان به طور چشم گیری افزایش پیدا کرده است و ما در DMU های ۵،۶،۷،۹،۱۰،۱۳،۱۷،۱۸،۱۹،۲۰،۲۲،۲۳،۲۵،۲۶،۲۷،۲۸،۳۰ دارای افزایش راندمان شده ایم ودر DMU های ۱،۲،۳،۴،۸،۱۱،۱۲،۱۴،۱۵،۲۲ در دو مدل راندمان های برابری داریم.



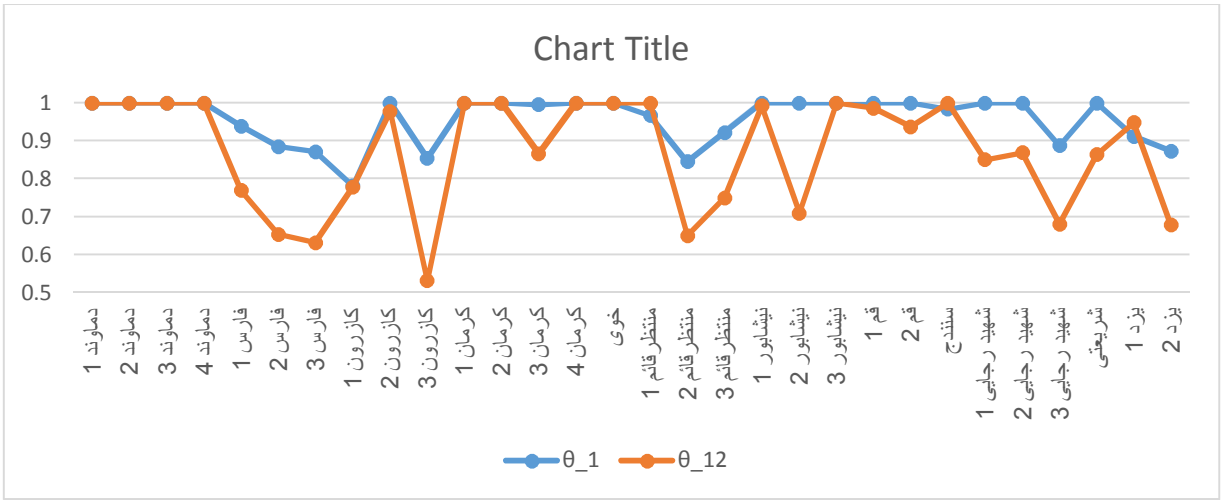
نمودار (۴-۱)

در نمودار (۴-۱) خط و نقاط آبی نشان دهنده مرحله ۱ در مدل (۳-۴) می باشد و همچنین نقاط قرمز نشان دهنده ی نمرات کارای در مدل (۳-۳) در همان مرحله می باشد ، که همانطور که گفته شد به طور کل در هر ۲ مدل در این مرحله ما به نمرات کارایی نزدیک به همی دست یافته ایم .



نمودار (۴-۲)

در نمودار (۴-۲) نقاط آبی و نقاط قرمز به ترتیب نشان دهنده نمرات کارایی مدلهای (۳-۴)و(۳-۳) در مرحله ۲ می باشند.که مشابه مرحله ۱ در این مرحله نیز ما در مجموع به نمرات مشابهی دست پیدا کردیم.



نمودار (۴-۳)

در نمودار (۴-۳) همانند دو نمودار قبل نقاط آبی و قرمز نشان دهنده ی نمرات کارایی مدل های (۳-۳) (۴-۳) در مرحله که همان نیروگاه بخار است ، می باشند.همانطور که گفته شد در مدل (۳-۴) ما دارای نمرات کارایی بیشتری نسبت به مدل (۳-۳) هستیم که در نمودار مشهود است.

نمرات کارایی۱۸ DMU در مرحله ۳ در مدل (۳-۴) برابر ۱ میباشند که بدین معناست که ما در این مراحل دارای کارایی و بهره وری کامل می باشیم.

با مشاهده جداول (۴-۵) (۴-۴) و نموداره های (۴-۱) ، (۴-۲) و (۴-۳) می توان گفت در مجموع،روش تحلیل پوششی داده های شبکه ای با فرض ورودی/خروجی محور توانسته مقادیر کارایی مطلوب تری به دست دهد و این به این معناست که این روش توانسته استفاده بهتری از ورودی ها (زمان ،نیروی انسانی وانرژی) داشته باشد .

بنابراین در این روش هزینه ها کاهش یافته و در مصرف انرژی صرفه جویی می شود و همچنین با افزایش کارایی و بازدهی این نیروگاهها انتشار گاز CO_2 و فاضلاب در خروجی مراحل کاهش پیدا می کند و این خود می تواند در بحث محیط زیست محصول و خروجی پایدارتری برای ما فراهم سازد.

فصل پنجم: نتایج و پیشنهادات

۵-۱ مقدمه

امروزه سازمان ها در پی بررسی و آنالیز فعالیت های داخلی خود از جهت کارایی و مسائل اقتصادی ، اجتماعی و محیط زیست به منظور ایجاد عملیات پایدار تر می باشند . برای اندازه گیری کارایی و بررسی پایداری DMU ها ، DEA یک روش ریاضی معتبر می باشد ، با این حال مدل DEA سنتی DMU ها را به عنوان جعبه ی سیاه بررسی می کند و فعالیت های داخلی آنها را نادیده می گیرد، برای رفع این مشکل ما در این پژوهش دو مدل NDEA (تحلیل پوششی داده های شبکه ای) را ارائه کردیم. این دو مدل براساس فرض بازده به مقیاس ثابت در نظر گرفته شده اند که یکی از آنها با رویکرد کاملا ورودی محور و دیگری با رویکردهای ورودی-خروجی محور می باشند.مدل های ارائه شده یا مدل های تحلیل پوششی داده های شبکه ای (NDEA) به مدیران کمک می کنند تا نه تنها DMU ها بلکه مراحل مرتبط و داخلی DMU ها را بررسی کنند.

۵-۲ نتیجه گیری

در این پژوهش مدل های NDEA های ارائه شده جهت ارزیابی ۳۰ نیروگاه سیکل ترکیبی برق مورد استفاده قرار گرفت که در مدل (3-3) همه مراحل DMU ها ورودی محور در نظر گرفته شد. در مدل (۳-۳) ما دارای ۵ نیروگاه CCPP که تمامی مراحل آن دارای کارای ۱ میباشند، هستیم و به طور مشابه تحت مدل (۳-۴) و فرض ورودی – خروجی محور ما دارای ۸ نیروگاه CCPP هستیم که در تمامی مراحلشان کارا می باشند.توجه داشته باشید که تمامیDMU هایی که تحت فرض مدل (۳-۳) تمامی مراحلشان کارا هستند در مدل (۳-۴) نیز کارا می باشند.

نمرات کارایی در مراحل DMU ها نیز این چنین می باشد که در مراحل ۱ و۲ به دلیل در نظر گرفتن فرض ورودی محور در مرحله ۱ و۲ در هر دو مدل موجود طبق جداول (۴-۴) و (۴-۵) و نمودارهای (۴-۱) و (۴-۲) در مجموع به نمرات کارایی مشابه و نزدیک به همی دست یافتیم، اما در مرحله ۳ در مدل (۳-۳) دارای نمرات کارایی به نسبت پایینی هستیم که با در نظر گرفتن مدل (۳-۴) نمرات کارایی ما در این مرحله به طور ملموسی افزایش یافت، به طوری که در مدل (۳-۳) در مرحله ۳ DMU های۱،۲،۳،۴،۱۱،۱۲،۱۴،۱۵،۱۶،۲۱،۲۴ دارای کارایی ۱ می باشند ، اما در همین مرحله در مدل (۳-۴) DMUهای ۱،۲،۳،۴،۹،۱۱،۱۲،۱۴،۱۵،۱۹،۲۰،۲۱،۲۲،۲۳،۲۵،۲۶ نمرات کارایی به دست آمده برابر ۱ می باشند، که این نشان دهنده افزایش کارایی در این مرحله در مدل جدید می باشد. علاوه بر این نمرات کارایی در مدل (۳-۴) در DMU های ناکارا نسبت به مدل (۳-۳) افزایش چشم گیری داشته ایم.

۳-۵ مفاهیم مدیریتی

اول، مدل های NDEA، تصمیم گیرندگان را قادر می سازد تا بر تمام شرکت ها و مراحل مربوطه را نظارت کنند. بیشتر شرکتهای تولید انرژی که در مناطق مختلف از نظر جغرافیایی قرار دارند، شامل واحدهای جداگانه ای هستند که در کنار هم قرار دارند که تحت شرکت اصلی کار می کنند. با اندازه گیری کارایی واحدهای جزء ، مدیران می توانند مرحله خاصی از شرکت های خود را با رقبای خود مقایسه کنند. از این رو، بر اساس نتایج به دست آمده، مدیران می توانند معیارهای مناسب برای DMU های نامناسب را تعیین کرده و خط مشی های بهبود مناسب را برای سازمان هایشان ایجاد کنند.

دوم، با توجه به مراحل مختلف شبکه، می توان نقاط قوت و ضعف شبکه را درک کرد. در نهایت مدیرانی که نگران بهره وری عملیاتی و محیطی شرکت های خود هستند. میتوانند از وزن و سهم هر یک از ورودی ها در تولید نهایی کمک گیرند تا هر دو کارآیی عملیاتی و محیطی را بهبود بخشند.

هر چند نمرات کارای بینش بهتری را برای مدیران فراهم میکند اما آنها باید با تجزیه و تحلیل کامل تر به این مساله بپردازند .

توجه کنید که ما در مراحل ۱ و۲ که همان نیروگاههای گاز هستند ، گاز CO_2 را به عنوان خروجی داریم که این گاز در جهت تولید محصول پایدار و مباحث محیط زیست باید کاهش پیدا کند که در همین راستا ما با در نظر در مراحل ۱و۲ و یا همان نیروگاههای گاز ،با کاهش ورودی ها برای رسیدن به خروجی مطلوب سطح خروجی را ثابت نگه داشته ایم تا از تولید بیشتر گاز CO_2 جلوگیری کنیم.

در مرحله ۳ که همان نیروگاه بخار است با توجه به شرایط مدل و نیاز موجود ، این مرحله خروجی محور در نظر گرفته شده است و هرچند این تصمیم به افزایش کارایی ما کمک می کند اما به دلیل وجود خروجی فاضلاب در این مرحله ما با افزایش سطح تولید فاضلاب روبه رو هستیم،بدین صورت که ما با در فرض خروجی محور در تلاشیم با ثابت نگه داشتن سطح ورودی ،خروجی های خود را افزایش دهیم که این افزایش سطح خروجی در این مرحله منجر به تولید بیشتر فاضلاب می شود که این محصول از نظر دیدگاه پایداری و محیط زیست مضر و آسیب رسان می باشد. در چنین شرایطی مدیر می بایست فن آوری هایی را در جهت کاهش فاضلاب و همچنین انتشار CO_2 در نظر گیرد ، هدف نهایی هر سازمان علاوه بر تولید محصول یا ارائه خدمات در جهت ارتقاء و شکوفایی خود و جامعه، دستیابی به سود هر چه بیشتر است.در راستای این هدف یک سازمان باید تلاش ویژه ای در جهت میریت موثر در تمامی بخش های سازمانی ، به حداقل رساندن مجموع هزینه ها و به بیان بهتر استفاده بهینه از تمامی ورودی های سیستم خود داشته باشد . در این مطالعه ،راه حلی ارائه شد که به کارگیری آن می تواند در مسیر مدیریت و ارزیابی عملکرد سازمان مفید باشد.

۵-۴ محدودیت های تحقیق

از محدودیت های موجود در این پژوهش می توان به موارد زیر اشاره داشت:

- محدودیت دسترسی به داده ها به روزتر و جدیدتر
- محدودیت دسترسی به داده های جزء تر ، موثر در کارایی نظیر جغرافیا ، آب هوا،مساحت نیروگاه و...

۵-۵ پیشنهادات تحقیق

در اینجا، تعدادی از مسیرهای تحقیقاتی بعدی پیشنهاد شده است:

• ایده خوبی است که مدل های مشابه را در صورت وجود داده های تصادفی و یا ناکافی توسعه دهیم.

• مدل های پیشنهادی با تغییرات جزئی می توانند در زمینه های تصمیم گیری دیگر مانند ارزیابی پایداری زنجیره های عرضه و ارزیابی کارایی خطوط تولید اعمال شوند. مثال چنین تغییراتی می تواند شامل گنجاندن داده های نامشخص، عوامل غیر اختیاری و ... در مسئله باشد.

ایده خوبی است که ارزیابی کارایی وپایداری این نیروگاهها را در بعد اجتماعی مثلث پایداری بررس کنیم.

منابع و مآخذ

منابع لاتین

1- Coelli, T.J. and Perelman, S. (1996) “Measuring the Technical Efficiency for the Shipping Banks—An Approach Using Data Envelopment Analysis"

2- Lawrence M. Seiford, Joe Zhu (1999) “An investigation of returns to scale in data envelopment analysis” *Omega*, Volume 27 , Pages 1-11

3- Falasca, M., Zobel, C.W., and Cook, D., (2008). A decision support framework to assess supply chain resilience. In: Proceedings of the 5th international ISCRAM conference, Washington.

4- Peter Bogetoft, Rolf Fare, Shawna Grosskopf, Kathy Hayes, Lori Taylor (2009)” DYNAMIC NETWORK DEA: AN ILLUSTRATION (< Special Issue> Operations Research for Performance Evaluation). *Journal of the Operations Research Society of Japan*, Volume 52, pages 147-163

5- Chiang Kao (2009) “Efficiency decomposition in network data envelopment analysis: A relational model” European Journal of Operational Research , Volume 1961, Pages 1107-1112

6- Kaoru Tone, Miki Tsutsui (2009) “Network DEA: A slacks-based measure approach ” European Journal of Operational Research, Volume 197, Pages 243-252

7- Wade D. Cook, Liang Liang, Joe Zhu (2010) “Measuring performance of two-stage network structures by DEA: A review and future perspective” Omega, Volume 38 , Pages 423-430

8- Sözen, A., Alp, İ, Özdemirc, A., (2010), "Assessment of operational and environmental performance of the thermal power plants in Turkey by using data envelopment analysis", *Energy Policy*, Vol. 38, No. 10, pp.6194–6203.

9- Liu, C.H., Lin, S. J., Lewis, C., (2010), "Evaluation of thermal power plant operational performance in Taiwan by data envelopment analysis", *Energy Policy*, Vol. 38, No. 2, pp. 1049–1058.

10- Farzipoor Saen, R., (2010), "Performance measurement of power plants in the existence of weight restrictions via slacks-based model", *Benchmarking: An International Journal*, Vol. 17, No. 5, pp. 677-691.

11- HasanBalH. HasanÖrkcü,SalihÇelebioğlu (2010) “Improving the discrimination power and weights dispersion in the data envelopment analysis”.*computer & research*.volume 37,pages 99-107

12- Y. Zhao, K. Triantis, P. Murray-Tuite, P. Edara (2011) “Performance measurement of a transportation network with a downtown space reservation system: A network-DEA approach ” *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, Volume 47, Pages 1140-1159

13- Sueyoshi, T., Goto, M., (2011), "DEA approach for unified efficiency measurement: Assessment of Japanese fossil fuel power generation", *Energy Economics*, Vol. 33, No. 2, pp. 292-303.

14- Azadeh, A., Hasani Farmand,A., Jiryaei Sharahi, Z., (2012), "Performance assessment and optimization of HSE management systems with human error and ambiguity by an integrated fuzzy multivariate approach in a large conventional power plant manufacturer", *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, Vol. 25,No. 3, pp. 594-603.

15- Sözen, A., Alp, İ, Kilinc, C.,(2012) "Efficiency assessment of the hydro-power plants in Turkey by using Data Envelopment Analysis", *Renewable Energy*, Vol. 46, pp. 192-202.

16- Lins, M. E., Oliveira, L. B., da Silva, A. C. M., Rosa, L. P., Pereira Jr., A. O., (2012), "Performance assessment of alternative energy resources in Brazilian power sector using data envelopment analysis",Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 16, No. 1, pp. 898–903.

17- Rezaee, M. J., Moini, A., Makui, A., (2012), "Operational and non-operational performance evaluation of thermal power plants in Iran: A game theory approach", *Energy*, Vol. 38, No. 1, pp. 96-103.

18- Sueyoshi, T., Goto, M. (2012a), "Returns to scale and damages to scale on U.S. fossil fuel power plants: Radial and non-radial approaches for DEA environmental assessment", *Energy Economics*, Vol. 34, No. 6,pp. 2240-2259.

19- Sueyoshi, T., Goto, M. (2012b), "DEA environmental assessment of coal fired power plants: Methodologicalcomparison between radial and non-radial models", *Energy Economics*, Vol. 34, No. 6, pp. 1854-1863.

20- Sueyoshi, T., Goto, M. (2012c), " Returns to scale, damages to scale, marginal rate of transformation and rateof substitution in DEA environmental assessment", *Energy Economics*, Vol. 34, No. 4, pp. 905-917.

21- Sueyoshi, T., Goto, M. (2012e), "DEA radial measurement for environmental assessment and planning: Desirable procedures to evaluate fossil fuel power plants", *Energy Policy*, Vol. 41, pp. 422-432.

22- Sueyoshi, T., Goto, M. (2012d), "Environmental assessment by DEA radial measurement: U.S. coal-fired power plants in ISO (Independent System Operator) and RTO (Regional Transmission Organization)", *Energy Economics*, Vol. 34, No. 3, pp. 663-676.

23- Liu, X., Wen, Z., (2012), "Best available techniques and pollution control: a case study on China's thermal power industry", *Journal of Cleaner Production*, Vol. 23, No. 1, pp. 113-121

24- Azadeh, A., Hasani Farmand,A., Jiryaei Sharahi, Z., (2012), "Performance assessment and optimization of HSE management systems with human

25- Johanna C. Gerdessen, Stefano Pascucci (2013) "Data Envelopment Analysis of sustainability indicators of European agricultural systems at regional level" , Agricultural Systems ,Volume 118, June 2013, Pages 78-90

26- Azadeh, A., Hasani Farmand,A., Jiryaei Sharahi, Z., (2012), "Performance assessment and optimization of HSE management systems with human error and ambiguity by an integrated fuzzy multivariate approach in a large conventional power plant manufacturer", *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, Vol. 25,No. 3, pp. 594-603.

27- Sueyoshi, T., Goto, M. (2013), "A comparative study among fossil fuel power plants in PJM and California ISO by DEA environmental assessment", *Energy Economics*, Vol. 40, pp. 130-145.

28- Wang, Y.S, Xie, B.C., Shang, L.F., Li, W.H., (2013), "Measures to improve the performance of China's thermal power industry in view of cost efficiency", *Applied Energy*, Vol. 112, pp. 1078-1086.

29- Sebastián Lozano, Ester Gutiérrez, Plácido Moreno (2013) "Network DEA approach to airports performance assessment considering undesirable outputs" *Applied Mathematical Modelling* . Volume 37 , Pages 1665-1676

30- Wang, Y.S, Xie, B.C., Shang, L.F., Li, W.H., (2013), "Measures to improve the performance of China's thermal power industry in view of cost efficiency", *Applied Energy*, Vol. 112, pp. 1078-1086

31- Bai-ChenXie , Li-FengShang , Si-BoYang, , Bo-WenYi (2014) "Dynamic environmental efficiency evaluation of electric power industries: Evidence from OECD (Organization for Economic Cooperation and Development) and

BRIC (Brazil, Russia, India and China) countries" *Energy* ,Volume , Pages 147-157

32- Shakouri G., H., Nabaee, M, Aliakbarisani, S, (2014), "A quantitative discussion on the assessment of power supply technologies: DEA (data envelopment analysis) and SAW (simple additive weighting) as complementary methods for the "Grammar"", *Energy*, Vol. 64, pp. 640–647.

33- YaoChen , LiangLiang , FengYang , JoeZhu(2014) " Evaluation of information technology investment: a data envelopment analysis approach" Computers & Operations Research ,Volume 33, Issue 5, Pages 1368-1379

34- Zhou, Y., Xing, X., Fang, K., Liang, D., Xu, C., (2015) , "Environmental efficiency analysis of power industry in China based on an entropy SBM model", *Energy Policy*, Vol. 57, pp. 68-75.

35- Gholam Reza Faramarzi, Mohsen Khodakarami, Amir Shabani, Reza Farzipoor Saen, Fatemeh Azad.(2015) "New network data envelopment analysis approaches: An application in measuring sustainable operation of combined cycle power plants", *Journal of Cleaner Production*,Volume 108, Part A, Pages 232-246

36- Ming-Miin , YuaLi-Hsueh Chen , aBo Hsiaob (2016) "A fixed cost allocation based on the two-stage network data envelopment approach" Journal of Business Research , Volume 69 , Pages 1817-1822

37- Wan-fangShen , Da-qunZhang , Wen-binLiu , Guo-liangYang (2016) "Increasing discrimination of DEA evaluation by utilizing distances to anti-efficient frontiers" *Computers & Operations Research* , Volume 75, Pages 163-173

38- Chiang Kao (2017) "EfÞciency measurement and frontier projection identiÞcation for general two-stage systems in data envelopment analysis". *European Journal of Operational Research,* Volume 261, Issue 2, Pages 679-689

منابع فارسی

۱- غلامرضا خاکی(1376) "ارزش افزوده، راهی برای اندازه‌گیری بهره‌وری" مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی آموزشی

۲- محمدعلی امامی میبدی.(۱۳۷۹) "اصول اندازه گیری کارایی و بهره وری" پژوهش های بازرگانی.

۳- خاکی، غلامرضا ، (۱۳۷۹) " روش تحقیق در مدیریت " دانشگاه آزاد اسلامی، مرکز انتشارات علمی تهران.

۴- پورکاظمی محمدحسین, حیدری کیومرث ، ۱۳۸۱. "استفاده از تحلیل پوششی داده ها (DEA) در ارزیابی کارآیی نیروگاههای حرارتی تولید برق کشور " دوره , 6 شماره 1 از صفحه 35 تا 54

۵- محمد رضا مهرگان.(۱۳۸۳) "مدل های کمی در ارزیابی عملکرد سازمانه (تحلیل پوششی داده ها).انتشارات دانشگاه آزاد

۶- مریم دانشور،عادل آذر، محمد رضا زالی (۱۳۸۵) " طرّاحی مدل ارزیابی عملکرد شعب بیمه با استفاده از تکنیکDEA (مطالعه‌ی موردی بیمه‌ی دانا) ، شماره ۲۳، صفحه 62-37

۷- عادل آذر، داود غلامرضایی (۱۳۸۵) " رتبه بندی استانهای کشور با رویکرد تحلیل پوششی داده ها (با به کار گیری شاخصهای توسعه انسانی)". علمی-پژوهشی (وزارت علوم) ، شماره ۲۷، صفحه- از ۱۵۳ تا ۱۷۴

۸- علی فاضل یزدی، محمود معین الدین(۱۳۸۶) " اندازه گیری کارایی و پایداری بانک های تجاری در ایران با استفاده از مدل ترکیبی تاپسیس و تحلیل پوششی داده ها" علمی-پژوهشی (وزارت علوم) شماره ۶۳، صفحه ۸۵-۱۱۱

۹- مهدی ایران نژاد پاریزی، سید جمال الدین طبیبی، علی هاشم زهی، (۱۳۸۹) " رابطه نظام های مدیریت کیفیت با اثربخشی عملکرد بیمارستان های آموزشی شهر تهران" علمی-پژوهشی (وزارت علوم)،شماره ۱و۲ ، صفحه - از ۷ تا ۱۶

۱۰-دکتر منصور مومنی ، نادر شاه خواه (۱۳۸۸) "ارزیابی کارایی شرکت های بیمه ایران با استفاده از مدل ارتباطی DEA دو مرحله ای" پژوهشنامه بیمه، شماره ۱،صفحه – ۴۵

۱۱-علی اصغر حیات،خدایار ابیلی.(۱۳۹۲) "بررسی عوامل موثر بر بهره وری منابع انسانی دانشگر شرکت ملی نفت ایران"

۱۲-امانی و عرب زاد ، (۱۳۹۳) "سنجش کارایی دانشکده های دانشگاه شیراز با روش DEA پنجره ای" کنفرانس بین المللی نخبگان مدیریت.

۱۳-علی آزادی نژاد، حمید آماده، علی امامی میبدی(۱۳۹۳) "بررسی عوامل مؤثر در کارایی فنی بخش صنعت استان‌های کشور با رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها" مجله تحقیقات اقتصادی، شماره ۱، صفحه 188-173

۱٤-زینب خواجوند صالحی ، زهره افشین (۱۳۹۴) "اندازه گیری بهره وری و رتبه بندی واحدهای پژوهشی با استفاده از روش تحلیل پوششی داده ها" مدرس علوم انسانی، دوره6 ، شماره1 ، از صفحه 35 تا صفحه 54 .

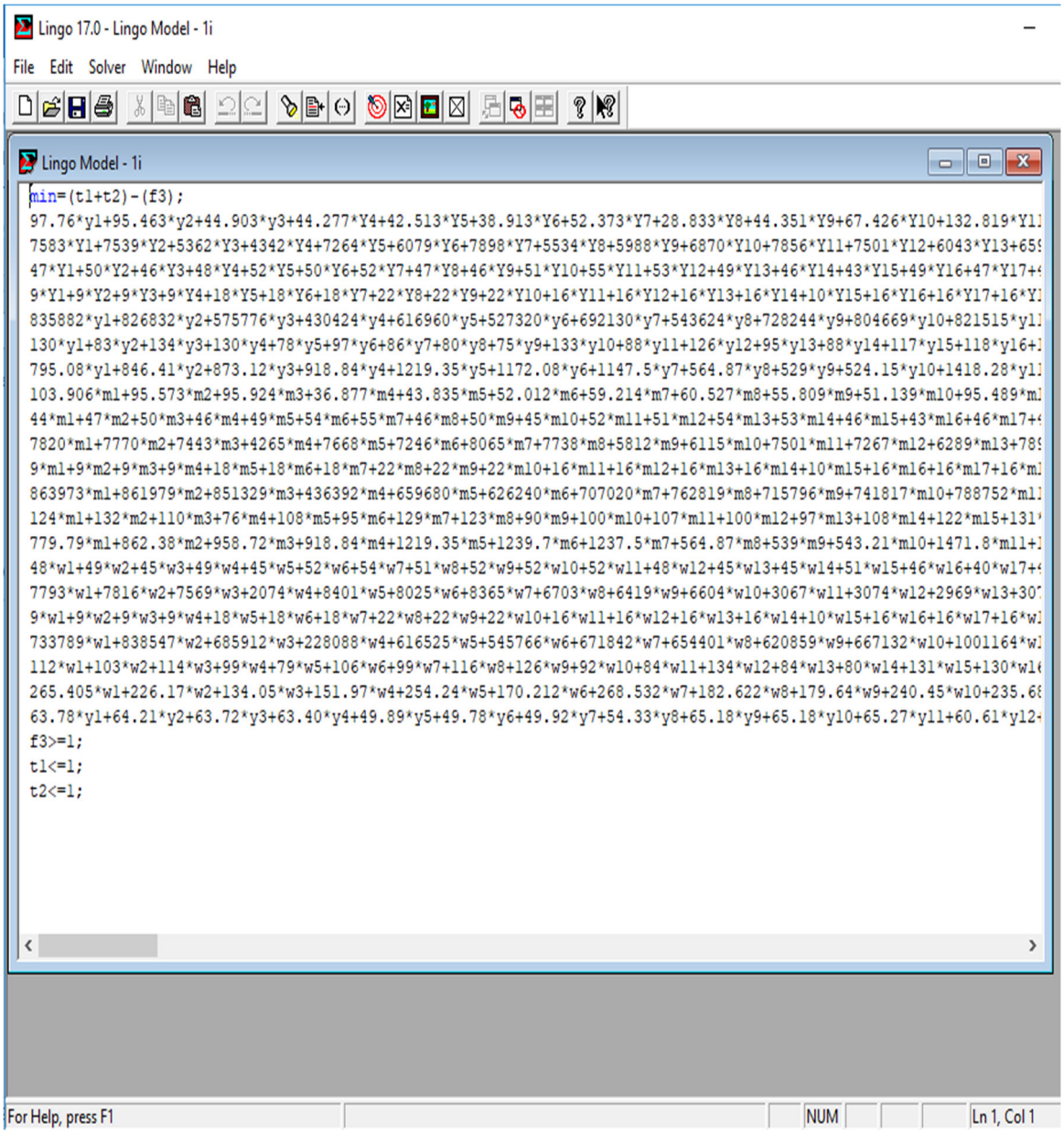
۱٥-علی امینی " علی بنیادی نائینی ، مهدی محمدی ، مهناز احدزاده نمین(۱۳۹۴) " ارزیابی عملکرد مدیریت فناوری و نوآوری در دو مرحله توانمندسازها و نتایج با استفاده از تحلیل پوششی دادهها"

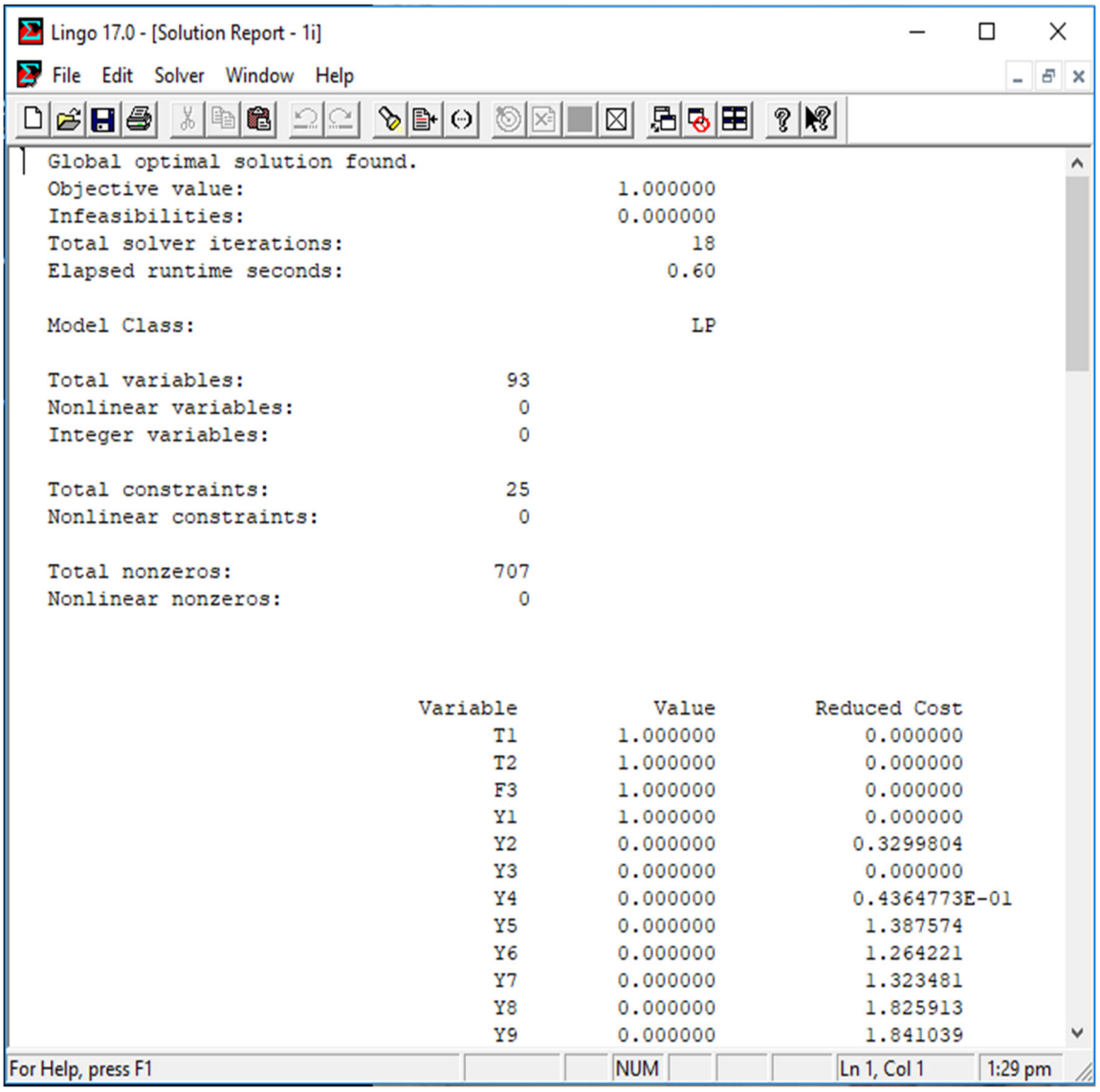
۱٦-عباس جهانگیری (۱۳۹٥) **" کاربرد تکنیک تحلیل پوششی داده ها در بیمارستان های ایران (مروری سیستماتیک)". فصلنامه بیمارستان،** شماره ۳ ، صفحات ۱۰۳-۱۲۴

۱۷-فیروز فلاحی ، کیومرث حیدری ، پویان کیانی ، محسن پورعبادالهان کویچ (۱۳۹٦) " تصحیح کارایی شرکت های توزیع برق ایران به وسیله عوامل محیطی: کاربرد تحلیل دو مرحله ایDEA و Tobit . اقتصاد انرژی ایران (اقتصاد محیط زیست و انرژی) .شماره ;24 صفحه 88 – 57

۱۸-بهنام نجف زاده ، سیاب ممی پور (۱۳۹۷)" بررسی عوامل موثر بر کارایی زیست محیطی صنعت برق ایران: رهیافت تحلیل پوششی داده ها و داده های ترکیبی"

پیوست


Lingo 17.0 - Lingo Model - 1i
File Edit Solver Window Help
Lingo Model - 1i
min=(t1+t2)-(f3);
97.76*y1+95.463*y2+44.903*y3+44.277*Y4+42.513*Y5+38.913*Y6+52.373*Y7+28.833*Y8+44.351*Y9+67.426*Y10+132.819*Y1
7583*Y1+7539*Y2+5362*Y3+4342*Y4+7264*Y5+6079*Y6+7898*Y7+5534*Y8+5988*Y9+6870*Y10+7856*Y11+7501*Y12+6043*Y13+65
47*Y1+50*Y2+46*Y3+48*Y4+52*Y5+50*Y6+52*Y7+47*Y8+46*Y9+51*Y10+55*Y11+53*Y12+49*Y13+46*Y14+43*Y15+49*Y16+47*Y17+
9*Y1+9*Y2+9*Y3+9*Y4+18*Y5+18*Y6+18*Y7+22*Y8+22*Y9+22*Y10+16*Y11+16*Y12+16*Y13+16*Y14+10*Y15+16*Y16+16*Y17+16*Y
835882*y1+826832*y2+575776*y3+430424*y4+616960*y5+527320*y6+692130*y7+543624*y8+728244*y9+804669*y10+821515*y1
130*y1+83*y2+134*y3+130*y4+78*y5+97*y6+86*y7+80*y8+75*y9+133*y10+88*y11+126*y12+95*y13+88*y14+117*y15+118*y16+
795.08*y1+846.41*y2+873.12*y3+918.84*y4+1219.35*y5+1172.08*y6+1147.5*y7+564.87*y8+529*y9+524.15*y10+1418.28*y1
103.906*m1+95.573*m2+95.924*m3+36.877*m4+43.835*m5+52.012*m6+59.214*m7+60.527*m8+55.809*m9+51.139*m10+95.489*m
44*m1+47*m2+50*m3+46*m4+49*m5+54*m6+55*m7+46*m8+50*m9+45*m10+52*m11+51*m12+54*m13+53*m14+46*m15+43*m16+46*m17+
7820*m1+7770*m2+7443*m3+4265*m4+7668*m5+7246*m6+8065*m7+7738*m8+5812*m9+6115*m10+7501*m11+7267*m12+6289*m13+78
9*m1+9*m2+9*m3+9*m4+18*m5+18*m6+18*m7+22*m8+22*m9+22*m10+16*m11+16*m12+16*m13+16*m14+10*m15+16*m16+16*m17+16*m
863973*m1+861979*m2+851329*m3+436392*m4+659680*m5+626240*m6+707020*m7+762819*m8+715796*m9+741817*m10+788752*m1
124*m1+132*m2+110*m3+76*m4+108*m5+95*m6+129*m7+123*m8+90*m9+100*m10+107*m11+100*m12+97*m13+108*m14+122*m15+131*
779.79*m1+862.38*m2+958.72*m3+918.84*m4+1219.35*m5+1239.7*m6+1237.5*m7+564.87*m8+539*m9+543.21*m10+1471.8*m11+
48*w1+49*w2+45*w3+49*w4+45*w5+52*w6+54*w7+51*w8+52*w9+52*w10+52*w11+48*w12+45*w13+45*w14+51*w15+46*w16+40*w17+
7793*w1+7816*w2+7569*w3+2074*w4+8401*w5+8025*w6+8365*w7+6703*w8+6419*w9+6604*w10+3067*w11+3074*w12+2969*w13+30
9*w1+9*w2+9*w3+9*w4+18*w5+18*w6+18*w7+22*w8+22*w9+22*w10+16*w11+16*w12+16*w13+16*w14+10*w15+16*w16+16*w17+16*w
733789*w1+838547*w2+685912*w3+228088*w4+616525*w5+545766*w6+671842*w7+654401*w8+620859*w9+667132*w10+1001164*w
112*w1+103*w2+114*w3+99*w4+79*w5+106*w6+99*w7+116*w8+126*w9+92*w10+84*w11+134*w12+84*w13+80*w14+131*w15+130*w1
265.405*w1+226.17*w2+134.05*w3+151.97*w4+254.24*w5+170.212*w6+268.532*w7+182.622*w8+179.64*w9+240.45*w10+235.6
63.78*y1+64.21*y2+63.72*y3+63.40*y4+49.89*y5+49.78*y6+49.92*y7+54.33*y8+65.18*y9+65.18*y10+65.27*y11+60.61*y12+
f3>=1;
t1<=1;
t2<=1;
For Help, press F1
NUM
Ln 1, Col 1


Lingo 17.0 - [Solution Report - 1i]
File Edit Solver Window Help
Global optimal solution found.
Objective value: 1.000000
Infeasibilities: 0.000000
Total solver iterations: 18
Elapsed runtime seconds: 0.60
Model Class: LP
Total variables: 93
Nonlinear variables: 0
Integer variables: 0
Total constraints: 25
Nonlinear constraints: 0
Total nonzeros: 707
Nonlinear nonzeros: 0
Variable Value Reduced Cost
T1 1.000000 0.000000
T2 1.000000 0.000000
F3 1.000000 0.000000
Y1 1.000000 0.000000
Y2 0.000000 0.3299804
Y3 0.000000 0.000000
Y4 0.000000 0.4364773E-01
Y5 0.000000 1.387574
Y6 0.000000 1.264221
Y7 0.000000 1.323481
Y8 0.000000 1.825913
Y9 0.000000 1.841039
For Help, press F1
NUM
Ln 1, Col 1
1:29 pm

Abstract

Today, organizations deal with many economic, environmental and social problems. To engage in sustainable activities, they have incorporated environmental and social concerns into conventional economic objectives. The CCPP is a good example of an open system with multistage processes and interconnected activities. Assessing the effectiveness of CCPPs is a complex task because there are a variety of inputs (outputs) that enter each stage of the network. In addition, there may be intermediate products consumed by the same power plants. We call such factors the Loop of intermediate measures. The developed Network Data Envelopment Analysis (NDEA) models have been used to measure the efficiency and effectiveness of CCPPs. The presented models are considered to evaluate the efficiency of power plants and their sub-divisions in the assumption of CRS (Constant Scale Efficiency) and input and input-output approaches.In this study, after examining the efficiency of power plants under the previous models and the developed model, we found significant changes in efficiency scores.

Keywords: Efficiency, Stability, Network Data Envelopment Analysis, Combined Input-Output Approach, Combined Cycle Power Plants

Shahroud University of Technology

Faculty of Management and Industry

Master's Degree in Industrial Management

Performance Measurement and Stability Assessment of Combined Cycle Powerplants Using NDEA Model with Different Approaches

Mahmoud Ghafarian Mazaheri

Supervisor :
Dr. Mojtaba Ghiasi

June 2019