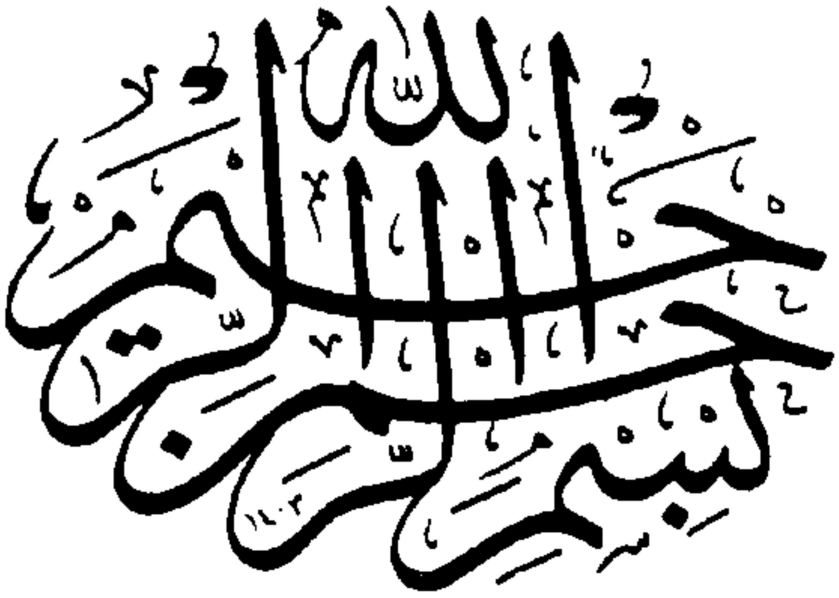

بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده مهندسی صنایع و مدیریت

پایان نامه کارشناسی ارشد اقتصاد- برنامه ریزی سیستم های اقتصادی

بهینه سازی پالایشگاه های گازی ایران با رویکرد زیست محیطی در چارچوب برنامه ریزی ریاضی

نگارنده:

مسعود مکاری

استاد راهنما:

دکتر مجتبی غیاثی

استاد مشاور:

دکتر علی امامی میبدی

بهمن۱۳۹۷

.

شماره: ۵۹۰۸
تاریخ: ۹۷/۱۱/۱۴

باسمه‌تعالی

مدیریت تحصیلات تکمیلی

فرم شماره (۳) صورتجلسه نهایی دفاع از پایان نامه دوره کارشناسی ارشد

با نام و یاد خداوند متعال، ارزیابی جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد آقای/خانم مسعود مکاری
با شماره دانشجویی ۹۵۱۴۲۳۴رشته: برنامه ریزی شهری گرایش معماری تحت عنوان بهینه سازی پالایشگاه های گازی ایران
با رویکردزیست محیط زیستی درچارچوب برنامه ریزی ریاضیکه در تاریخ ۹۷-۱۱-۰۹با حضور هیأت محترم
داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح ذیل اعلام می گردد:

قبول (با درجه: عالی) ☑ مردود ☐

نوع تحقیق: نظری ☑ عملی ☐

عضو هیأت داوران	نام ونام خانوادگی	مرتبهٔ علمی	امضاء
۱ـ استادراهنمای اول	دکتر غیاثی	دانشیار	
۲- استادراهنمای دوم	دکتر -		
۳- استاد مشاور	دکتر -	دانشیار	
۴- نماینده تحصیلات تکمیلی	مجید عامری		
۵- استاد ممتحن اول	دکتر رحیمی		
۶ـ استاد ممتحن دوم	دکتر میرباقری	استادیار	

نام و نام خانوادگی رئیس دانشکده:

تاریخ و امضاء و مهر دانشکده:

تبصره: در صورتی که کسی مردود شود حداکثر یکبار دیگر (در مدت مجاز تحصیل) می تواند از پایان نامه خود دفاع نماید (دفاع مجدد نباید زودتر از ۴ ماه برگزار شود).

سه خلق را خداداد برتری
وزین خلق،ندادش،وین برتری بردیگری

چوخواهی!به دیگربرشوی
پدرباش ومادر؛یاآموزگار،بردیگری

پدر،یاور ویارخلق
به مادراست،نهادست؛جان خلق

❊ ❊ ❊

به حکمت مشی او!
وزین خلق،آموزد دیگر خلق را،فضل او!

باپدر!ره فضل، هموارکرد
به مادرنغمه هاآغازکرد

که این؛ره و،این آوازتو
دگرآفرینم!آموزگار ست،یاروهمراز تو

❊ ❊ ❊

چو این سه! باتو!همره بر هم شوند
به حق!خلق؛یک به یک؛نکو نام شوند

چو این سه! وزیادت!روند
به حق! نام تو! وز یادها برند

خوشا به حال آن مردمان که باعشق ، زندگی دنیا رابه بازی میگیرند.

از تمام زحمات بی دریغ استادان بزرگوار وگران قدر راهنما دکتر مجتبی غیاثی و مشاور دکتر علی امامی میبدی و همچنین واحدهای مدیریت برنامه‌ریزی، پژوهش و فناوری شرکت بهینه‌سازی مصرف سوخت ایران و مرکز پژوهش وزارت نیرو در راستای پیشبرد هر چه بیشتر این پژوهش نهایت تشکر و قدردانی می کنم و از خداوند منان برای تمام عزیزان آرزوی سلامتی و توفیق روزافزون مسئلت خواستارم.

تعهد نامه

اینجانب مسعودمکاری دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته برنامه ریزی سیستم های اقتصادی دانشکده مهندسی صنایع و مدیریت دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه تحت راهنمایی دکترمجتبی غیاثی و مشاوره دکتر علی امامی میبدی متعهد میشوم.

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

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

تاریخ:

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج ، کتاب ، برنامه های رایانه ای ، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه شاهرود می باشد . این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود .

چکیده

در حال حاضر کشور ایران یکی از کشورهای در حال توسعه با چشم‌انداز توسعه‌یافتگی است. از مهمترین مسائل و دغدغه‌های مهم در مسیر توسعه پایدار، ایجاد حداکثرسازی تولید انرژی سبز و پاک به همراه تمامیت حفاظت محیط‌زیستی می‌باشد. بنابراین اولین اقدام برای افزایش کارایی و بهره‌وری اندازه‌گیری، تحلیل و برنامه‌ریزی و بهبود بخش‌های مدنظر است. در این پژوهش با بهره‌گیری از روش‌های کاربردی بنیادی تحلیل پوششی داده‌ها و فروض دسترسی آزاد به منظور اندازه‌گیری و ایجاد کارایی و بهره‌وری فنی- محیط‌زیستی و بهینه‌سازی ۱۲ پالایشگاه گازطبیعی مورد بررسی قرار گرفته شده است. بدین منظور در بررسی‌های تحقیق از روش‌های ورودی‌محور در واحدهای پالایشگاهی گازطبیعی از ۲ نهاده و ۲ ستانده استفاده شده است. نتایج حاصل از مدل‌ها و شاخص بهره‌وری نشان از کارآمدی و کارایی فنی- محیط‌زیستی پالایشگاه‌های فجر (کنگان)، خانگیران (هاشمی‌نژاد) و پارسیان در بین ۱۲ پالایشگاه گاز طبیعی در طی سال‌های ۱۳۹۴-۱۳۸۸ مورد بررسی دارد. از سویی با محاسبه شاخص بهره‌وری مالم‌کوئیست در بین پالایشگاه‌های گازطبیعی به طور متوسط ۶ پالایشگاه رشد مثبت و ۶ پالایشگاه دیگر رشد منفی بهره‌وری را در سال‌های تحت بررسی استخراج شده است. شاخص مالم‌کوئیست در این دوره زمانی ۱.۱۲۴ می‌باشد که این میزان ناشی از کارایی عملکرد فنی ۰.۹۸۴ و کارایی تکنولوژی ۱.۱۴۲ می‌باشد. لازم است با هدف به کارگیری از آنالیز داده‌ها و استفاده از ظرفیت‌های موجود، سهم تولید و کارایی در بخش اقتصادتولید و کارایی محیط‌زیستی پالایشگاه‌های گازطبیعی و نیروگاه‌های برق گازسوز به صورت چشم‌گیری افزایش یابد.

واژگان کلیدی:

کارایی فنی- محیط زیستی، پالایشگاه‌های گازطبیعی، تحلیل‌پوششی داده‌ها، نیروگاه‌های برق گازی، نیمه‌دسترسی، بازدهی‌به‌مقیاس

فهرست مطالب :

فصل یک کلیات تحقیق ۱

۱-۱ مقدمه ۲

۱-۲ طرح تحقیق و بیان مسأله ۸

۱-۳ ضرورت تحقیق **۱۱**

۱-۴ اهداف و فرضیات اساسی از انجام تحقیق ۱۵

۱-۵ نوآوری، ارزش و اهمیت تحقیق ۱۵

۱-۶ روش تحقیق ۱۵

۱-۷ خلاصه فصلها ۱۷

فصل دوم ادبیات و پیشینه تحقیق..... ۱۹

۲-۱ مقدمه ۲۰

۲-۲ مفاهیم کارایی و بهره وری ۲۲

۲-۳ پالایش گازطبیعی ۲۴

۲-۴ آلودگی زیست محیطی حامل های انرژی..... ۲۶

۲-۵ نیروگاه های برق با سوخت های مصرفی متفاوت ۲۸

۲-۶ رشد اقتصادی و بهره وری انرژی و محیط زیست ۲۹

۲-۷ مرور مطالعات پیشین ۳۰

۲-۷-۱ مطالعات داخلی..... ۳۱

۲-۷-۲ مطالعات خارجی ۳۳

فصل سوم روش تحقیق ۳۷

۳-۱ مقدمه ۳۸

۳-۲ روش جمع آوری اطلاعات ۳۹

۳-۴ معرفی روش تحلیل پوششی داده ها (DEA) ۴۰

۳-۵ مدل برنامه ریزی خطی واحدهای پالایشگاه گازطبیعی ۴۱

۳-۶ بهره وری سبز و شاخص اندازه گیری مالم کوئیست ۴۵

۳-۷ بازده به مقیاس در DEA ۵۰

۳-۸ معرفی مدل های دسترسی آزاد و نیمه دسترسی تحت بازدهی به مقیاس ثابت ومتغیر .. ۵۲

۳-۹ روش دسترسی آزاد ۵۴

۳-۱۰ روش نیمه دسترسی و ضریب آلایندگی ۵۶

۳-۱۱ نیمه دسترسی با دامنه درجه غیردسترسی ۵۸

۳-۱۲ مدل نیمه دسترسی تحت بازدهی متغیر به مقیاس VRS ۵۹

فصل چهارم تفسیر نتایج مدل ها ۶۱

۴-۱ مقدمه ۶۲

۴-۲ تجزیه و تحلیل نتایج داده های پالایشگاه های گازطبیعی ۶۴

۴-۳ شاخص بهره وری مالم کوئیست و مولفه های تاثیرگذار آن ۶۷

۴-۴ نمونه توضیحی درقالب مدل های دسترسی آزاد و نیمه دسترسی ۷۹

فصل پنجم نتیجه گیری و جمع بندی ۹۱

۵-۱ جمع بندی و نتیجه گیری پالایشگاه های گازطبیعی..... ۹۲

۵-۲ جمع بندی و نتیجه گیری از پیاده سازی مدل دسترسی آزاد و نیمه دسترسی درقالب نیروگاه های برق..... ۹۵

۵-۳ ارائه راهکار عملیاتی و اجرایی ۹۷

مراجع..... ۱۰۰

مراجع داخلی ۱۰۱

مراجع خارجی ۱۰۱

فهرست اشکال

نمودار(۱-۱) مقایسه مصرف انرژی‌های اولیه در جهان طی سال‌های ۲۰۱۵- ۱۹۶۵.....۳

نمودار(۱-۲) مقایسه درصد سهم مصرف انرژی‌های اولیه در جهان طی سال‌های ۲۰۱۶- ۱۹۶۵.....۴

نمودار(۱-۳) سرانه انتشار دی اکسید کربن درمناطق مختلف جهان درسال۲۰۱۴.....۶

نمودار(۱-۴) توزیع ذخایر گازطبیعی خاورمیانه درسال ۲۰۱۵ (درصد).....۹

شکل(۱-۵) مقایسه انرژی شدت مصرف انرژی با کارایی انرژی از ابتدای برنامه تا سال ۱۳۹۴.....۱۰

نمودار(۱-۶) مقایسه روند مصرف گازطبیعی و مصرف فرآورده‌های نفتی طی سال‌های ۱۳۹۵-۱۳۵۵.....۱۲

نمودار (۱-۷) مصرف سوخت در صنعت برق کشور از ابتدای برنامه تا سال ۱۳۹۵.....۱۴

نمودار(۲-۱) مقایسه تغییرات درصد سهم فرآورده‌های انرژی‌زا و گازطبیعی از کل مصرف از ابتدای برنامه تا سال ۱۳۹۵.....۲۱

شکل(۲-۲) فرآیند پالایش گازطبیعی.....۲۶

نمودار(۲-۳) میزان انتشار CO2، SO2، NOx از بخش‌های مختلف انرژی در سال ۱۳۹۴.....۲۷

شکل(۳-۱) بهره وری کل (شاخص مالم کوئیست) حالت های CRS و VRS.....۴۶

شکل(۳-۲) تفکیک شاخص های محاسبه کارایی لزوما فنی دردو رویکرد CRS و VRS ۵۲

شکل(۳-۳) مرزکارایی براساس فرض های اشکال مختلف دسترسی آزاد.....۵۶

نمودار(۳-۴) مرزکارایی با دامنه درجه نیمه دسترسی.....۵۹

نمودار(۴-۱)متوسط تغییرات شاخص مالم کوئیست ومولفه های آن ۷۴

نمودار(۴-۲) متوسط تغییرات بهره وری کل(MI) ۷۸

نمودار(۴-۳) متوسط خروجی فروض تحت بازدهی ثابت به مقیاس ۳۹ نیروگاه برق.....۸۵

شکل(۴-۴) : متوسط خروجی فروض تحت بازدهی متغیر به مقیاس ۳۹ نیروگاه برق ۸۶

فهرست جداول

جدول(۴-۱) نتایج استخراجی از مدل فنی- محیط‌زیستی EEPL1 پالایشگاه‌های گاز طبیعی.....۶۵

جدول(۴-۲) محاسبه متوسط روند تغییرات عملکرد پالایشگاه های گازی کشوربراساس EEPL1 طی سال‌های ۱۳۹۴-۱۳۸۸.....۶۶

جدول(۴-۳) تغییرات شاخص کارایی فنی پالایشگاه های گازطبیعی ۶۸

جدول(۴-۴) تغییرات شاخص کارایی فناوری و تکنولوژی پالایشگاه های گازطبیعی ۶۹

جدول(۴-۵) تغییرات شاخص کارایی خالص پالایشگاه های گازطبیعی.....۷۰

جدول(۴-۶) تغییرات شاخص کارایی به مقیاس پالایشگاه های گازطبیعی ۷۱

جدول(۴-۷) تغییرات شاخص بهره وری کل(مالم کوئیست) پالایشگاه های گازطبیعی.....۷۳

جدول(۴-۸) متوسط شاخص بهره وری مالم کوئیست هرواحد پالایشگاه گازطبیعی.....۷۵

جدول(۴-۹) متوسط تغییرات شاخص بهره وری مالم کوئیست درهرسال‌های۱۳۹۴-۱۳۸۸.....۷۷

جدول(۴-۱۰) متوسط نتایج نیروگاه های برق گازطبیعی-گازوئیل بامالکیت دولتی براساس فروض بازدهی ثابت به مقیاس(CRS) ۸۰

جدول(۴-۱۱) متوسط نتایج نیروگاه های برق گازطبیعی-گازوئیل بامالکیت خصوصی براساس فروض بازدهی ثابت به مقیاس(CRS).....۸۱

جدول(۴-۱۲) متوسط نتایج نیروگاه های برق گازطبیعی-گازوئیل با مالکیت دولتی براساس فروض بازدهی متغیر به مقیاس(VRS) ۸۲

جدول(۴-۱۳) : متوسط نتایج نیروگاه های برق گازطبیعی-گازوئیل با مالکیت خصوصی براساس فروض بازدهی متغیر به مقیاس(VRS).....۸۳

فصل یک کلیات تحقیق

۱-۱ مقدمه

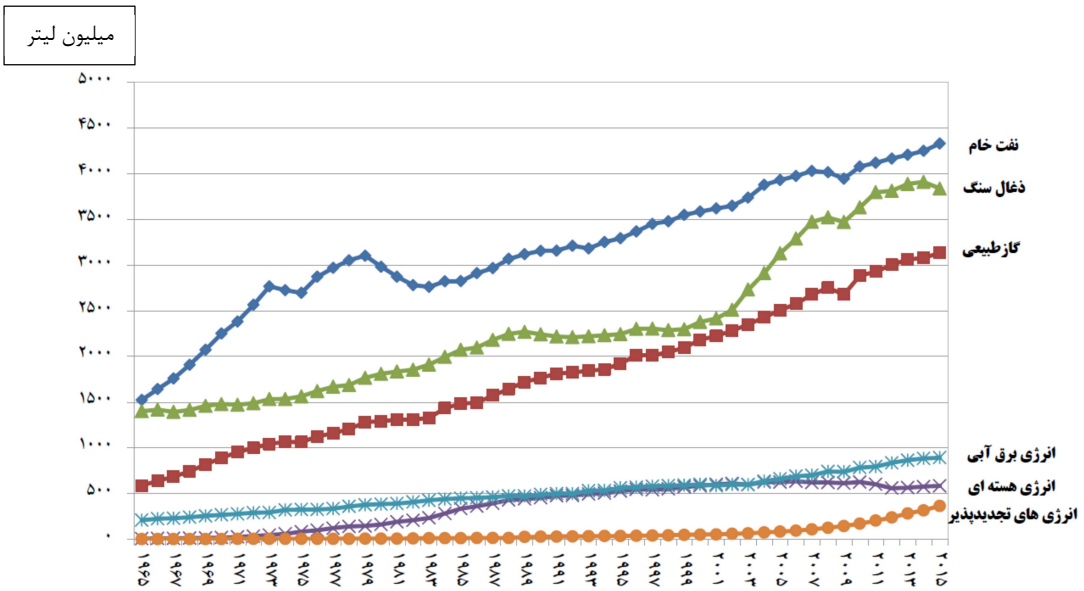
گاز طبیعی و برق (الکتریسیته) خدمتی ضروری برای زندگی عصر حاضر انسان ها می باشند تا راحتی انجام فعالیت های مختلف را تسهیل کنند و بدین منظور به عنوان یکی از عوامل مهم و نوعی از انرژی پاک و مناسب در جامعه بشمار می‌آیند. با توجه به رشد روزافزون جمعیت، نیاز به بهبود استانداردهای زندگی و صنعتی شدن تقاضا برای انرژی‌های پاک از جمله گازطبیعی به ویژه برق به طور تصاعدی افزایش یافته است. تقاضای روبه رشد برق را می‌توان متاثر از ساختار اقتصادی، تغییرات اقلیمی، ساختار تکنولوژی دانست. از طرفی با توجه به این افزایش تقاضا، انتظار می‌رود که استفاده از این منابع نیز افزایش یابد که ممکن است ناشی از کمبود منابع یا کاهش آن باشد. انرژی الکتریکی از منابع مختلف انرژی تولید می‌شود. برخی از این منابع انرژی تجدیدپذیرند درحالی که دیگر منابع غیرقابل تجدید هستند. برق از طریق تبدیل منبع انرژی الکتریکی می تواند از دو منبع تولید شود:

۱) انرژی ازمنابع غیرقابل تجدید مانند زغال سنگ، گاز، هسته ای، نفت

۲) انرژی‌های تجدیدپذیر مانند آبی، بادی، خورشیدی، زیست طبیعی و...

براساس آژانس بین المللی انرژی[1] یکی از منابع معتبرتحقیقاتی انرژی، آمار سال ۲۰۱۰ نشان می‌دهد که حدود یک چهارم از مصرف انرژی اولیه ازجمله گازطبیعی در سراسر جهان برای تولید برق مورد استفاده قرار می‌گیرد و ۸۱.۳ درصد از برق تولید شده از منابع غیرقابل تجدیدپذیر می‌باشد. در واقع طبق گزارش‌های موسسه مکینزی[2](۲۰۱۷) مقدار زیادی از انرژی مورد استفاده در سطح دنیا از منابع غیرقابل تجدید و با درصد آلایندگی بالا حاصل می‌شود. منابع غیرقابل تجدید انرژی عبارتند از منابع طبیعی که نمی‌توانند جایگزین شوند یا در عرضه محدود هستند. بسیاری از منابع انرژی غیرقابل تجدید برای کمک به تولید برق کشف شده است (IEA2015) .

[1] International Energy Agency (IEA)
[2] McKINSEY GLOBAL INSTITUTE-MGI



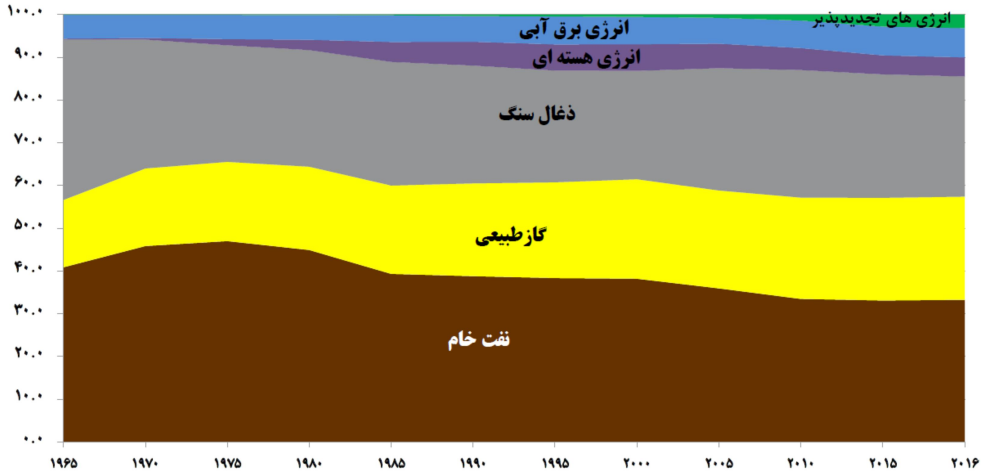
نمودار(۱-۱) مقایسه مصرف انرژی‌های اولیه درجهان طی سال های ۲۰۱۵- ۱۹۶۵

(آژانس بین المللی انرژی : IEA)

از این سویی دیگر با رشد ذخایر نفتی جهان و نوسانات چشمگیر قیمت نفت‌خام، قیمت نسبتاً پایین گازطبیعی در مقایسه با سایر حامل‌های انرژی و اهمیت سلامت محیط زیست، مهمترین رویکرد کشورها به استفاده از گازطبیعی است. گازطبیعی با وجود حجم عمده متان[۳] می‌توان گفت تقریباً نسبت هیدروژن به کربن چهار است که در این میان هیدروکربن‌های مختلف بزرگترین نسبت می‌باشد و هرچه به سمت هیدروکربن‌های سنگین‌تر پیش می‌رویم این نسبت کمتر و از سویی تولید دی-اکسیدکربن[۴] بیشتر و میزان آلایندگی آن‌ها نیز افزایش می‌یابد. از این رو رشد نگران کننده تولید گازهای گلخانه‌ای به ویژه دی‌اکسیدکربن و دی‌اکسیدگوگرد[۵] کشورها را در افزایش سهم گازطبیعی در سبد مصرف انرژی ترغیب می‌کند. پیش‌بینی‌ها حاکی از این موضوع است که به رغم تخلیه ذخایر محدود پراکنده گازطبیعی در دنیا و افول تولید آن‌ها رشد مصرف گازطبیعی بی‌وقفه ادامه یابد که بیش از نیمی از این افزایش تقاضا مربوط به نیروگاه‌های برق است. به طور مثال کشور ژاپن برنامه‌های جامعی به منظور حداکثر استفاده از ظرفیت موجود پالایشگاه‌های خود برای افزایش سهم تولیدی انرژی گازطبیعی و برق تا سال ۲۱۰۰ پیش‌بینی نموده است. در مباحث امروز انرژی و توجه به خروج

[3] CH4
[4] Carbon dioxide (CO2)
[5] Sulfur dioxide (SO2)

های نامطلوب و مطلوب تحت عنوان کارایی محیطی یا محیطزیستی در تمام بخش‌های انرژی در دستورکار پژوهشگران قرار گرفته است. دلایل بسیاری از پژوهشگران نبود شاخص مشخص در آسیب های زیستی ازجمله خاک، زیست‌بوم‌های مناطق مدنظر می‌باشد به همین دلیل بهترین معیاری که سازمان جهانی سلامت[۶] و کشورهای عضو پیمان پاریس[۷] بر آن در حال حاضر اکتفا کرده اند مربوط به انتشار گازهای گلخانه‌ای [۸] از منشاء پالایشگاه‌ها و نیروگاه‌های برق می‌باشد.



نمودار(۱-۲) مقایسه درصد سهم مصرف انرژی های اولیه در جهان طی سال های ۲۰۱۶- ۱۹۶۵

(آژانس بین المللی انرژی : IEA)

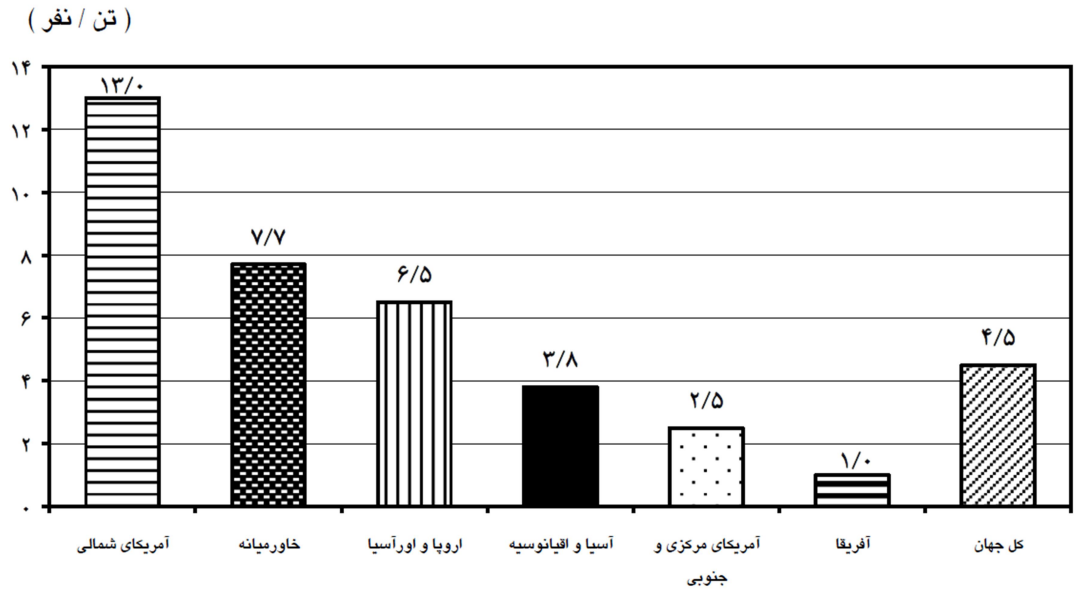
مصرف انرژی جهانی از نفت درسال ۲۰۱۱ ، به میزان ۴۰.۸ درصد به ثبت رسید است که البته در سال‌های پیشرو با شدت بیشتری مورد تقاضا قرارگرفته است. یکی ازبزرگترین چالش‌هایی که جامعه جهانی با آن روبه‌روست، یافتن راه‌حل‌هایی در مورد نحوه ارائه انرژی الکتریکی در موقعیت‌های مورد نیاز با هدف حداکثر بهره برداری بدون تولید آلودگی مورد استفاده می‌باشد. در برخی از مناطق حاشیه‌ای و دورافتاده نیروگاه دیزلی[۹] معمولا برای تامین برق استفاده می‌شود. با این حال با توجه به این که تولید برق توسط تولیدکنندگان دیزل هزینه‌های برق زیادی برای عملیات، سوخت و تعمیر و

[6] World Health Organization
[7] United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC)
[8] Greenhouse gas
[9] Diesel power generator (DDP)

نگهداری[10] دارد و یکی از عوامل تشدید آلودگی محیطزیست محلی و جهانی به شمار می‌آید (Rozali2016). به عبارتی دیگر با توجه به هزینه سرمایه‌ای دیگر بخش های تولیدی، این فناوری دیزلی نسبتا ارزان است ولی از مهمترین معایب استفاده از ژنراتورهای دیزلی در هزینه‌های بالای بهره‌وری و محیطزیستی آن‌ها می‌باشد. DDP یک نوع نیروگاه در بخش انرژی‌های برق است که سوخت فسیلی را به انرژی الکتریکی تبدیل می‌کند. این سیستم برای عملیات پایه بار (واحد انرژی الکتریسته) برای برنامه ثابت طراحی شده است و برای تولید برق در عملیات موازی با عملکرد عمودی و حالت جزرومد (یعنی نیروگاه جدا از سیستم توزیع اصلی) درنظرگرفته شده است. سیستم‌های کلان برق شامل شبکه‌های برق یا شبکه‌های متصل است که تولید، انتقال و توزیع انرژی الکتریکی را به مصرف کنندگان به عهده دارد. با پیشرفت تکنولوژی و ابزارهای جدید فناوری، نیروگاه‌های بزرگتر و خطوط انتقال طولانی‌تر ساخته می‌شوند تا برق بیشتری را برای جمعیت رو به رشد شهری و روستایی تأمین نماید . در نتیجه این شبکه‌های برق فوق‌العاده پیچیده و گسترده است و هر چه زمان می‌گذرد کار تنظیم‌کنندگان برای مدیریت و کنترل سیستم دشوارتر می‌شود.

از سویی با نشست تفاهم نامه بین‌المللی پاریس، سیاست آب و هوا توسط تصمیم‌گیرندگان مختلف در سطح محلی، ملی و بین‌المللی تحت تاثیر قرار گرفته است. معمولا پیاده‌سازی تصمیم-گیرندگان کشور به لحاظ اهداف و روش‌ها کاملا هماهنگ نیست و وجود چند لایه سیاست‌گذاری ممکن است رفتارهای استراتژیکی متفاوتی از بازیگران اصلی در سطوح مختلف بخش ها را که سعی در ارتقا موقعیتشان دارند تشویق ننماید.

[10] OPEX



نمودار(۱-۳) سرانه انتشار دی اکسید کربن درمناطق مختلف جهان درسال۲۰۱۴

(شرکت ملی پالایش و پخش فرآورده‌های نفتی)

دولت‌ها سیاست‌های کلان در ارتباط با مدیریت آلاینده‌های هوای منطقه‌ای نیز در دستور کار قرار داده‌اند، چرا که فرایندهای تولید اغلب شامل انتشار چندین گازسمی آلاینده آب و هوایی می‌شود. خطرات ناشی از سیاست آب وهوایی پیامدهای مهمی برای طراحی راهبردی و استراتژیکی کلان اقتصادی به همراه دارد، زیرا برهزینه‌های مقررات آب و هوایی تاثیر می‌گذارد. به عنوان مثال یک استراتژی مشترک برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای ترکیب مخلوط سوخت از سوخت‌های نفتی به سوخت‌های زیستی است که به عنوان کربن صفر به شمار می‌آید. با این وجود اگرچه چنین انتقالی ممکن است باعث کاهش شدید دی‌اکسیدکربن شود ولی سوخت‌های زیستی نیز اغلب منجر به افزایش اکسیدهای نیتروژن[۱۱]، ذرات‌جامد[۱۲]، منوکسیدکربن[۱۳] و انتشار مواد آلی[۱۴] در اتمسفر زمین می‌شود. در چند سال اخیر، وزارت نیرو کشور ایران در سیاست‌گذاری راهبردی به دنبال جایگزین سازی سوخت های پاک با سوخت‌های درصد کربن بالا (مثل زغال سنگ ونفت) بوده است تا حداکثرکاهش انتشار

[11] NOx (NO , NO2)
[12] PM
[13] Carbon monoxide (CO)
[14] VOC

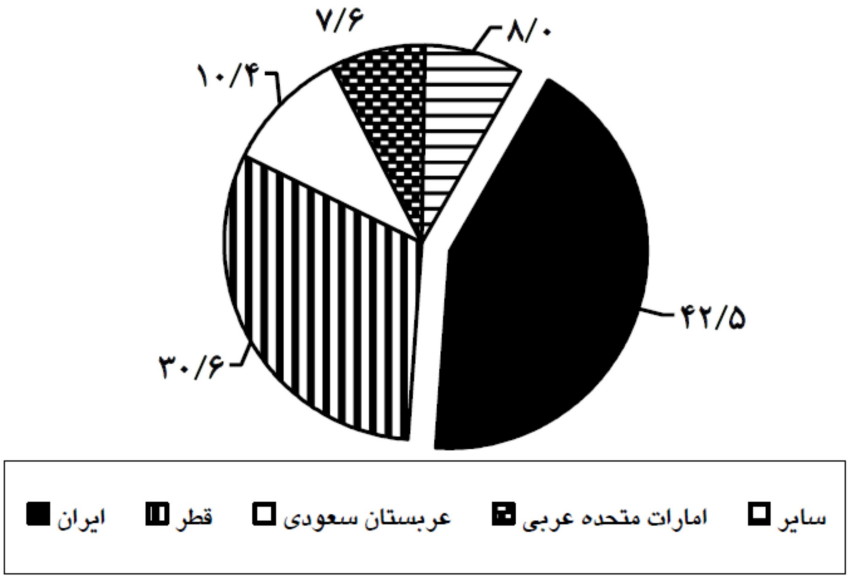
گاز کربن را در بر بگیرد، که گاز طبیعی همچنان یک گزینه با توجه به ذخایر غنی در اختیار کارشناسان می‌باشد؛ همچنین درنمونه‌ای مشابه جهانی می‌توان به کشور سوئد اشاره داشت که با چنین رویکردی توانسته بیشترین کاهش انتشار آلاینده‌ها با حداکثر تولید در صنایع راهبردی و استراتژیک پیاده سازی نماید. درهمه فرایندهای احتراق، انتشار گازهای گلخانه ای تولید شده توسط تأسیسات حرارتی دو منظوره[15] واحدهای انرژی به طور عمده بر میزان سوخت کربن افزوده می‌شود، درحالی که انتشار اکسیدنیتروژن و فعل و انفعال کنترل فشار دی‌اکسیدکربن و اکسیدنیتروژن باتوجه به ویژگی‌های طراحی هر نیروگاه برق متفاوت است. به طوری که متراکم‌سازی موتورهای احتراق معمولا با نسبت‌های هوا نسبت به سوخت کم و درجه حرارت احتراق بالاتر عمل می‌کنند که منجر به انتشار بالاتر اکسیدنیتروژن در هر واحد تولید انرژی می‌شود. بنابراین استفاده از موتورهای گاز احتراق جرقه‌ای که بر روی گازطبیعی عمل می‌کنند، تاسیسات حرارتی واحدهای انرژی را قادر می‌سازد تا میزان انتشار اکسیدنیتروژن را کاهش دهد، البته باید توجه داشت که انتشار گاز دی‌اکسیدکربن کمی افزایش می‌یابد. علاوه بر این اکسیدنیتروژن به طور عمده از یک واکنش شیمیایی غیرتصادفی (نامشخص) بین هیدروژن و اکسیژن در اتاق احتراق تولید می‌شود که این روند کاملا غیرخطی در درجه حرارت و سایر پارامترهای فرایند احتراق است که به منظور محدوده وسیعی برای کاهش اکسیدنیتروژن از طریق اقدامات مختلف فنی و الگوهای ریاضی بهره‌وری است. امکان سرمایه‌گذاری در زمینه فناوری‌های جدید معمولا نیاز به هزینه و بودجه‌های عظیم دارند و باعث انتشار دی‌اکسیدکربن حداقلی در خروجی می‌شوند. بکارگیری چنین فناوری های از جمله احتراق سیلندر سوخت دوگانه[16] به وضوح نیاز به هزینه‌های سرمایه‌گذاری دارد که نشان از تفاوت دیگ‌های بخار و ظرفیت کمپرسور آنها دارد. علاوه بر این بعضی از فناوری‌ها به صورت تجاری و سهل الوصول با توجه به ناپایداری و عدم اطمینان روابط سیاسی ومنطقه‌ای در دنیا غیر قابل دسترس می باشند. فرضیه‌ها و مواردی که در بالا بیان شد نشان از توجه ویژه بکارگیری استراتژی‌ها و ابزارهای با تکنولوژی ثابت و قابل دسترس در

[15]Combined Heat and Power (CHP)
[16]Tadem Compound (CT)

برهه‌های زمانی مختلف را می‌طلبد. یکی از این راهکارهای راهبردی و عملیاتی استفاده از شناسایی و اندازه‌گیری و ظرفیت‌شناسی کارایی و بهره‌وری موجود در سطوح اجرایی از جمله پالایشگاه‌ها، نیروگاه‌ها و صنایع مادر در بخش‌های مختلف کشورهاست. در مباحث اولیه برنامه‌ریزی ریاضی، کارایی به عنوان نسبت خروجی به ورودی اندازه گیری می‌شود. این امرنشان دهنده یک سطح عملکرد اولیه است که یک سیستم یا فرایند را توصیف می‌کند که ازکمترین مقدار ورودی‌ها برای ایجاد بیشترین میزان خروجی استفاده کند. اندازه‌گیری بهره‌وری و کارایی سیستم می‌تواند به عنوان یک ابزار توانمند برای شناسایی بهترین راه‌حل، تمرینات و ارتقاء بالقوه اقدامات و استراتژی‌های عملیاتی باشد. بهره‌وری انرژی با پتانسیل آن برای رسیدگی به تعدادی از چالش‌هایی که خدمات برق با آن مواجه می‌شود، برجسته می‌شود. این چالش‌ها شامل افزایش تقاضای برق و گازطبیعی مصرفی نیروگاه‌ها، کاهش ظرفیت عملیاتی و کاهش قابلیت اطمینان سیستم و انعطاف‌پذیری آن است. برای غلبه بر این سیستم اندازه‌گیری بهره‌وری از عملکرد سیستم اعمال می‌شود به طوری که منابع ناکافی فنی و عملیاتی یا عوامل دیگر تاثیرگذار را شناسایی می‌کند. مطالعات متعددی برای عملکرد کارایی نیروگاه-ها و پالایشگاه‌ها نفت و گاز از دید تزریق تکنولوژی صورت گرفته است ولی با این حال سیستم‌های تولیدی- محیط‌زیستی و توزیعی به ندرت به عنوان هدف اصلی تحقیقات در نظر گرفته شده است.

۱-۲ طرح تحقیق و بیان مسأله

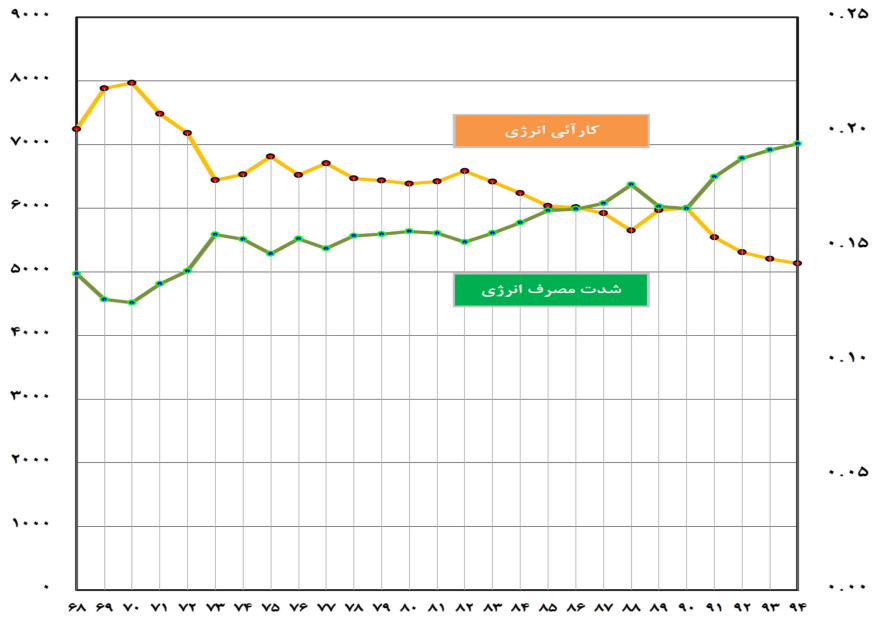
بر طبق آخرین برآورد ایران با در اختیار داشتن ۱۸۶.۹ تریلیون متر مکعب گاز یکی از بزرگترین دارندگان ذخایر گاز جهان است و طبق بررسی‌های ژئوپلیتیکی و زمین شناختی دو سوم حوزه جغرافیایی ایران هنوز اکتشاف جدید نفت و گاز صورت نگرفته است که کارشناسان این امر را عامل توسعه اقتصادی ایران در زمینه انرژی قلمداد می‌کنند.



نمودار(۱-۴) توزیع ذخایر گازطبیعی خاورمیانه درسال ۲۰۱۵ (درصد)

(شرکت ملی گاز ایران: N I G C)

دربررسی‌های صورت گرفته در جوامع جهانی معمولا سرانه مصرف انرژی درکشورهای توسعه یافته به دلیل برخورداری متنوع ازدستگاه‌ها و تجهیزات انرژی‌بر به دلیل درآمد سرانه بالا بیشتر می باشد ولی در دهه‌های اخیر به دلیل انجام اقداماتی که منجر به افزایش بهره‌وری در این کشورها صورت گرفته، مقدار رو به شدت مصرف انرژی در این کشورها تعدیل شده است.



نمودار (۱-۵) مقایسه شدت مصرف انرژی با کارایی انرژی از ۱۳۹۴-۱۳۶۸

(شرکت ملی گاز ایران: N I G C)

سرانه مصرف نهایی انرژی ایران دربخش‌های مختلف کشاورزی، خانگی، عمومی، صنعت به ترتیب ۳.۳ ، ۱.۹ ، ۱.۷ ، ۱.۵ برابر متوسط جهانی است و در مقایسه مصرف نهایی انرژی ایران به تفکیک حامل‌های انرژی درمقیاس جهانی نشان از مصرف نهایی گازطبیعی به میزان ۶/۲ و نفت خام و فرآورده های آن ۱/۶ برابرمتوسط جهان می باشد. از جمله دلایل و مشکلات در بخش تولید انرژی را می‌توان در بهره‌وری پایین بهره‌برداری در پالایشگاه‌ها و نیروگاه ها، مصرف بالای انرژی، اتلاف منابع در خطوط تولید و استفاده متنوع از تجهیزات و خدمات انرژی برق دانست.

در شرایط حاضر نیز با افت شدید قیمت نفت در عرصه بین الملل و به دنبال جایگزینی مناسب به جای نفت و آلایندگی‌های زیست‌محیطی فراوان این ماده سیاه در جهان باعث توجه روز افزون جامعه بین‌الملل به منبع و سوخت جایگزین و دوستدار محیط‌زیست از جمله گازطبیعی و برق شده است. گازطبیعی و برق با توجه به مسیرهای انتقال، تکنولوژی‌های جدید تولید، مصرف، قیمت‌گذاری و مسایل سیاسی از نقش غیرقابل انکاری در تأمین انرژی پاک جهانی برخوردار می‌باشند از این رو

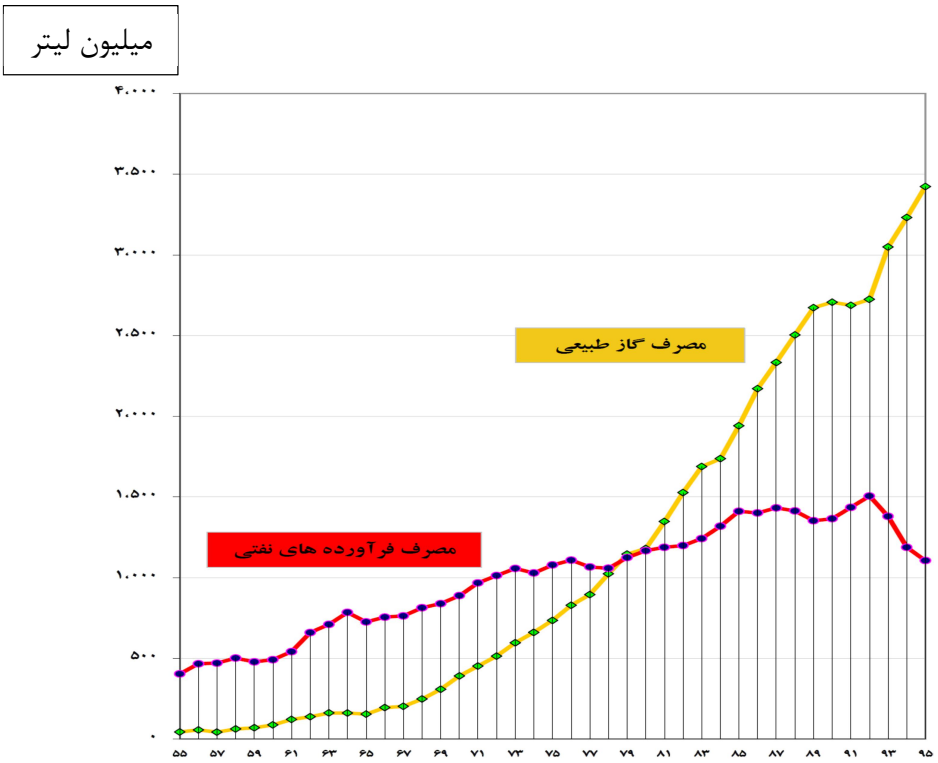
برنامه‌ریزی موثر و کاربردی در این تغییر روند تولیدی در این حوزه انرژی اعم از اقتصادی، سیاسی و اجتماعی به طور روزافزون احساس می‌شود که رویکرد همه جانبه در کشور را میطلبد. هدف ما از این پژوهش بررسی و شناسایی و ایجاد راهکار وارزیابی مدل سازی ریاضی تولیدی انرژی از پالایشگاه‌های گازطبیعی و بسط مدل برنامه‌ریزی کاربردی به طور نمونه در نیروگاه‌های برق با سوخت گازطبیعی در راستای حداکثرسازی تولید و کاهش آلاینده ها و آسیب‌های زیست محیطی آب و هوایی در مناطق بهره‌برداری ایست.

۱-۳ ضرورت تحقیق

با برآورد انجام شده پیش بینی آژانس بین المللی انرژی تقاضای جهانی گازطبیعی تا سال ۲۰۳۰ به دو برابر آن در سال ۲۰۰۲ خواهد بود که این امر توجه به بهینه‌سازی در تمام بخش‌های تولیدکننده انرژی سبز از جمله پالایش گاز و نیروگاه‌های برق را نیز دو چندان می‌کند (EIA2016).

از دیدگاه آلودگی آب و هوایی اغلب گازطبیعی و الکتریسیته به عنوان یک منبع انرژی پاک تر نسبت به بقیه حامل‌های انرژی فسیلی مورد توجه قرار می گیرد به طوری که برای تولید هر واحد انرژی نیمی از دی‌اکسیدکربن از طریق سوختن گازمتان در مقایسه بقیه سوخت‌ها تولید می‌شود. با این حال در طی فرایند استخراج و توزیع گازطبیعی و تولید برق مقداری ازمنابع برنامه‌ریزی نشده در زیر ساخت‌ها و صنایع میان‌دستی و پایین‌دستی تلف و وارد اتمسفر می‌شود، اگرچه این انتشارات اغلب از نظر اقتصادی کم اهمیت در نظر گرفته می‌شود ولی اثرات زیست‌محیطی آن نیز ناچیز و غیرقابل چشم پوشی نیست (EPA 2010[۱۸] Schweitzke et.al 2014[۱۷]).

[17] schweitzke et.al 2014
[18] United States Environmental Protection Agency (EPA)



نمودار(۱-۶) مقایسه روند مصرف گازطبیعی و مصرف فرآورده‌های نفتی طی سال‌های ۱۳۹۵- ۱۳۵۵
(شرکت ملی گاز ایران: N I G C)

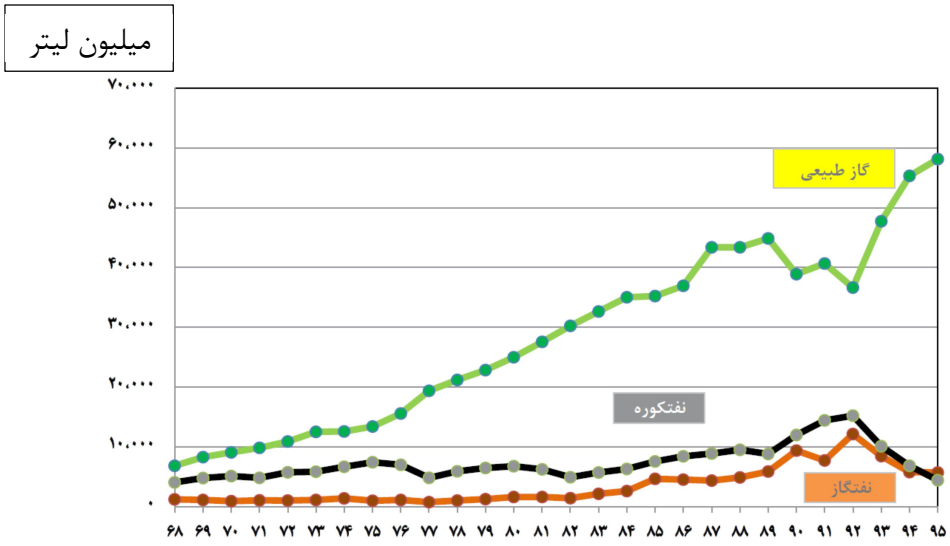
در شرایط امروزه کشورها بخش گازطبیعی و برق از تمام جهات مختلف اقتصادی، سیاسی، فرهنگی و اجتماعی از اهمیت قابل توجهی برخوردار است و از دیدگاه اقتصادی می‌تواند نقش مهمی را در بخش های مختلف اقتصاد (از جمله : تولید ناخالص داخلی، تثبیت سرمایه ملی و زمینه صادرات غیر نفتی و...) ایجاد نماید و از سوی دیگر ایران دارای منابع و تولیدکننده پتروشیمی و کامودیتی‌های قابل توجهی است که هر روزه بر تعداد آن ها افزوده شده، از این رو برق ،گاز و فرآورده‌های آن (گازمایع[۱۹]، گازطبیعی مایع[۲۰] و...) را به عنوان ابزارهای بنیادی و خوراک اصلی مورد استفاده قرار می دهند. توسعه پیوسته و هرچه سریع‌تر این بخش از انرژی موجبات افزایش ارزش‌افزوده و کاهش بهای تمام شده تولیدات بسیاری از منابع دیگر را فراهم آورده و از آن سو با جابه‌جایی نوع سوخت مصرفی از نفت به گازطبیعی در صنایعی که هم اینک از نفت به عنوان انرژی در تولیدات خود استفاده می

[19] Natural Gas Liquid (GTL)
[20] Liquefied natural gas (LNG)

کنند شرایط برای صرفه‌جویی‌های عظیم ارزی و ایجاد جریان معکوس آن در اقتصاد کلان کشور فراهم خواهد آورد.(وزارت نیرو و شرکت ملی گاز ایران ۱۳۹۵)

شرکت ملی گاز با ظرفیت اسمی پالایش و نم‌زدایی گازطبیعی کشور به میزان ۵۷۹.۲ میلیون متر مکعب در روز داراست. مجموع مصارف نهایی و مصارف بخش انرژی گاز طبیعی به میزان ۱۷۲.۵ میلیارد متر مکعب در کشور می باشد که ۶۴.۱ و ۳۵.۹ درصد از آن به مصارف نهایی و مصارف بخش انرژی اختصاص دارد.

با افزایش بی سابقه ۳۶.۹ درصدی مصرف گازطبیعی نیروگاه‌های برق کشور در سال ۱۳۹۴ نسبت به سال قبل به دلیل افزایش تولید گازطبیعی و اعمال سیاست تخصیص حداکثری گاز به بخش نیروگاهی و ادامه این روند؛ به منظور کاهش مصرف سوخت های مایع و کاهش آلودگی است ولی این امر بدون توجه به میزان اتلاف و هدر رفت در حین پالایش گاز و تولید برق در سطح کشور ایران است (وزارت نیرو۱۳۹۶). از سویی رقابت در قیمت برق که خود ناشی از امکان استفاده ازسوخت‌های متنوع در نیروگاه‌هاست عامل مهمی در توسعه بازار برق بوده است. قیمت برق تولیدی در نیروگاه‌های مختلف نهایتا می‌تواند متفاوت باشد زیرا تابعی از قیمت سوخت‌های به کار رفته است. بنابراین پیشرفت‌های فنی و بهره‌گیری از آنالیزداده ها و تحقیق در عملیات در صنعت تولیدی و توزیعی برق سهم به سزایی درکاهش قیمت نهایی برق دارد. بهره‌گیری عرضه‌کنندگان گاز طبیعی و برق از ابزارهای برنامه‌ریزی ریاضی و پیشرفت های فنی با توجه به نوسانات روابط بین‌المللی می‌توانند موجب گسترش رقابت و افزایش انعطاف‌پذیری قیمت در بازارهای داخلی و بین‌المللی با کمترین آسیب زیست‌محیطی شوند.



شکل(۱-۷) مصرف سوخت در صنعت برق کشور از ابتدای برنامه تا سال ۱۳۹۵

(وزارت نیرو)

از آنجایی که بخش اعظم گاز طبیعی مصرفی، در داخل کشور و همچنین گازطبیعی صادراتی به کشورهای هم جوار پس از پالایش و فرآورش تأمین و عرضه می‌گردد, نیاز است با استفاده از کارایی و بهره‌وری پالایشگاه‌های گاز و نیروگاه‌های برق با سوخت گازطبیعی در جهت حفظ از این منابع طبیعی خدادادی بهره لازم ببریم تا پالایشگاه های کشور از حداکثر امکانات و با کمترین میزان اتلاف و پسماند به تولید بهینه گاز طبیعی و برق قابل مصرف کشور ایران بپردازند (علی امامی ۱۳۹۴، افخمی اردکانی ۱۳۹۲).

این پژوهش به بررسی و محاسبه جامع پالایشگاه‌های گازطبیعی کشور و ارائه مدل جدیدی درقالب نیروگاه‌های برق با سوخت مصرفی گازطبیعی میزان کارایی و بهره وری آن‌ها با نگاه ویژه به شرایط زیست‌محیطی می‌پردازد که از اولویت‌های سیاستی حوزه نفت و گاز و صنعت برق کشور در راستای توسعه و رشد اقتصادی این بخش‌ها و افزایش حفاظت روزافزون از محیط‌زیست می‌باشد. پس با استفاده و بهره‌گیری از برنامه‌ریزی ریاضی و استراتژی مناسب و عملیاتی با تکنولوژی موجود می-توان از بیشترین ظرفیت تولیدی و کمترین هزینه های سیاسی، اجتماعی و اقتصادی در راستای توسعه پایدار بخش‌های مختلف انرژی قدم برداشت.

۱-۴ اهداف و فرضیات اساسی از انجام تحقیق

تحقیق حاضر با به کارگیری مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی کاربردی در زمینه پالایش گازطبیعی در راستای سیاست‌گذاری بخش کلان تولیدی و محیط‌زیستی به دنبال اهداف ذیل می‌باشد :

- ارزیابی عملکرد و کارایی فنی- زیست محیطی در حوزه پالایشگاه های گازطبیعی
- ارائه الگوی بهینه‌سازی پالایشگاه‌های گازطبیعی کشور ایران
- شناسایی و ظرفیت شناسی تولیدی پالایشگاه‌ها گازطبیعی
- کاهش سهم آلودگی محیط‌زیست و حداکثرسازی تولیدی بخش پالایشگاهی و نیروگاهی
- استفاده جامع و کاربردی مدل های برنامه ریزی ریاضی در راستای جهت دهی و اعمال نفوذ سیاست‌های کلان وزارت نیرو
- ارائه مدل توسعه ای وکاربردی در زنجیره گاز طبیعی

۱-۵ نوآوری، ارزش و اهمیت تحقیق

مهم‌ترین نوآوری‌های در این تحقیق می‌توان به بررسی بهینه سازی جامع در زمینه پالایشگاه-های گازی کشور و نیروگاه‌های برق گاز طبیعی با توجه ویژه به اثرات محیط زیستی دانست و با استفاده از روش‌های کاربردی برنامه‌ریزی ریاضی جدید در شناسایی و کاهش اتلاف منابع قابل دسترس و نگاه به ارتقای سهم تولید گازطبیعی و برق در بازار داخل و منطقه و تثبیت موقعیت جایگاه کشور ایران در اتحادیه مشترک گازی اشاره کرد.

۱-۶ روش تحقیق

در این پژوهش براساس به کارگیری روش کاربردی بهینه‌سازی برنامه‌ریزی ریاضی در قالب مدل تحلیل پوششی داده‌ها[۲۱] و با بهره‌گیری از فروض مدل جدید دسترسی آزاد[۲۲] و نیمه‌دسترسی[۲۳] برای

[21] Data envelopment analysis (DEA)
[22] disposability

ارزیابی پالایشگاه‌های گازطبیعی و ارائه آن ها در نمونه نیروگاه‌های گازسوز مدنظر قرار گرفته شده است، که به ترتیب اقدام به بررسی میزان کارایی و بهره وری اقتصادتولید و محیط زیستی ۱۲ پالایشگاه‌های گازطبیعی شامل پالایشگاه فجر، خانگیران، بیدبلند، مسجدسلیمان، سرخون- قشم، پارسیان، میمک و پارس جنوبی (فاز۱تا۱۸) در طی سال‌های ۱۳۸۸-۱۳۹۴ و از طرفی ۳۹ نیروگاه برق دولتی و خصوصی با سوخت مصرفی گازطبیعی درطی سال‌های ۱۳۹۰-۱۳۹۵ می‌پردازد، از این رو نهاده‌ها و ستانده‌های ما در پالایشگاه‌های گازی و نیروگاه‌های گازسوز این پژوهش شامل موارد ذیل می باشد :

* ورودی‌های پالایشگاه گازطبیعی :
  - ✓ میزان گاز ورودی از میادین گازی به پالایشگاه‌ها
  - ✓ میزان گازخالص خروجی در لوله ۵۶ اینچی
* خروجی‌های پالایشگاه گازطبیعی :
  - ✓ مقدار مصرف داخلی هر یک از پالایشگاه‌ها
  - ✓ میزان آلایندگی تولیدی (سوخت مشعل و ضایعات اسیدی)

* ورودی های نیروگاه های گازطبیعی :
  - ✓ قدرت اسمی
  - ✓ میانگین قدرت عملی
  - ✓ مصرف داخلی
  - ✓ متوسط کارکرد سالانه
* خروجی های نیروگاه های گازطبیعی :
  - ✓ تولید ویژه برق

[23] semi-disposability

- ✓ بازده حرارتی
- ✓ قدرت بهره‌برداری در شبکه
- ✓ گازهای آلاینده وگلخانه‌ای در حین تولید برق

در نهایت هدف ما از ارزیابی عملکرد این حوزه از انرژی در صنعت گازطبیعی به دنبال شناسایی، رتبه‌بندی و جهت دهی تصمیم‌گیران و مدیران انرژی، به دست آوردن مقادیر بهینه گازطبیعی با استفاده از مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی و نقاط ضعف و قوت و کارایی در زمینه اقتصاد تولید و محیط‌زیست که به عبارت کارایی فنی- محیط زیستی[۲۴] معرفی می‌شود، می-باشیم.

۱-۷ خلاصه فصل‌ها

این پایان نامه نیز از ۵ فصل تشکیل شده است، که فصول آن به شرح ذیل می باشد:

فصل اول: کلیات تحقیق از جمله مقدمه، طرح تحقیق و بیان مسئله، ضرورت انجام تحقیق و اهداف آن، نوآوری صورت گرفته در پژوهش و در نهایت روش و چگونگی انجام تحقیق بیان می‌شود.

فصل دوم: در این فصل به ادبیات و پیشینه تحقیقات داخلی و خارجی نزدیک به این پژوهش پرداخته می‌شود.

فصل سوم: در این فصل اقدام به معرفی روش تحقیق، مفاهیم و فروض مدل‌های بکارگیری شده در بخش‌های پالایشگاه‌های گازی و نیروگاه ها موردبررسی براساس بازدهی به مقیاس ثابت و متغیر می‌نماییم.

[24] Technical-environmental performance

فصل چهارم: در فصل چهارم با نتایج و خروجی‌های استخراجی از مدل‌های استفاده شده اقدام به تجزیه و تحلیل داده‌ها براساس شاخص‌ها و ابزارهای برنامه ریزی ریاضی وکارایی فنی- محیط‌زیستی واحدها مدنظر می‌پردازیم.

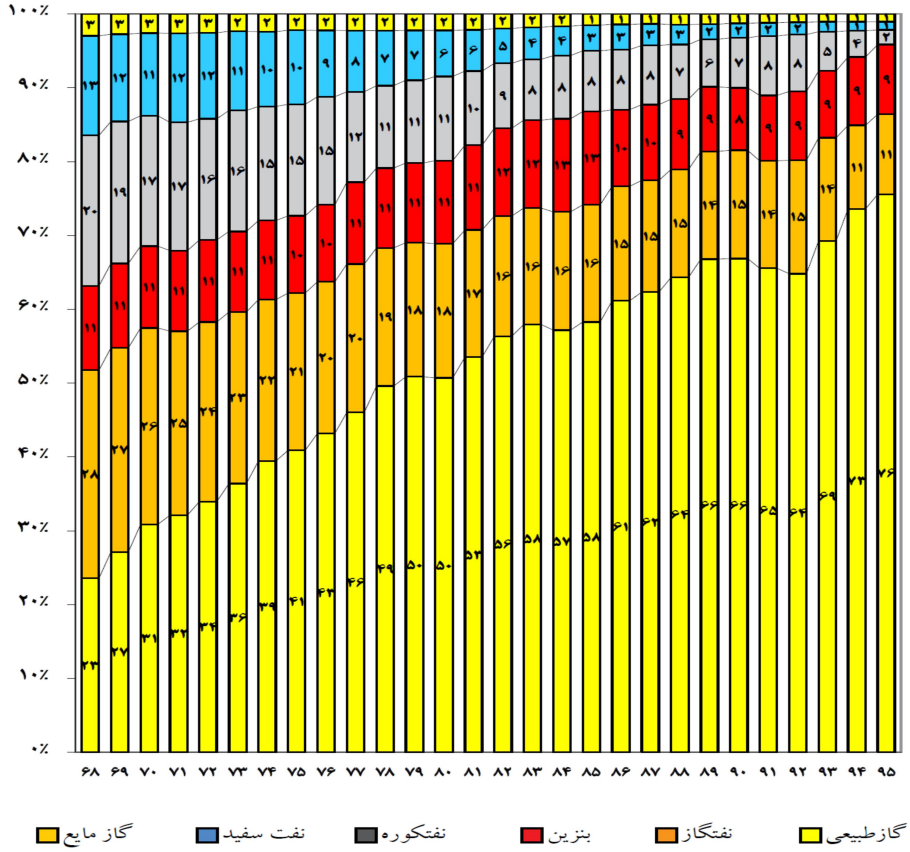
فصل پنجم: در نهایت در فصل آخر به نتیجه‌گیری از پژوهش انجام شده و بیان مشکلات پیشرو صنعت گازطبیعی و برق و ارائه پیشنهاداتی برای اصلاحات در این بخش از انرژی پرداخته خواهد شد.

فصل دوم ادبیات و پیشینه تحقیق

۲-۱ مقدمه

تمام برهه‌های زمانی بشر، حامل‌های انرژی به عنوان تعیین‌کننده اصلی انرژی شناخته می‌شوند که از جمله آن‌ها می توان به زغال سنگ، نفت، گاز، انرژی هسته ای، برق و انرژی‌های تجدیدپذیر[۲۵] اشاره نمود. پیش بینی‌های سازمان‌های فعال درحوزه‌های مختلف انرژی از جمله موسسات مکینزی و اویل‌مارکت[۲۶] نشان از روند روبه افزایش مصرف کل انرژی در طی سال‌های پیش روست. مشخصا میزان و سهم گازطبیعی و برق با توجه به رشد و نیازهای جوامع امروزی ضریب نفوذ بسیاربالایی را داراست. به طور کلی پیش‌بینی شده که رشد مصرف نفت‌خام نسبت به رشد مصرف گاز و برق درسال‌های آتی با توجه به رشد اقتصاد جهانی کاهش می‌یابد. مصرف انرژی در ایران در مقایسه با تولید ملی بسیار بالاتر از ارقام متداول برای متوسط جهانی است. به طوری که با بررسی بخش‌های مختلف مصرف‌کننده گازطبیعی درکشور می‌توان پی برد که کدام یک از این بخش‌ها نقش مهمی در تقاضای گازطبیعی دارند.

[25] Renewable energy
[26] Oil market



نمودار(۲-۱) مقایسه تغییرات درصد سهم فرآورده‌های انرژی‌زا و گازطبیعی از کل مصرف از ابتدای برنامه تا سال ۱۳۹۵ (شرکت ملی گاز ایران)

در سال ۱۳۹۵ سهم مصرف گاز طبیعی در بخش‌های صنعتی به میزان ۱۳ درصد، نیروگاهی به میزان ۳۰ درصد، خانگی به میزان ۴۴ درصد و سایر بخش‌ها دیگر ۱۳ درصد می باشد. با توجه به آمارها سهم مصرف گاز در سبد مصرفی انرژی ایران ازسایرحامل‌های انرژی پیشی گرفته است و به ویژه دربخش نیروگاهی و مصارف خانگی به تدریج جایگزین نفت شده است. در حال حاضر تولید روزانه تقریبا ۵۵۰ میلیون مترمکعب در روز است که طبق پیش بینی چشم انداز ۲۰ ساله با چالش-های فراوانی روبه‌روست و نیاز به بهبود مستمر از طرف مدیران ارشد و تصمیم‌گیران به خوبی احساس شده است. مصرف داخلی گاز به ویژه در بخش مصارف نیروگاه‌های برق در حال افزایش بوده و به دلیل صرفه اقتصادی تولیدی و محیط‌زیست گازطبیعی جایگزین نفت‌خام می‌شود.

شرکت‌های ملی گاز برای سرمایه‌گذاری ملزم به افزایش سود انباشته می‌باشد از این رو باید درآمدهای گاز به تدریج جایگزین درآمدهای نفتی به صورت مستقیم و جانبی شود، مانند تولید و فروش برق که می‌تواند ارزش افزوده به مراتب بالاتر با رویکرد ضد تحریمی را نقطه قوت آن دانست. با مطالعه و مرور تحقیقات انجام گرفته در شرکت‌های موفق بین‌المللی نشان می‌دهد که همه مدل-های بین‌المللی علیرغم وجود سازمان و سبک‌های مدیریتی مختلف، مدیریت یکپارچه زنجیره ارزش[۲۷] نفت و گازطبیعی و برق حاکم بوده است. همچنین در اغلب کشورها برنامه‌ریزی ریاضی و فعالیت‌های مرتبط با زنجیره ارزش گازطبیعی و برق به صورت رویکرد یکپارچه به صنعت گازطبیعی معطوف بوده و هماهنگی پیشرفت میان بخش‌های پالایش، تولید، مصرف نیروگاهی برقرار نموده‌اند. با وجود پیشرفت‌های چشمگیر برخی از کشورها و شرکت‌های بین‌المللی صنعت گازطبیعی در مراحل شکوفایی بوده و شرکت گاز ایران می‌تواند با تغییر تحول بنیادین و بهره‌گیری از برنامه‌ریزی و تحقیق در عملیات و فرصت های موجود به نحو احسن استفاده نماید.

۲-۲ مفاهیم کارایی[۲۸] و بهره وری[۲۹]

در مباحث علم اقتصاد تابع تولید عبارت است از حداکثر ممکن محصولی که از مقادیر مشخصی از مجموعه عوامل تولید به دست می آید. مسئله اصلی در اندازه‌گیری عملکرد بهره‌وری انرژی تعریفی از اصطلاح کارایی و بهره‌وری انرژی است. تعاریف مختلفی در مورد کارایی و بهره‌وری در حوزه انرژی وجود دارد که به طور کلی نسبت عملکرد خروجی‌های انرژی به میزان ورودی معمول‌ترین آن به حساب می‌آید. تعاریف مختلف کارایی و بهره‌وری انرژی منجر به استفاده از شاخص‌های مختلف برای نظارت برتغییرات در ساختار و عملکرد انرژی می‌شود که می‌تواند نتایج و پیامدهای بسیار متفاوتی را به دنبال داشته باشد. از آنجا که هیچ اندازه معناداری برای خدمات تولید انرژی در تمام بخش‌های مصرف انرژی وجود ندارد و به همین دلیل روش‌های مختلفی برای اندازه‌گیری کارایی انرژی در

[27] Value Chain
[28] Efficiency
[29] Productivity

ادبیات برنامه‌ریزی ریاضی حوزه انرژی ارائه شده است.درتئوری‌های تولیدی فرض می‌نماییم که بعضی از تولیدکنندگان غیرکارا هستند. به عبارتی دیگر بر روی مرز تابع تولید قرار ندارند. بدین منظور کارشناسان اقتصادی این امکان عدم کارایی در تولید را با تاکید بر مبانی و ساختار نظری اندازه‌گیری مدنظر خود قرار می‌دهند. پس برای تعیین میزان عدم کارایی یک بنگاه، باید از شاخصی با ملاک مقایسه‌ای استفاده نمود. اصولا معرفی انواع و روش اندازه گیری کارایی از طریق عملی ، براساس روش فارل صورت گرفت (فارل[۳۰] ۱۹۵۸). فارل در این مقاله مناسب‌ترین عملکرد یک بنگاه با عملکرد بهترین بنگاه‌های موجود در آن صنعت مورد مقایسه خود قرار داد که در واقع این روش به عنوان شاخصی برای اندازه‌گیری کارایی در توابع تولید معرفی می‌شود. براساس این روش فارل یک تولیدکننده به لحاظ فنی کاملا کارا است اگر تولید او بر روی مجموعه هم مقداری تولید باشد، که این امر توانایی بنگاه را برای به دست آوردن حداکثر محصول از مجموع عوامل تولید مشخص را منعکس می نماید. ازسویی بر مبنای این موضوع فارل عدم کارایی مدیریتی را نیز یکی از اجزای عدم کارایی می‌داند و این امر با عدم کارایی که بعضی اقتصاددانان اتلاف منابع نامیده‌اند مطابقت دارد. اتلاف منابع در اقتصاد بدین معناست که تولید مورد نظر می‌توانست با هزینه‌های مقداری و مالی کمتری از آنچه که صورت گرفته، حاصل شود. به طورکلی فارل کارایی را به سه نوع کارایی فنی، کارایی تخصیصی و کارایی اقتصادی تقسیم نموده بود. با این منظور کارایی فنی نشان دهنده میزان توانایی یک بنگاه برای حداکثرسازی تولید مشخص و کارایی تخصیصی نشان‌دهنده توانایی بنگاه برای استفاده از ترکیب بهینه عوامل تولید با توجه به قیمت آن‌ها می‌باشد. در حال حاضر با توجه به حفظ حداکثرسازی تولید واحدها و توجه ویژه آسیب ها و هزینه های اجتماعی از جمله محیط‌زیست کارایی فنی- محیط‌زیستی مورد توجه اکثر جوامع پیشرفته قرار گرفته شده است. یکی از استدلال‌های قوی این جوامع پیروی کردن از رویکردهای محیط‌زیست در تمام بخش‌ها به دلیل وجود ذات بهینگی با ساختار و شرایط متفاوت در زندگی روزمره است. به منظور ایجاد درک بهتر از کارایی مدل سازان اقتصادی بحثی تحت

[30] Farrell 1958

بهره‌وری نیز بیان می کنند. بهره‌وری یکی از مفاهیم مهم درمطالعات و بررسی‌های عملکرد بنگاه‌ها طی زمان می‌باشد. شاخص بهره‌وری بر مبنای مقایسه دوتایی می‌باشد که معمولا به عملکرد یک بنگاه در دو زمان مختلف اشاره می‌نماید و از طرفی می‌توان عملکرد یک بنگاه را در یک زمان مقایسه نمود. لازم به ذکر است مبحث اندازه‌گیری بهره‌وری یک بنگاه از یک صنعت ، یک حوزه نسبتا جدید تحقیق می‌باشد. در ابداع محاسبه بهره‌وری، شاخص مالم‌کوئیست و مقادیر کارایی حاصل از روش تحلیل پوششی داده‌ها استفاده گردید که این موضوع را می‌توان نقطه عطف ارتباط کارایی و بهره‌وری در بخش‌ها قلمداد نمود. شاخص مالم‌کوئیست[۳۱] توانسته بهره‌وری را به دو جزء تفکیک نماید که آن دو جزء عمده آن تحولات تکنولوژیکی و تغییرات درکارایی می‌باشد. این دو جزء از نظر تحلیلی و بنیادی به طور کامل متفاوت بوده و از نظر سیاست‌گذاری مسئولان و تصمیم‌گیران نیز اقدامات متفاوتی را می طلبد.

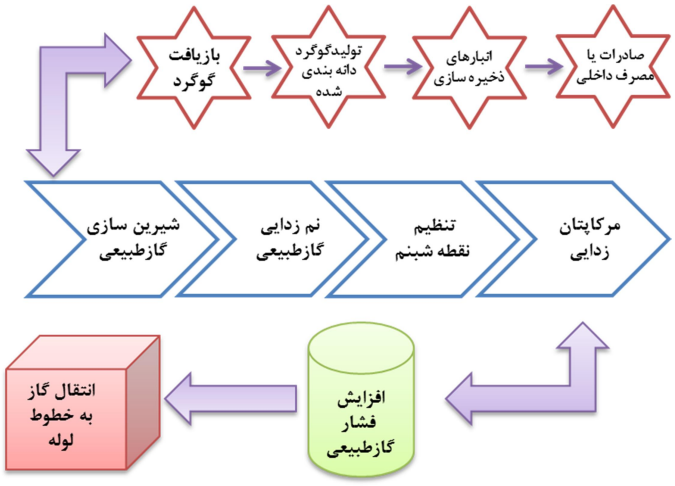
۲-۳ پالایش گازطبیعی

سهم گاز درسبد مصرف انرژی ایران از سایر حامل‌های انرژی پیشی گرفته است و به ویژه در بخش نیروگاه‌ها و مصارف خانگی به تدریج جایگزین نفت شده است. براساس پیش بینی موسسه مکینزی درسال ۲۰۱۷ انتظار می رود که میزان ذخایر اثبات شده گاز و قیمت‌های روزافزون آن، گازطبیعی را به سرعت به یک کالا منحصربه فرد استراتژی تبدیل نماید. از این رو نقش گازطبیعی به عنوان یک عامل بالقوه انعطاف‌پذیر و دارای ایجاد ارزش افزوده اقتصادی بالا در تولید برق نقش بسزایی در تامین امنیت ملی کشور ایفا نماید. کل زنجیره ارزش گاز شامل اکتشاف، توسعه، تولید، پالایش، انتقال و توزیع توسط وزارت نفت، شرکت ملی نفت ایران و شرکت ملی گاز ایران مدیریت می‌شود؛ که فعالیت‌های بالادستی ازجمله اکتشاف، توسعه و تولید در اختیار شرکت نفت و فعالیت‌های پایین‌دستی پالایش، انتقال و توزیع در اختیار شرکت ملی گاز می‌باشد.

[31] Malmquist index

در وضعیت فعلی با توجه به عدم موازنه عرضه و تقاضای گاز در سطح جهانی، تقاضای رو به رشد جهان و افزایش سهم گاز در سبد انرژی مصرف‌کنندگان، تولید و بازارهای مصرفی، اهمیت فناوری انتقال گاز، توجه مجامع بین المللی به حفاظت از محیطزیست و گرمای زمین استفاده هر چه بیشتر ازگاز طبیعی به عنوان پاک‌ترین سوخت فسیلی با توجه به منابع موجود درکشور می‌توان نتیجه گرفت که تغییرات مداوم و رو به رشد بازارهای داخلی و بین المللی گاز باعث ایجاد فرصت در عرصه صنعت گاز شده است. گاز تولیدی استحصال شده از مخزن اکتشافی به دلیل وجود ترکیباتی مانند سولفید هیدروژن[۳۲] و دی‌اکسیدکربن دارای ناخالصی است و تحت عنوان گازترش[۳۳] شناخته می‌شود. پس نمی‌توان به آن صورتی که از مخزن برداشت می‌شود در سیستم توزیع گازطبیعی وارد نمود. پالایش گاز و عمل تصفیه گاز در چند مرحله است. یکی از بخش ها به طورکلی مراحل شیرین سازی گازطبیعی است که مهمترین مرحله در یک پالایشگاه گازی بشمار می‌آید و هدف در این مرحله خارج نمودن ترکیبات مزاحم درون گازناخالص ورودی از جمله سولفیدهیدروژن و دی‌اکسیدکربن می‌باشد. نم‌زدایی از گازطبیعی نیز آب را از جریان گاز جدا می‌نماید و با تنظیم نقطه شبنم که یکی از پارامترهای مربوط به خاصیت فیزیکی گاز است میزان آب یا هیدروکربن مایع در فاز گازی را به میزان استاندارد می‌رساند. گاز در صنعت پالایشگاهی به عنوان گاز خشک معرفی می‌شود. در آخرین مرحله مربوط به جداسازی یکی از ترکیبات مزاحم در جریان گاز به نام مرکاپتان است که از نوع ترکیبات گوگردی است. پس از این مرحله می‌توان گاز تصفیه شده را وارد خط لوله نمود و برای مقاصدی چون مصرف داخلی، پتروشیمی ها، نیروگاه‌های برق یا صادرات مورد استفاده قرار داد.

[32] Hydrogen sulfide (H_2S)
[33] Sour gas



شکل۲-۲ فرآیند پالایش گازطبیعی

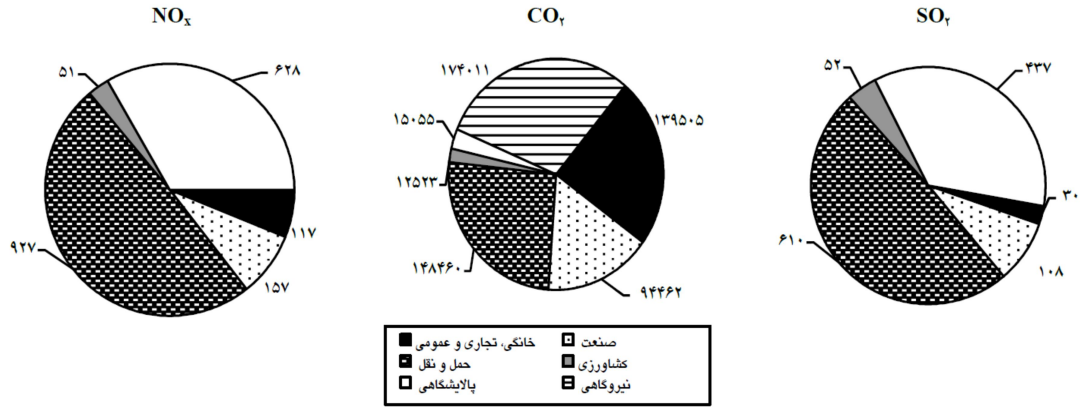
(کتاب صنعت نفت وگاز)

در پالایشگاه‌های گاز به دلیل وجود فرآیند شیرین‌سازی گازطبیعی و تولید آن گوگرد جزء جدا ناپذیری از پالایش گاز می‌باشد. در واحد تولید گوگرد با استفاده از ترکیب سولفیدهیدروژن جدا شده ازقسمت‌های مختلف فرایند تصفیه گازطبیعی به ویژه واحد شیرین‌سازی گوگرد بازیافت می‌شود. باتوجه به مراحل که در پالایش گازطبیعی عنوان شد این مراحل مشکلات مهمی را ازجمله مسائل زیست‌محیطی و کاهش عمر مفید تجهیزات و تامین نگه‌داری آن‌ها را در بردارد. از طرفی برای تامین انرژی فرایند پالایش، میزان گاز ورودی ناخالص مورد استفاده توسط مشعل‌های پالایشگاه قرار می-گیرد که با ایجاد احتراق درون مخزن برج های احتراق، گازهای آلاینده دیگر نیز وارد جو آب و هوایی منطقه می‌شود، که این مسائل را می‌توان از جمله دلایل مهم و قابل توجه مسئولین و تصمیم‌گیران نهایی در تولید بهینه گازطبیعی در سطح پالایشگاهی با رویکرد حفاظت محیط زیستی دانست.

۲-۴ آلودگی زیست محیطی حامل های انرژی

تحقیقات مشترک در دانشگاه‌های دنیا نشان می‌دهد که دستیابی با هدف کاهش انتشار گازهای آلاینده هزینه بسیار بالایی دارد، به این معنی که که خروجی های اقتصادی درتولید تحت تاثیر کاهش گازهای گلخانه ای قرار می‌گیرند. به طور کلی در هر فعالیت تولید اقتصادی، منابع انرژی بر تولید

خروجی مطلوب و خروجی نامطلوب به طور همزمان تاثیرگذار است و خروجی نامطلوب می‌تواند به عنوان محصولات جانبی تولیدات مطلوب را تحت شعاع قرار دهد (وانگ وهمکاران[۳۴]۲۰۱۸). بنابراین هزینه‌های کاهش حاشیه‌ای از انتشار گازهای گلخانه‌ای و آلاینده به عنوان هزینه فرصت برای کاهش یک واحد اضافی از میزان کربن‌دی‌اکسید و آلاینده‌های دیگر از نظر کاهش تولید آن واحد یا بنگاه بیان نمود (وو وهمکاران[۳۵]۲۰۱۸). در بخش حامل‌های انرژی و محیط‌زیست در کشور ایران بخش‌های حمل و نقل، پالایشگاهی و نیروگاهی بیشترین سهم در انتشار گازهای آلاینده از جمله دی‌اکسیدکربن و دی‌اکسیدگوگرد را به خود اختصاص داده اند. در سال ۱۳۹۶ سوخت‌های نفت کوره، نفت گاز و بنزین بیشترین سهم انتشار آلاینده‌ها و گازهای گلخانه‌ای سولفیدهیدروژن[۳۶] و دی‌اکسیدگوگرد و انتشار ذرات معلق[۳۷] و ... بوده است. در مقابل گازطبیعی در مقایسه با سایر سوخت‌های فسیلی، سوخت پاک به شمار می‌رود و کمترین مقدار آلایندگی را نسبت به بقیه حامل‌های سوختی را داراست (وزارت نیرو۱۳۹۶).



نمودار(۲-۳) میزان انتشار CO2، SO2، NOx از بخش‌های مختلف انرژی در سال ۱۳۹۴ (هزارتن)

(ترازنامه انرژی وزارت نیرو)

[34] Ke Wang et al.
[35] Jie Wu et al.
[36] H_2O
[37] SPM

با مقایسه سرانه انتشار گازهای آلاینده در کشور نسبت به سال‌های گذشته روند حدودا کاهشی را داشته ولی براساس استانداردهای جهانی به میزان قابل قبول کافی نبوده است. با توجه به بررسی های انجام گرفته دربخش پالایشگاهی سهم سوخت گاز طبیعی در انتشار گازهای گلخانه‌ای به میزان ۹.۳ هزار تن درسال ۱۳۹۵ و در بخش نیروگاهی در انواع نیروگاه‌ها با سوخت‌های متفاوت حدود ۵.۸ هزار تن بوده است که ارقام قابل توجهی است که می‌تواند از این میزان نیز کمتر باشد (آمارنامه شرکت ملی گاز۱۳۹۵). بنابراین می‌توان از طریق مدیریت مصرف، بهبود کیفیت سوخت‌های مصرفی، ترکیب حامل‌های انرژی، بهینه‌سازی مصرف سوخت در واحدهای بالادستی و پایین‌دستی، استقرار سامانه مدیریتی و نظارتی از جمله آر.اف.آی.دی[۳۸] میزان انتشار گازها را تثبیت و حتی کاهش داد.

۲-۵ نیروگاه های برق با سوخت های مصرفی متفاوت

اولین و مهمترین بخش صنعت برق، تولید آن می‌باشد، از این رو بخاطر هزینه بالای احداث واحدهای تولید برق و نقشی که واحدها در تامین برق به عهده دارند لازم است همواره احداث نیروگاه ها و تامین و نگهداری از تمام واحدها با دقت و برنامه ریزی هرچه روزآمدتر و با کارایی بیشتر صورت گیرد.

براساس اقدامات انجام شده توسط دست اندرکاران صنعت برق در سال ۱۳۹۶ ، ظرفیت‌های نیروگاه-های کشور در همان سال به میزان ۲۴۷۲ مگاوات بوده است و ظرفیت نصب شده کل نسبت به سال ۱۳۹۶ ، ۳.۲ درصد رشد داشته و به ۷۸۹۰۰ مگاوات رسید. میزان تولید شده در سال ۱۳۹۶ با رشدی معادل ۸.۱ درصد نسبت به سال قبل ۳۱۲ میلیارد کیلو وات ساعت بالغ گردید که این مقدار ۳۰۴ کیلو وات آن تولید نیروگاه‌های وزارت نیرو و بخش خصوصی است و مابقی آن مربوط به صنایع بزرگ بوده است.

[38] RFID

در حال حاضر متوسط راندمان نیروگاه‌های گازی موجود حدود ۳۱.۴ درصد است. پس بدون ساخت نیروگاه‌های جدید و بدون مصرف سوخت بیشتر می توان با استفاده از ابزارهای برنامه‌ریزی و تحقیق در عملیات شاهد افزایش راندمان و حداکثری تولید برق با مقدار ثابت مصرف سوخت واحد بود. بهره‌گیری واحد های ساده گازی و ترکیبی یکی از مهمترین اقدامات در صنعت برق در راستای حفاظت از محیط‌زیست و بهبود شرایط زندگی مردم است و نقش موثری در صرفه جویی در مصرف سوخت دارد. این موضوع درسال‌های اخیر دردستورکار قرار گرفته است. با یادآوری این نکته که درصد بالایی از برق مصرفی کشور از محل نیروگاه‌های گازی و حرارتی تامین می‌شود، دو دستاورد مهم کاهش سوخت و افزایش راندمان که دو مقوله مهم در بخش تولید برق به شمار می‌آیند. البته استفاده از ظرفیت قانونی، بهره مندی از منابع مالی حاصل از صرفه جویی سوخت و بکارگیری الگوهای برنامه-ریزی کاربردی نیازمند توجه ویژه صاحب نظران و مدیران ارشد وزارت نیرو در دوره‌های متمادی بیش از پیش احساس می‌شود.

۲-۶ رشد اقتصادی و بهره وری انرژی و محیط زیست

ضرورت رشد و توسعه و حل مشکلات اقتصادی موجود در این مسیر کشورها را با مسئله مهمی تحت عنوان کمیابی منابع مواجه می‌سازد. بدون شک هدف از رشد و توسعه جامعه بشری افزایش سطح رفاه مردم می‌باشد. یکی از عوامل مهم و تعیین‌کننده افراد، برخورداری از امکانات موجود درجامعه در بالاترین سطح ممکن می‌باشد که در اقتصاد تحت عنوان سطح رفاه زندگی یاد می‌شود. بدین خاطر بدون وجود کارایی و بهره‌وری و قدم گذاشتن در مسیر این دو نمی‌توان انتظار برخورداری و ایجاد رفاه کافی در سطح زندگی مردم خود را داشت. آگاهی نسبت به میزان کارایی و بهره‌وری و چگونگی روند تغییرات آن درطی زمان در تحقق اهداف رشد اقتصادی و تامین رفاه جامعه کمک شایان و قابل توجهی خواهد نمود. لازم به یادآوری است که درجهان کنونی میزان تقاضا در مقایسه با عرضه کالا و خدمات به طور فزاینده رو به افزایش است که ایجاد و برقراری توازن فقط از طریق

افزایش سطح کارایی و بهره‌وری امکان پذیر خواهد بود (امامی میبدی۱۳۸۸). در عصر حاضر، توسعه اقتصادی، با افزایش فشار ناشی از تهی شدن منابع طبیعی و تخریب محیط‌زیست مشکلات زیست محیطی متعددی مثل آلودگی هوا، گرمای زمین و هزینه های اجتماعی، اقتصادی و سیاسی گسترده-ای برای جامعه جهانی و کشورمان به وجود آمده است. دراین راستا برای حل این معضل کارایی فنی- محیط زیستی و بهره‌وری سبز و به دنبال آن رشد و توسعه اقتصادی پایدار مطرح گردید است. به عبارتی دیگر با بهره گیری از کارایی فنی- محیط زیستی و بهره‌وری با رویکرد محیط‌زیستی در فرآیند تولید می‌توانیم زمینه توسعه و رشد اقتصادی پایدار در تمام بخش‌ها از جمله انرژی به منظور افزایش سطح و میزان بهره‌وری درکل اقتصاد، افزایش اشتغال، کاهش تورم، افزایش سود و ارزش افزوده، کاهش ضایعات، افزایش کیفیت و دوام کالاها و خدمات تولیدی برقرار نمود.

۲-۷ مرور مطالعات پیشین

براساس بررسی و تحقیقات صورت گرفته در منابع داخلی در زمینه‌های کارایی فنی، اقتصادی و تخصیصی از دیدگاه‌های ارزیابی عملکرد پالایشگاه ها و برخی نیروگاه ها و صنایع سنگین به صورت جزئی تحقیقاتی با هدف آسیب شناسی واحدها[۳۹] صورت گرفته است ولی تحقیقاتی که بتواند زمینه ارتباط بین رشته‌ای علمی و ارائه مدل های برنامه‌ریزی ریاضی درسطح عملی و در زمینه‌های اقتصادتولید و کارایی فنی- محیط زیستی در راستای زنجیره ارزش آفرینی بهینه با تکنولوژی دراختیار نشان دهد صورت نگرفته است. اما در مطالعات خارجی مختلفی در سایر کشورها با استفاده از تکنیک‌های برنامه‌ریزی ریاضی خطی و تغییر و توسعه در آن‌ها صورت گرفته است که در پیشینه مطالعات داخلی و خارجی به آن ها اشاره می‌کنیم.

[39] DMU

۲-۷-۱ مطالعات داخلی

از تحلیل پوششی داده‌ها در بخش‌ها و نهادهای مختلف ازجمله بیمارستان ها، بانک ها و ... به منظور اندازه‌گیری کارایی (فنی، اقتصادی و...) استفاده شده است و همچنین از این روش درخصوص صنعت برق و سیستم‌های توزیعی این حوزه استفاده‌هایی شده است. با جست‌وجوهایی که در صنایع بالادستی و میان‌دستی انرژی سبز و فسیلی صورت گرفت موارد محدودی از کارایی فنی- محیط زیستی در برخی واحدهای صنعتی پرداخته شده بود و پژوهشی که کارایی فنی- محیط زیستی را به همراه ابزارهای اختصاصی و کاربرد ریاضی به کار گرفته شده باشد، مشاهده نگردیده است. لازم به ذکر است از منابع داخلی می‌توان به کتاب‌های حوزه نفت و گاز دکتر درخشان و کار پژوهشی دکتر امامی و همکاران (۱۳۸۸) که به بررسی کارایی فنی و بهره وری ۲۵ نیروگاه‌های برق بخاری، گازی و سیکل ترکیبی در طی سال‌های ۱۳۸۶-۱۳۸۸ کشور اشاره داشت. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد ناکارایی بازده به مقیاس بیشترین تأثیر را روی ناکارایی فنی دارد و رشد بهره‌وری در طی سال موردبررسی ۱.۵ درصد به دلیل تاثیرپذیری از تغییرات تکنولوژیکی بوده است. نصرالهی و همکاران (۱۳۹۱) درمقاله اندازه‌گیری کارایی صنایع تولیدی ایران کارایی نسبی صنایع تولیدی طی برنامه سوم و چهارم توسعه کشور در سال‌های ۱۳۸۵-۱۳۷۹با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها از منظر آلاینده‌های محیط‌زیستی مورد بررسی قرار داده اند. نتایج این تحقیق حاکی از کارا بودن تنها صنعت تولید تلویزیون و دستگاه ها و وسایل ارتباطی بوده است و نشان می دهد ۱۷ صنعت از میان ۲۱ صنعت مورد بررسی جزء صنایع ناکارا بوده اند. به عبارت دیگر در این سال تنها ۲۰ درصد از واحدها کارا بوده و از منابع خود به درستی استفاده نموده اند. امامی و جایدری (۱۳۹۳) در پژوهشی اقدام به اندازه‌گیری زیست کارایی پالایشگاه‌های نفت ایران با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها نموده اند و با استفاده روش تحلیل پوششی داده‌ها ستانده محور با در نظر گرفتن خروجی نامطلوب زیست کارایی واحدهای نفتی را مورد ارزیابی قرارداده‌اند. نتایج نشان می‌دهد که پالایشگاه بندرعباس کاراترین پالایشگاه نفت طی دوره ۱۳۸۸-۱۳۸۲ همراه با زیست کارایی مثبت بوده است. نتایج رگرسیون توبیت

نیز نشان از تأثیر منفی سوخت های نفت و گاز و نفت کوره بر زیست کارایی دارد و هر چه پالایشگاه-ها در حدی بیشتر از ظرفیت اسمی نفت‌خام پالایش کنند، زیست‌کارایی پالایشگاه بیشتر کاهش می-یابد. ابریشمی و نیاکان در پژوهشی تحت عنوان اندازه گیری کارایی فنی نیروگاه‌های حرارتی کشور ایران به روش تحلیل مرزی تصادفی[40] و مقایسه تطبیقی با کشورهای منتخب در حال توسعه اقدام به بررسی ۲۲ واحد حرارتی برق پرداختند. نتایج حاکی از آن بود که میانگین کارایی فنی۴۰ نیروگاه‌های حرارتی برابر ٪۹۳ می‌باشد و افزایش ظرفیت نصب شده نیروگاهی و تغییر نوع سوخت مصرفی از گازوئیل و نفت کوره به گازطبیعی به طور معنی داری برکارایی فنی نیروگاه ها می افزاید. میانگین کارایی فنی در۲۲ کشور منتخب در حال توسعه بین سال‌های ۲۰۰۳-۲۰۰۶ به میزان ٪۹۱.۷ می‌باشد. حسینی و همکاران (۱۳۹۵) اقدام به تجزیه و تحلیل کارایی فنی پالایشگاه‌های نفت ایران توسط یک مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای فازی چند هدفه در طی سال‌های ۱۳۹۲-۱۳۸۹ مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج نشان داد که متوسط کارایی پالایشگاه‌های نفت ایران در طی مورد مطالعه با استفاده از مدل پیشنهادی از ۰.۷۶ درصد تجاوز نکرده است. امامی میبدی و همکاران (۱۳۹۶) در مطالعه‌ای کارایی فنی و زیست‌کارایی ۱۶ نیروگاه حرارتی منتخب ایران را در طی سال‌های ۱۳۹۴-۱۳۹۰ با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها برمبنای مدل ستانده محور[41] مورد ارزیابی قرار داده اند. نتایج حاصل شده از این پژوهش نشان‌دهنده میانگین کارایی فنی نیروگاه‌های تحت بررسی بین ۷.۸۴ و ۴.۸۸ درصد و میانگین زیست‌کارایی واحدهای مذکور بین ۷.۸۵ و۱.۹۰ می‌باشد. پیشنهادات این پژوهش در راستای حفظ و افزایش کارایی نیروگاه‌های کشور، تأمین تجهیزات لازم و افزایش ظرفیت منصوبه هر نیروگاه و توجه ویژه در توسعه نیروگاه‌های گازی و سیکل ترکیبی ازجمله گازطبیعی به عنوان سوخت نیروگاهی می‌باشد.

[40] stochastic frontier analysis (SFA)
[41] BBC

۲-۷-۲ مطالعات خارجی

لاورنس و ژو[۴۲] (۱۹۹۹) در پژوهش بنیادی در زمینه حساسیت طبقه بندی بازگشت به مقیاس[۴۳] با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها اقدام به بررسی مقادیر بهینه در مجموعه از فرمول‌های خاص تحلیل پوششی داده‌ها از منظر بازدهی ثابت، افزایشی و کاهشی در طبقه‌بندی کنونی بازگشت به مقیاس (RTS) انجام داده‌اند. نتایج حاصل از این تحقیق نشان از برآورده طبقه بندی بازگشت به مقیاس (RTS) و کشف مناطق مشابه آن با روش‌های مبتنی بر ورودی و خروجی کدهای تحلیل پوششی داده‌ها امکان پذیر می باشد. دیوید هاودن و همکاران[۴۴] (۲۰۰۳) در پژوهشی با استفاده از مدل تحلیل پوششی داده‌ها و داده‌های موجود اتحادیه گازی بین‌الملل در ۶۱ کشور به ارزیابی ورودی و خروجی های طیف گسترده‌ای از عملکرد صنایع برق و گاز در مقیاس بین المللی پرداخته است. اگرچه داده‌های مربوط به تولید گاز و قیمت نسبتا فراوان است ولی متاسفانه تقسیم بندی در قسمت-های انتقال و توزیع و یا ذخیره‌سازی در صنعت در دسترس نبوده وکارایی فقط یک مقایسه کلی از تولید و هزینه که نشان دهنده متوسط بهره‌وری در ٪۷۸ در بازده به مقیاس ثابت[۴۵] است به عنوان مدل اصلی پذیرفته شده است. چلن[۴۶] (۲۰۱۳) عملکرد کارایی شرکت‌های توزیع برق ترکیه را از طریق تجزیه و تحلیل مرز تصادفی (SFA) تحلیل کرد. هدف مطالعه چگونگی عملکرد کارایی مناطق توزیع برق تحت تأثیر همگرایی بین مناطق توزیع مورد توجه او قرار گرفته بود. نتایج بررسی کارایی او نشان از این امر دارد که شرکت‌هایی که عمدتا مشتریان آن‌ها مشترکین مسکونی هستند بیشتر از سایر شرکت‌ها می‌باشد. ژو و همکاران[۴۷] (۲۰۰۸) با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها به اندازه‌گیری کارایی بهره‌وری انرژی کل اقتصاد پرداخته است. در این مطالعه، چارچوب تولید از خروجی‌های مطلوب و نامطلوب چندین مدل برنامه‌ریزی خطی برای اندازه‌گیری کارایی بهره‌وری انرژی در سطح

[42] LAWRENCE & ZHU
[43] RTS
[44] D Hawdon et al.
[45] CRS
[46] Cheln
[47] Zhou

اقتصادی ارائه شده و از طرفی با توجه به خروجی‌های نامطلوب، مدل‌های منابع مختلف انرژی را به عنوان ورودی‌های مختلف مورد استفاده قرار داده است. در نهایت با توجه به دسترسی به داده‌ها، مدل پیشنهادی نیز می‌تواند برای سنجش کارایی انرژی اجزای پایین‌تر از قبیل کارخانه‌های تولید برق استفاده شود. یوچین و همکاران[۴۸] (۲۰۱۸) کارایی انرژی، بهره‌وری انتشار دی‌اکسیدکربن و هزینه‌های مربوط به کاهش آن در منطقه‌ای چین را با استفاده از تلفیق تجزیه و تحلیل ورودی- خروجی و تحلیل پوششی داده‌ها مورد بررسی قرار دادند. هدف از این مطالعه کارایی انرژی، بازده انتشار دی-اکسیدکربن و هزینه‌های مربوط به کاهش هزینه‌های منطقه‌ای چین در سال ۲۰۱۲ با در نظرگرفتن کربن قابل انتقال به دیگر کشورها بوده است. نتایج پژوهشگران نشان داد که مناطق تولید گازهای گلخانه‌ای اثرات کارایی و هزینه‌های کمتری نسبت به مناطق تحت تأثیر این آلاینده می باشد و در بین این گروه از لحاظ بهره‌وری انرژی و راندمان انتشار گازهای گلخانه‌ای تفاوت معنی‌داری وجود دارد، در حالی که تفاوت‌های قابل توجهی در رابطه با هزینه‌های کاهش انتشار دی‌اکسیدکربن است. در مطالعاتی دیگر می‌توان تحقیقی از شین و همکاران[۴۹] (۲۰۱۸) با عنوان بهینه‌سازی ورودی برای کاهش خروجی‌های نامطلوب با خطرات ریسک زیست‌محیطی با استفاده از یک مدل تحلیل پوششی داده‌ها در چین مشاهده کرد. هدف از این پژوهش ارائه یک روش قابل قبول کنترل حجم گازها با بهینه‌سازی منابع ورودی و یک روش پیشنهادی نوآورانه به منظور محاسبه انتشار حساسیت گازهای خروجی و تعدیل شاخص‌های ورودی می‌باشد. نتایج این تحقیق نشان از فزاینده بودن بیش از حد شاخص‌های ورودی به جز نیروی کار و میزان زیاد نرخ انتشار گازهای گلخانه، انتشار دی‌اکسیدگوگرد و مصرف زغال سنگ است که به ترتیب ۷۸ و ۶۷.۱۸ و ۶۱.۱۸ درصد می‌باشد. مقادیر این گازهای آلاینده به غیر از پکن، تیانچین و شانگهای بیش ازحد مجاز تعیین شده نشان می‌دهد. تن و سوسویی (۲۰۱۱) با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها اقدام به اندازه‌گیری کارایی خروجی‌های مطلوب و نامطلوب تاسیسات برق آمریکا نموده‌اند. آن‌ها با استفاده از مدل تحلیل پوششی داده‌ها برای اندازه-

[48] Yu Cheng et al.
[49] Shain et al.

گیری راندمان کلی کارخانجات برق آمریکا به وسیله خروجی‌های مطلوب و نامطلوب نشان دادند که خدمت عمومی مدیریت و بهره‌وری محیطی در بین سال‌های ۲۰۰۰-۱۹۹۶ بهبود یافته است. چند سال بعد سیوشی و گوتو[۵۰] (۲۰۱۷) در مطالعه خود با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها به ارزیابی کارایی زیست‌محیطی و تأثیرپذیری آن از صنعت نفت در سال‌های ۲۰۱۰-۱۹۸۰ پرداختند. در این مطالعه خروجی‌های مدل به خروجی‌های مطلوب و خروجی‌های نامطلوب طبقه‌بندی شده است. علاوه بر این مالکیت بخش خصوصی و دولتی بودن صنعت نفت در هر کشور در تحلیل مورد استفاده قرار گرفته است. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که شرکت ملی نفت که تحت مالکیت دولتی قرار دارد با عدم کارایی بیشتری نسبت به شرکت های بین المللی نفتی که تحت مالکیت بخش خصوصی هستند. سیوشی و گوتو (۲۰۱۷) در مطالعه‌ای دیگر در پی پژوهشی قبلی خود در سال ۲۰۱۷ با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها به ارزیابی کارایی زیست‌محیطی در بخش صنعت انرژی با سوخت های فسیلی و غیرفسیلی طی سال‌های ۲۰۱۳-۱۹۷۱ پرداختند. در این مطالعه نیز خروجی‌ها به دو قسمت مطلوب (خوب) و نامطلوب (بد) تقسیم شده است. علاوه بر این همراه با بحث و توضیحاتی در مورد روند انرژی جهانی در نتایج خود بیان می‌کنند که مدل‌های جدید تحلیل پوششی داده‌ها بهترین روش ارزیابی اقتصادی، اجتماعی و محیطی- عملیاتی در جامعه مدرن می باشند که می‌توان مورد بهره-برداری قرار بگیرند.

[50] Sueyoshi and Goto

فصل سوم روش تحقیق

۳-۱ مقدمه

یکی از محرک‌های اصلی کاهش هزینه نگه‌داری و عملیات تولیدی و زیست‌محیطی پالایشگاه‌ها و نیروگاه‌های برق و صنایع سنگین کشور ایران توجه ویژه به برنامه‌ریزی و کنترل تولید می‌باشد. بدین منظور برنامه‌ریز برای اجتناب از در هم ریختن مراحل تولید، جداسازی و مقاومت کمتر در برابر آلودگی اقدام به برنامه‌ریزی واحدها می‌کند. چون سوخت یک هزینه عمده عملیاتی در بخش پالایشگاه‌ها و نیروگاه‌های برق کشور است پس محرک برای کمپرسورها و مشعل‌های سوخت و تغییرات فناوری کارایی می‌تواند فشار و مشخصات جریان دلخواه را تعیین کند. بنابراین با به روزرسانی و ارتقا برای افزایش کارایی واحدهای قدیمی و جدید باید تا حد امکان پالایشگاه‌ها و نیروگاه‌های کشور به صورت دوره‌ای ارزیابی شوند. با استفاده از سیکل بهینه‌سازی با تکنولوژی قابل استحصال در بخش میان‌دستی صنعت انرژی کشور می‌توان پارامترهایی از جمله افزایش سود، کاهش هزینه تولید، کاهش رفع ضایعات، بهبود کیفیت و سلامت محیط‌زیست در حداکثری خود قرار بگیرد. ارزیابی وکارایی فنی و زیست‌محیطی یکی ازشروط لازم توسعه پایدار اقتصادی است. یکی از روش‌های رایج برای ارزیابی بهینه‌سازی کارایی، تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) یک روش غیرپارامتری برای ارزیابی کارایی نسبی واحدهای تصمیم‌گیری همگن (DMU) با ورودی و خروجی‌های متعدد است. کارایی فنی- محیط‌زیستی خروجی‌های مطلوب تولید شده در طول فرایند تولید و همچنین خروجی نامطلوب مانند زباله و آلاینده را در نظر میگیرد. به این دلیل است که خروجی‌های نامطلوب تصمیم-هایی است که انتظار دارند، اما معمولا در طول فرایند تولید واقعی با خروجی مطلوب ظاهر می‌شوند. مدل DEA با خروجی‌های نامطلوب توسط فار و همکاران[۵۱] در سال ۱۹۸۹ ارائه شده است و سپس رویکرد DEA برای بررسی مسئله ارزیابی محیطی در سراسر جهان به طور گسترده‌ای مورد استفاده قرار گرفته است. همچنین پیشنهادات فروض یکپارچه قوی و ضعیف برای خروجی‌های نامطلوب مبنی بر مطالعات پیشین DEA برای ارزیابی فنی متمرکز شده بودند. با توجه به فرض قوی قابل‌دسترسی

[51] Fare et al.

خروجی‌های نامطلوب ممکن است آزادانه کاهش یا بدون هزینه در تصمیم گیری تصمیم گیرندگان کاهش یابد. از طرفی با توجه به فرضیه قابل‌دسترسی خروجی‌های نامطلوب باید نسبت به خروجی-های مطلوب کاهش یابد، زیرا تولید مشترک تولیدات مطلوب و نامطلوب در این مورد رخ می دهد. کوزمنن و همکاران[۵۲] در سال ۲۰۱۱ در پژوهشی استدلال کرد که فرض قوی قابل‌دسترس از خروجی‌های نامطلوب مستلزم آن است که مقدار محدودی از ورودی می‌تواند مقدار نامحدود خروجی نامطلوب تولید کند که از لحاظ فیزیکی غیرممکن است. یانگ و پولیت[۵۳] (۲۰۱۰) بر ضرورت تشخیص فرض ضعیف و قوی قابل‌دسترس در میان نتایج نامطلوب در ارزیابی محیط‌زیست تاکید کردند و مدل را برای تشخیص آن‌ها براساس ویژگی‌های فنی خروجی‌های نامطلوب پیشنهاد داد. سیوشی و گوتو (۲۰۱۴) استدلال کردند که با فرض ضعیف قابل‌دسترسی برای خروجی‌های نامطلوب، کاهش خروجی های نامطلوب با کاهش خروجی مطلوب رخ می‌دهد که نمی‌تواند منافع تلاش‌های مدیریتی و نوآوری-های تکنولوژیکی را در بازده محیط‌زیستی منعکس کند. با این حال فرضیه‌های مختلف قابل‌دسترسی برای خروجی‌های نامطلوب منجر به مجموعه‌ای از فعالیت‌های تولیدی مختلف تولید می‌شود که ممکن است نتایج ارزیابی متنوعی داشته باشد. بنابراین برای ارزیابی فنی و محیط‌زیستی DEA توسعه یک فرضیه علمی صرفه‌جویی در مورد خروجی‌های نامطلوب ضروری است که هدف مطالعه حال حاضر است. به طور کلی بزرگترین کاستی و مشکلات فروض ضعیف و قوی قابل‌دسترسی این است که این فروض نمی‌توانند ویژگی‌های متنوع خروجی‌های نامطلوب مختلف را در طی تولید واقعی شرح دهند.

۳-۲ روش جمع آوری اطلاعات

در این تحقیق به دلیل حساسیت و لزوم دقت بالای داده‌ها در به کارگیری از مدل‌های برنامه ریاضی سعی در بررسی دقیق و تطبیق داده‌ها با کمترین خطا می‌باشد به همین منظور از نظر جمع

[52] Kvzmnn
[53] Young and Polit

آوری داده‌ها از داده‌های کتابخانه‌ای و اکثر پایگاه‌های داده‌ای از جمله آمارنامه شرکت ملی گاز، مرکز پژوهش و فناوری وزرات نیرو و سازمان محیط‌زیست، شرکت پخش نفت و فرآورده‌های آن و مرکز پژوهش شرکت بهینه‌سازی مصرف سوخت حداکثر بهره گرفته شده است.

۳-۴ معرفی روش تحلیل پوششی داده ها (DEA)

یک روش معمول برای سنجش کارایی بهره وری انرژی درکل اقتصاد، ابتدا تغییر در مصرف انرژی یا شدت انرژی کل بر تعدادی از عوامل تجزیه شده موثر و سپس تغییرات شدت انرژی در همان سطح یا بخش‌های پایین برای ارزیابی کارایی انرژی به کار گرفته می‌شود. مطالعات بهره‌وری مبتنی بر انرژی عمدتا مربوط به اندازه‌گیری تغییرات بهره‌وری انرژی در طول زمان در یک واحد خاص (به طورمثال یک کشور) با یک بخش مصرفی (به طور مثال پالایشگاه‌ها آن کشور) می‌باشد که تعداد اندکی از آن‌ها برآوردهایی از عملکرد بهره‌وری انرژی نهادها وستانده های مختلف مورد استفاده قرار گرفته است. در تجزیه و تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) به تازگی به طورگسترده‌ای برای ارزیابی عملکرد بهره‌وری بخش‌های مختلف انرژی مورد استفاده قرارگرفته است. پیشینه DEA در سال ۱۹۷۸ توسط کارنس و همکاران بوده که یک رویکرد موازنه غیرپارامتریک به منظور ارزیابی کارایی نسبی مجموعه‌ای از نهادهای قابل مقایسه با چندین ورودی و خروجی ارائه کرده است.

یکی از ویژگی‌های مشترک مدل‌های DEA در مطالعات فوق این است که آن‌ها مصرف انرژی را به عنوان یک ورودی در یک چارچوب تولید که در آن انرژی و دیگر ورودی‌های غیرانرژی برای تولید خروجی‌های مطلوب و نامطلوب استفاده شده مدل می‌شود. با این حال استفاده از انرژی منجر به تولید برخی از خروجی‌های نامطلوب می‌شود، به عنوان مثال انتشار گازهای گلخانه‌ای به عنوان محصولات جانبی تولید خروجی مطلوب به حساب می‌آید. اندازه‌گیری بهره‌وری انرژی بدون توجه به خروجی نامطلوب به نظر نمی‌رسد نشانه درستی را برای ارزیابی و مقایسه کارایی انرژی ارائه کند. در

دو بخش بعدی مدل برنامه‌ریزی خطی DEA در یک چارچوب تولید مشترک واحدها برای اندازه‌گیری کارایی و بهره‌وری برای پالایشگاه‌های گازطبیعی ارائه شده است.

۳-۵ مدل برنامه ریزی خطی واحدهای پالایشگاه گازطبیعی

یک فرآیند تولید را در نظر بگیرید که در آن خروجی مطلوب و نامطلوب به صورت مشترک با مصرف انرژی وارد شده است. فرض کنیم که x,e,y,u به ترتیب بردارهای ورودی غیرانرژی، ورودی انرژی، خروجی مطلوب و خروجی نامطلوب که در آن ورودی‌های انرژی شامل L منابع مختلف انرژی است به عبارت دیگر تولید برای مدل‌سازی فرآیند تولید مشترک را می‌توان به صورت زیر توصیف کرد :

$$T=\{(x,e,y,u):(x,e)\to(y,u)\}$$

در نظریه تولید T مجموعه‌ای محدود و بسته از خروجی‌ها فرض شده است و بدین معنی است که مقدار محدودی از ورودی‌ها می‌تواند مقدار محدودی از خروجی‌ها باشد. علاوه بر این اساس اگر

$$(x,e,y,u)\in T\ ,x',e'\geq(x,e)\ or(y'\leq y)\to(x',e',y,u)\in T$$

به منظور تطابق با تولید مشترک تولید خروجی‌های مطلوب و نامطلوب بعد از آن دو شرط زیر را قرار می‌دهیم :

۱) خروجی‌ها براساس اصل ضعیف قابل‌دسترسی می‌شود. به طور مثال، اگر

$$(x,e,y,u)\in T\ ,0\leq\theta\leq1\to(x,e,\Omega y,\Omega u)\in T$$

۲) خروجی‌های مطلوب و نامطلوب، خروجی‌های ناپیوسته خواهد بود اگر :

$$(x,e,y,u)\in T\ ,u=0\rightleftharpoons y=0$$

نخستین شرط نشان از کاهش خروجی‌های نامطلوب آزاد نیست، اما کاهش متناسب در هر دو خروجی مطلوب و نامطلوب امکان پذیر است. وضعیت دوم نشان می‌دهد که تنها راه برای از بین بردن تمام خروجی‌های نامطلوب توقف روند تولید است. اگر چه تکنولوژی تولید T برای مدل‌سازی تولید مشترک خروجی مطلوب و نامطلوب تعریف شده است، اما نمی‌تواند به طور مستقیم در مطالعات تجربی مورد استفاده قرار گیرد. کار بسیار مهمی صورت گرفته آن است که مدل را در یک چارچوب DEA غیرپارامتری قرار می‌دهیم. بنابراین فناوری حاصل می‌تواند به عنوان یک فناوری محیط زیستی DEA در حوزه پالایشگاهی شناخته شود.

در مواردی که K وجود دارد عملکرد کارایی مصرفی انرژی سنجیده می‌شود و برای داده‌های مشاهده شده در مورد ورودی‌های انرژی x (گازناخالص ورودی به پالایشگاه) و غیرانرژی e (مصرف داخلی پالایشگاه)، خروجی‌های مطلوب y (گاز طبیعی خالص) و خروجی‌های نامطلوب u گازهای اسیدی و ضایعات آن)،

$$x_k=(x_{1k},\ldots,x_{Nk}),e_k=(e_{1k},\ldots,e_{Lk}),x_k=(x_1,\ldots,x_{Nk}),y_k=(y_{1k},\ldots,y_{Mk}),x_k=(x_{1k}\ldots x_{Nk}),u_k=(u_{1k},\ldots,u_{Jk})$$

که می‌تواند تکنولوژی DEA محیطی بازده به مقیاس ثابت (CRS) بیان کرد.

$$\begin{aligned} T=\{x,e,y,u\}: & \sum_{k=1}^{k} z_k x_{nk} \le x_n, n=1,\ldots,N \\ & \sum_{k=1}^{k} z_k e_{lk} \le e_l, l=1,\ldots,L \\ & \sum_{k=1}^{k} z_k y_{mk} \ge y_m, m=1,\ldots,M \\ & \sum_{i=1}^{n} z_k u_{jk} = u_j, j=1,\ldots,j \\ & z_k \ge 0, \{k=1,2,\ldots,k\} \end{aligned} \qquad (1)$$

پس می توان CRS را فناوری DEA محیط‌زیست بیان کرد (۲) چون تمام شرایط ذکر شده در بالا را رعایت می‌کند. در مطالعه موردی فناوری محیط‌زیستی DEA با اقدامات بهره‌وری و بازه نسبت

به مقیاس ثابت به طور گسترده در واحدهای مختلف مورد استفاده قرار گرفته است. براساس مدل برنامه ریزی خطی (۱) مدل زیر را برای محاسبه شاخص کارایی انرژی ارائه می‌کنیم :

$$
\begin{aligned}
&EEPL_1\left(x_0, e_0, y_0, u_0\right) = \min \theta \\
&s.t. \sum_{k=1}^{k} z_k x_{nk} \le x_{n0} \qquad n = 1,\ldots,N \\
&\sum_{k=1}^{k} z_k e_{lk} \le \theta e_{l0} \qquad l = 1,\ldots,L \\
&\sum_{k=1}^{k} z_k y_{mk} \ge y_{m0} \quad m = 1,\ldots,M \\
&\sum_{k=1}^{k} z_k u_{jk} = u_{j0} \qquad j = 1,\ldots,J \\
&z_k \ge 0, \qquad k = 1,2,\ldots,k
\end{aligned}
\qquad \textbf{(۲)}
$$

جایی که زیروند "۰" نشان دهنده مورد ارزیابی قرار گرفتن آن نهاده می‌باشد. در معادلات (۲) تلاش می‌شود تا مقادیر ورودی‌های انرژی را برای اندازه‌گیری را برای مقادیر غیرمستقیم، خروجی‌های مطلوب و نامطلوب به میزان قابل قبولی قرار دارد. یک شاخص عرضه و استاندارد شده (در بازه ۰ و ۱) برای اندازه‌گیری عملکرد بهره‌وری انرژی است. اگر $EEPl_1$ مطلقا بزرگتر از یک باشد. این امر نشان دهنده آن است که این نهاده از لحاظ مصرف انرژی بهتر عمل می‌کند و از این رو بهره‌وری انرژی بالاتری نسبت به سایر بخش‌ها دارد. اگر $EEPl_1$ برابر یک باشد به این معنی است که در مرز بهترین عمل واقع شده است و بنابراین نمی‌تواند مصرف انرژی خود را به طور نسبی کاهش دهد. از لحاظ تئوری $EEPl_1$ متقارن تابع فاصله از جایگذاری بردار شپارد بر ورودی‌های انرژی است. بحث در مورد توابع ورودی و خروجی شپارد را می‌توان در تحقیقات فارل و همکاران یافت که با استفاده از اطلاعات نمونه اقدام به تخمین توابع مرزی در روش پارامتری کرده و با بسط آن به روش پارامتری تصادفی و فاصله تولید از مرزکارای تولید توانست مرز کارایی فارل غیرپارامتری معرفی نماید. با امکانات موجود

بسیار مدل (۳) دارد اندازه‌گیری راندمان را که یک شاخص عملکرد کارایی خالص برای اندازه‌گیری کارایی بهره‌وری انرژی است که به عنوان نتیجه $EEPl_1$ قدرت تفکیک‌پذیری ضعیف در مقایسه با کارایی انرژی داراست. از سویی چون مدل (۳) اثرات ترکیبی انرژی را در نظر می‌گیرد پس با توجه به این موضوع می‌توانیم ارزیابی بهره‌وری انرژی تا حد ممکن بیشتر کنیم. بنابراین ما مدل زیر را برای DEA موردی پیشنهاد می کنیم :

$$EEPl_2 = (x_0, e_0, y_0, u_0) = \min \frac{1}{L} \sum_{l=1}^{L} \theta_l$$

$$\begin{aligned} s.t. \quad & \sum_{k=1}^{k} z_k x_{nk} \le x_{n0}, && n = 1,\dots,N \\ & \sum_{k=1}^{k} z_k x_{lk} \le \theta_l e_{l0}, && l = 1,\dots,L \\ & \sum_{k=1}^{k} z_k y_{mk} \ge y_{m0}, && m = 1,\dots,M \\ & \sum_{k=1}^{k} z_k u_{jk} = u_{j0}, && j = 1,\dots,J \\ & z_k \ge 0, \qquad k = 1,2,\dots,k \end{aligned} \qquad (۳)$$

مدل(۳) به عنوان غالبی از مدل DEA راسل در زمینه اندازه‌گیری کارایی انرژی مورد توجه قرار گیرد. در واقع این مدل زمانی می‌تواند جایگزین مدل (۲) قرار بگیرد که تنظیم غیرمستقیم برای ورودی های انرژی مجاز می‌باشد. بدیهی است، ارزش هدف مطلوب $EEPl_2$ بزرگتر از ۰ است اما بزرگتر از $EEPl_1$ نمی‌تواند باشد. بنابراین $EEPl_2$ یک شاخص استاندارد شده با قدرت تفکیک‌پذیری بالاتری نسبت به $EEPl_1$ برای اندازه‌گیری کارایی بهره‌وری انرژی در تمام سطوح فراهم می‌کند.

از آنجا که مدل (۳) برای تنظیمات غیر متناسب برای ورودی‌های انرژی آن را برای اثرات ترکیبی در ارزیابی بهره‌وری انرژی می‌باشد پس با تغییر ورودی‌ها نسبت بهم به منظور دستیابی به نقطه‌ی ایده آل خود در مرز بهترین عملکرد به مقدار زیاد اقدام می‌کند. از آنجا که $EEPl_2$ اساسا حداقل میانگین نسبت مصرف انرژی مورد انتظار به ورودی‌های واقعی انرژی است، $EEPl_2$ به عنوان شاخص عملکرد متوسط انرژی استفاده کنیم. پس می‌توان مدل‌های ذکر شده را به عنوان مدل‌های بهره‌وری فنی در

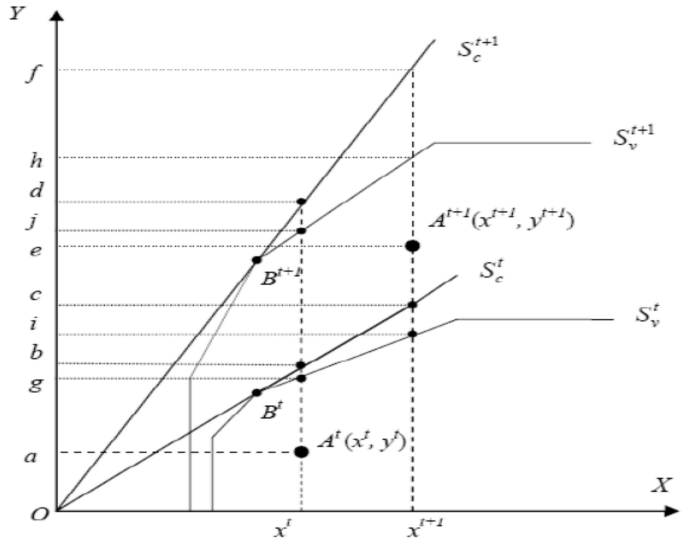
بخش‌های اقتصادی، انرژی و محیط‌زیستی پالایشگاه‌های کشور در اختیار تصمیم‌گیران این بخش از حوزه انرژی مورد استفاده قرار گیرد و فقط باید به خصوصیات داده‌ها و هدف از کاربرد این مدل‌ها نسبت به کار مورد انتظار توجه بیشتری صورت گیرد.

۳-۶ بهره وری سبز و شاخص اندازه گیری مالم کوئیست

به رغم استفاده گسترده از مدل‌های معمول DEA مدل‌های CCR و BCC دارای نقطه ضعف‌هایی هستند که تنها یک چارچوب مقطعی را نشان می‌دهند و در طول زمان نیز کاربرد لازم برای مطالعه را ندارند، بنابراین لازم است برای تجزیه و تحلیل سری زمانی بهره‌وری انرژی از ابزار پیشرفته و کاربردی استفاده کنیم. به همین منظور ما سعی کردیم از شاخص مالم‌کوئیست برای اندازه‌گیری بهره‌وری انرژی مورد استفاده قرار دهیم. درسال‌های اخیر شاخص مالم‌کوئیست به روش استاندارد DEA برای اندازه‌گیری کارایی پویا تبدیل شده است که مزایای بسیاری دارد که در مباحث مدل تحقیق با شاخص مالم‌کوئیست مورد مطالعه قرار گرفته شده است (الیورا وهمکاران[۵۴] ۲۰۰۹).

اولین بار شاخص مالم‌کوئیست در سال ۱۹۵۳ توسط شخصی به نام استن مالم‌کوئیست به عنوان شاخص کیفیت به صورت نسبت‌های توابع فاصله به منظور تجزیه و تحلیل مصرف منابع تولید معرفی گردید. سپس از این شاخص برای اندازه‌گیری و تحلیل بهره‌وری استفاده شد. کیوز و همکاران در سال ۱۹۸۲ این شاخص را در ادبیات بهره‌وری معرفی نمودند. فار و همکارانش در سال ۱۹۹۲ تغییر بهره-وری را به دو قسمت تغییر درکارایی عملکردی و تغییر در کارایی فناوری بررسی و از مدل‌های برنامه-ریزی ریاضی ناپارامتریک برای محاسبه آن استفاده نمودند. شاخص مالم‌کوئیست تفکیک بهره‌وری را به دو جزء عمده آن یعنی تحولات فناوری و تغییرات در کارایی فنی میسر ساخته است.

[54] Oliveira et al.



نمودار۳-۱ بهره وری کل (شاخص مالم‌کوئیست) حالت‌های CRS و VRS

خط S_c^t درنمودار (۳-۱) همان گونه که گفته شد نشان دهنده مرز تولید دردوره t است. S_c^{t+1} این مرز را در دوره t+1 نشان می‌دهد. تکنولوژی بهبود یافته S_c^{t+1} شرکت‌های کارا را قادر می‌سازد تا خروجی را با استفاده از مقدار کمتر ورودی مورد نیاز در تکنولوژی S_c^t تولیدکنند. فرض کنید شرکت مورد نظر ترکیبی از ورودی وخروجی $A^t(x^t,y^t)$ دردوره t و $A^{t+1}(x^{t+1},y^{t+1})$ دردوره t+1 داشته باشد. دو تغییر در طی t و t+1 اتفاق افتاده است، اول به دلیل پیشرفت تکنولوژی، شرکت خروجی بیشتری را به ازاء هر ورودی در دوره t+1 نسبت به دوره t تولید کرده است. در واقع ترکیب ورودی- خروجی‌ها در دوره t+1 استفاده از تکنولوژی دوره t راغیر موجه می سازد.دوم،شرکت تغییرات کارایی فنی را نیز تجربه کرده است. تحلیل مالم‌کوئیست بر مبنای به کارگیری توابع مسافت است. در تعریف شاخص مالم‌کوئیست بر مبنای به کارگیری توابع مسافت با در نظر گرفتن ترکیب زمان تعدیل می‌شود. توابع مسافت را با توجه به دو دوره زمانی متفاوت به صورت $D_c^t (x^{t+1},y^{t+1})$ و $D_c^{t+1}(x^t,y^t)$ تعریف می کنیم که درآن D_c^{t+1} تابع مسافت نسبت به مرز در زمان (t+1) و (x^{t+1},y^{t+1}) بردارهای ورودی و خروجی در زمان t+1 هستند، به عبارت دیگر تابع $D_c^{t+1}(x^t,y^t)$ دسته ورودی- خروجی در دوره t را نسبت به تکنولوژی دوره t+1 ارزیابی می‌کند در حالی که تابع $D_c^t(x^{t+1},y^{t+1})$ دسته ورودی- خروجی مشاهده

شده در دوره t+1 را نسبت به تکنولوژی دوره t ارزیابی می‌کند پس توابع مسافت بردار ورودی-خروجی یک سال مشخص نشان از نسبت مرز همان سال برای سال‌های t و t+1 می باشد.

DEA نوعی از روش ارزیابی بهره‌وری جدید توسعه یافته توسط کارنس و همکاران (۱۹۹۴) براساس کارایی نسبی می‌باشد. آنها خروجی و ورودی هر یک از واحدها را به روش‌های کسری از خروجی بر ورودی چندگانه گسترش می‌دهند و سپس کارایی نسبی را در میان انواع واحدها تصمیم-گیری مشابه مورد بررسی قرار داده‌اند. به طور کلی مدل CCR و BBC روشهای معمول DEA است. مدل CCR (کارنس و همکاران) کارایی فنی کل را بررسی می‌کند که این مدل به طور خلاصه به شرح زیر می‌باشد:

فرض کنید n واحد تصمیم‌گیری (DMU) وجود دارد و هر کدام دارای m خروجی و S ورودی است و ماتریس ورودی‌ها و خروجی‌ها سطح کارایی (DEA ورودی محور) به صورت برنامه‌ریزی خطی زیر حل می‌شود :

$$x_j = (x_{1j}, x_{2j}, ..., x_{sj})^{\mathrm{T}} > 0$$
$$y_j = (y_{1j}, y_{2j}, ..., y_{mj})^{\mathrm{T}} > 0$$
$$j = 1, 2, 3, ..., n.$$

$$(P)CCR \begin{cases} \max \mu^{\mathrm{T}} y_{j0} \\ s.t. \\ \omega^{\mathrm{T}} X_j - \mu^T Y_j \geq 0 \\ \omega^{\mathrm{T}} X_{j0} = 1 \\ \omega \geq \varepsilon e', \quad \mu \geq \varepsilon e \\ j = 1, 2, ..., n \\ e' = (1, 1, ..., 1)^{\mathrm{T}} \in E_m \\ e = (1, 1, ..., 1)^{\mathrm{T}} \in E_s \end{cases} \qquad (۴)$$

$$(D)CCR\begin{cases}\min\left[\theta-\varepsilon\left(e'^{\mathrm{T}}s^{-}+e^{\mathrm{T}}s^{+}\right)\right]\\ s.t.\\ \sum_{j=1}^{n}X_j\lambda_j+s^{-}=\theta X_{j0}\\ \sum_{j=1}^{n}Y_j\lambda_j-s^{+}=Y_{j0}\\ \lambda_j\geq 0,\quad j=1,2,\ldots,n\\ s^{+}\geq 0, s^{-}\geq 0\end{cases}\qquad (۵)$$

مدل (۵) دوگان[۵۵] برنامه‌ریزی خطی (۴) است. جایی که λ_j متغیر وزن داده شده به واحد تصمیم گیری j مورد بررسی می باشد. e^T و $\acute{e}^T$ نشان دهنده ماتریس‌های متفاوت در مدل و S^+ وS^- متغیرهای کمکی هستند. θ کارایی فنی کل و ε به میزان $10^{-6} \sim 10^{-3}$ می‌باشد. از طرفی $(\theta, \lambda, s^-, s^+)$ راه حل بهینه برای مدل (۴) نشان می‌دهد. اگر $\theta_0=$ ۱ و همه متغیرهای کمکی صفر باشند واحد تصمیم‌گیری مورد ارزیابی قرار گرفته کارآمد است و به این معنی است که DMU_{j0} در مرز بهترین عملکرد قرار دارد. اگر $\theta^0<1$ و یا برخی از متغیرهای غیر صفر باشند پس DMU_{j0} ناکارآمد است.

این نکته را نیز باید خاطر نشان قرار دهیم که به طورکلی مدل DEA برای داده های مقطعی مورد استفاده قرار میگیرد، پس ارزیابی کارایی برای مدت زمان مشخصی به دست می‌آید اما با گذشت زمان میزان کارایی آن مشخص نیست که به منظور برطرف کردن این نقص از شاخص مالم‌کوئیست در طی یک دوره می‌توان استفاده کرد (پریور[۵۶] ۲۰۱۷).

شاخص مالم‌کوئیست بر مبنای چندین ورودی- خروجی از مرز تکنولوژی تولید استوار است. شاخص مالم‌کوئیست به عنوان یک روش غیرپارامتریک اجازه تجزیه و تحلیل به لحاظ پیشرفت تکنولوژی و تغییرات کارایی را نیز در اختیار ما قرار می‌دهد تا بتوانیم بینش عمیقی از تغییرات بهره-وری بدست آوریم (امامی ۱۳۹۰).

---

[۱] در مواردی بهتر است بجای حل مدل اولیه یک مسئله برنامه ریزی خطی دوگان آن مسئله(معکوس ماتریسی) را حل کنیم در این حالت مقدار بهینه تابع هدف مدل دوگان و اولیه یکسان است و به راحتی می توان مقدار متغیرهای تصمیم مدل اصلی در حالت بهینه را از روی دوگان آن بدست آورد .

[56] Pryor et al.

در این روش شاخص مالم‌کوئیست براساس مقادیر کارایی که از طریق مدل DEA به دست می-آید قابل محاسبه است. بدین منظور فرض کنید $X^t \in R_+^N$ و $Y^t \in R_+^M$ و از طرفی N×1 بردار ورودی و M×1 بردار خروجی در طی زمان t باشد تکنولوژی تولید را می‌توان به صورت امکان تولید به شرح زیر بیان کرد:

$$T^t = \{(x^t, y^t) : x^t \longrightarrow y^t\}$$

فرض کنید که تکنولوژی تولید دارای تحدب و اصل قوی در ورودی‌هاست، از این رو توابعی که می-تواند خروجی را ایجاد کنند عبارتند از :

$$D_0^t(x^t, y^t) = \inf\{\varphi > 0 : (x^t, y^t / \varphi) \in T^t\}$$

در اینجا معیار مرز کارایی فنی چن و یانگ[۵۷] (۲۰۱۱) در توابع فاصله‌ای را نیز در همان سال و واحدهای مختلف بیان می‌شود :

$$D_0^t(x^t, y^t) \leq 1$$

فقط زمانی که y_t در مرز امکان تولید با x_t قرار گرفته است می‌توانیم معادله به صورت زیر تعیین کنیم :

$$D_0^t(x^t, y^t) = 1$$

با کمک توابع فاصله‌ای، می‌توان شاخص مالم‌کوئیست را در دوره t به صورت زیر نشان داده شود (کایرنس وهمکاران[۵۸] ۱۹۸۲) :

$$M_t = \frac{D_0^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^t(x^t, y^t)} \qquad (۶)$$

و همین طور در دوره t+1 شاخص مالم‌کوئیست به صورت زیر انجام می‌شود:

$$M_t = \frac{D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^{t+1}(x^t, y^t)} \qquad (۷)$$

[57] Chen and Yang
[58] Cairns et al.

در نهایت برای جلوگیری از یک معیار می‌توانیم از شاخص جدیدی از مالم‌کوئیست استفاده کنیم :

$$M_0(x^t, y^t, x^{t+1}, y^{t+1}) = (M^t \times M^{t+1})^{1/2} = \left[\frac{D_0^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^t(x^t, y^t)} \times \frac{D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^{t+1}(x^t, y^t)} \right]^{1/2} \quad (۸)$$

در نهایت نیز می‌توان شاخص مالم‌کوئیست را به صورت ذیل محاسبه نمود :

$$M_0(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) = EFFCH \times TECH = \frac{D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^t(x^t, y^t)} \times \sqrt{\left(\frac{D_0^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^t(x^{t+1}, y^{t+1})} \right) \left(\frac{D_0^t(x^t, y^t}{D_0^{t+1}(x^t, y^t)} \right)} \quad (۹)$$

(تغییرات کارایی فنی)

(تغییرات تکنولوژیکی)

پس جایی که تغییرات کارایی مورد بررسی قرار می‌گیرد نشان‌دهنده این موضوع است که آیا حرکت در جهت مرز کارایی در دوره t و t+1 رخ داده است یا خیر (سیو[۵۹] ۲۰۱۷)؟

در مدلی که بیان شد این نکته حائز اهمیت است کارایی فنی کل را می توان به صورت زیر بیان کرد :

$$TE=PTE\times SE \quad (۱۰)$$

دراینجا TE به معنای بهره‌وری فنی کل و PTE کارایی فنی خالص و SE نشان دهنده مقیاس کارایی است.

۳-۷ بازده به مقیاس در DEA

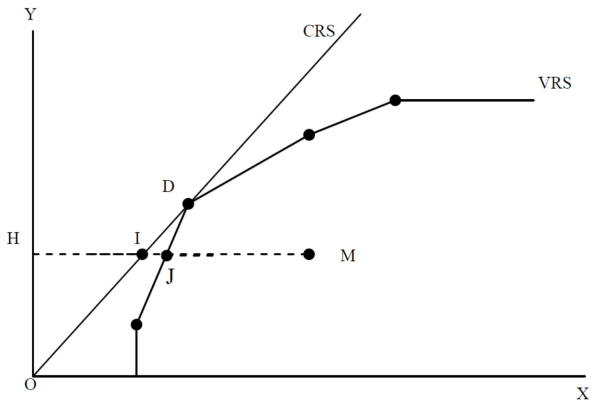
با توجه به مباحث و مفهوم بازده به مقیاس زمانی مطرح می‌گردد که بخواهیم بدانیم اگر ورودی ها (نهاده‌ها) مدل را به یک نسبت مشخص تغییر دهیم، خروجی ها (ستانده‌ها) چه میزان تغییر می‌کند. براساس فرض بازدهی ثابت به مقیاس باید این نکته را مد نظر قرار گیرد این فرض تنها در

[59] Seo ۲۰۱۷

صورتی قابل انجام است که بنگاه در سطح بهینه عمل نماید ولی در واقعیت مسائل متعددی ازجمله محدودیت‌ها، بازارهای رقابتی، سطوح تقاضا و ... باعث می‌شود تا بنگاه‌های تولیدی در سطوح بهینه تولید ننماید. یکی از نقاط قوت در مدل DEA را می‌توان در پوشش پذیر و انعطاف پذیری از این فروض را نام برد. بدین منظور با تحلیل میزان کارایی بنگاه‌ها درحالت بازده به مقیاس به عنوان وضعیت بلندمدت و حالت بازده متغیر به مقیاس را به عنوان وضعیت کوتاه مدت بنگاه‌های کوچک و بزرگ در نظرگرفت. برای بنگاه‌هایی که از چندین نهاده به تولید چندین ستانده می‌پردازد. لازم است که برای هر یک از نهاده‌ها و ستانده‌ها ضرایبی به دلیل با اهمیت بودن آن‌ها در نظر بگیرند. این اختلافات منجر به دلیل بروز خطاهای زیاد بوده است به همین خاطر در سال ۱۹۷۸ چارنز، کوپر و رودز[۶۰] با مدلی بر مبنای حداقل سازی ورودی‌ها با فرض بازدهی ثابت به مقیاس این مشکل را حل نموده‌اند (امامی۱۳۹۶).

همان طور که بیان شد فرض بازدهی ثابت به مقیاس، فقط زمانی منطقی است که همه بنگاه‌ها در سطح مقیاس بهینه عمل کنند، به واقع این حالت به دلایل شرایط تولیدی بسیار محدود است. بنابراین در سال ۱۹۸۴بانکر، چارنز و کوپر مدل DEA با فرض بازدهی ثابت به مقیاس را به حالت بازدهی نسبت به متغیر به مقیاس بسط دادند. با این کار بازدهی به مقیاس از مزیت تفکیک کارایی فنی برکارایی از مقیاس بهره‌مند شود. کوئلی در سال ۱۹۹۸ مسئله برنامه‌ریزی خطی بازدهی ثابت نسبت به مقیاس (CRS) می‌تواند با اضافه نمودن محدودیت به یک مسئله بازدهی متغیر نسبت به مقیاس (VRS) تبدیل نمود. نمودار (۳-۱) به منظور قابل درک بودن تفکیک کارایی در دو رویکرد CRS و VRS از مقاله کوئلی و همکارانش در سال ۱۹۹۸ ارائه شده است.

[60] Charens, Cooper and Rhodes



نمودار۳-۲ تفکیک شاخص های محاسبه کارایی لزوما فنی دردو رویکرد CRS و VRS

۳-۸ معرفی مدل های دسترسی آزاد و نیمه دسترسی تحت بازدهی به مقیاس ثابت ومتغیر

ارزیابی فنی و زیست‌محیطی یکی از شروط لازم توسعه پایدار اقتصادی است. یکی از روش‌های رایج برای ارزیابی بهینه‌سازی کارایی، DEA یک روش غیرپارامتری برای ارزیابی کارایی نسبی واحدهای تصمیم‌گیری همگن (DMU) با ورودی و خروجی‌های متعدد است. در ارزیابی فنی- محیط زیستی باید خروجی‌های مطلوب تولید شده در طول فرایند تولید و همچنین خروجی نامطلوب مانند زباله و آلاینده را در نظر می‌گیرد. به این دلیل است که خروجی‌های نامطلوب تصمیم‌هایی است که انتظار دارند، اما معمولا در طول فرایند تولید واقعی با خروجی مطلوب ظاهر می‌شوند. مدل DEA با خروجی‌های نامطلوب توسط فار و همکاران در سال ۱۹۸۹ ارائه شده است و سپس رویکرد DEA برای بررسی مسئله ارزیابی محیطی در سراسر جهان به طور گسترده‌ای مورد استفاده قرار گرفته است. همچنین پیشنهادات فروض یکپارچه قوی و ضعیف برای خروجی‌های نامطلوب مبنی بر مطالعات پیشین DEA برای ارزیابی فنی متمرکز شده بودند. با توجه به فرض قوی قابل‌دسترسی خروجی‌های نامطلوب ممکن است آزادانه کاهش یا با حداقلی هزینه در تصمیم‌گیری تصمیم‌گیرندگان کاهش یابد. از طرفی با توجه به فرضیه دسترسی آزاد خروجی‌های نامطلوب باید نسبت به خروجی‌های مطلوب

کاهش یابد، زیرا تولید مشترک تولیدات مطلوب و نامطلوب در این مورد رخ می‌دهد. کوزمنن و همکاران در سال ۲۰۱۱ درپژوهشی استدلال کرد که فرض قوی دسترس آزاد از خروجی‌های نامطلوب مستلزم آن است که مقدار محدودی از ورودی می‌تواند مقدار نامحدود خروجی نامطلوب تولید کند که از لحاظ فیزیکی غیر ممکن است. یانگ و پولیت (۲۰۱۰) بر ضرورت تشخیص فرض ضعیف و قوی دسترسی آزاد در میان نتایج نامطلوب در ارزیابی محیط‌زیست تاکید کردند و مدل را برای تشخیص آن‌ها براساس ویژگی‌های فنی خروجی‌های نامطلوب پیشنهاد داد. سیوشی و گوتو (۲۰۱۴) استدلال کردند که با فرض ضعیف دسترسی آزاد برای خروجی‌های نامطلوب، کاهش خروجی‌های نامطلوب با کاهش خروجی مطلوب رخ می‌دهد که نمی‌تواند منافع تلاش‌های مدیریتی و نوآوری‌های تکنولوژیکی را در بازده محیط‌زیستی منعکس کند. با این حال فرضیه‌های مختلف قابل دسترسی برای خروجی-های نام منجر به مجموعه‌ای از فعالیت‌های تولیدی مختلف تولید می‌شود که ممکن است نتایج ارزیابی متنوعی داشته باشد. بنابراین برای ارزیابی فنی و محیط‌زیستی DEA توسعه یک فرضیه علمی صرفه جویی در مورد خروجی‌های نامطلوب ضروری است که هدف مطالعه حال حاضر است. به طور کلی بزرگترین کاستی و مشکلات فروض ضعیف و قوی دسترسی آزاد این است که این فروض نمی-توانند ویژگی‌های متنوع خروجی‌های نامطلوب مختلف را در طی تولید واقعی شرح دهند. بنابراین این مطالعه مفهوم از درجه غیردسترس آزاد را برای ایجاد یه فرضیه جدید به نام نیمه‌دسترسی به منظور تعیین خروجی‌های نامطلوب تحت بازدهی ثابت به مقیاس (CRS) و بازده متغیر به مقیاس(VRS) معرفی می‌کند. در نهایت هدف از این قسمت از پژوهش به کارگیری و توسعه مدل دسترسی آزاد و نیمه‌دسترسی درقالب ۳۹ نیروگاه گازطبیعی به منظور شناسایی و حفظ حداکثر تولید بهینه و بالاترین سطح امنیت آب و هوایی زیست‌محیطی می‌باشد.

۳-۹ روش دسترسی آزاد

همان طور که در بخش قبل اشاره شد فار و همکاران (۱۹۸۹) فروض ضعیف و قوی قابل-دسترسی برای خروجی‌های نامطلوب پیشنهاد شده است. پس بر مبنای مطالعات صورت گرفته ما $x=(x_1,x_2,...,x_m)\in R_+^m$ به عنوان بردارهای ورودی، $y=(y_1,y_2,...,y_s)\in R_+^s$ به عنوان بردارهای مطلوب خروجی و $z=(z_1,z_2,...,z_h)\in R_+^h$ به عنوان خروجی‌های نامطلوب برای واحدهای j (DMU_j) نشان می‌دهیم. تکنولوژی تولید نیز شامل تمام امکانات (x,y,z) است که به صورت $T=\{(y,z,x)\,||\,x\rightarrow(y,z)\}$ نشان داده می‌شود. بدین ترتیب مجموعه خروجی مربوطه را می‌توان به این شکل $p(x)=\{(y,z)\,||\,(y,z,x)\in T\}$ مشخص کرد.

فرض بر این است که n تا DMU وجود دارد، پس فرض ضعیف تحت CRS (بازده نسبت به مقیاس ثابت) را می‌توان به صورت بردار مشخص شود:

$$p^w(x)=\{(y,z)\,||\sum_{j=1}^{n}\lambda_j y_j\geq y,\sum_{j=1}^{n}\lambda_j z_j=z,\sum_{j=1}^{n}\lambda_j x_j\leq x,\lambda_j\geq 0(j=1,...,n)\}\qquad (۱۱)$$

جایی که زیر j است نشان‌دهنده j ام DMU است و λ_j نشان دهنده j ام مقدار متغیر است. باتوجه به فرض ضعیف قابل‌دسترسی، ورودی‌ها و خروجی‌های مطلوب شدیدا قابل‌دسترسی با محدودیت‌های نابرابری به صورت $\sum_{j=1}^{n}\lambda_j x_j\leq x$ و $\sum_{j=1}^{n}\lambda_j y_j\geq y$ که نشان از تعمیم عمودی در حالی که خروجی‌های نامطلوب نیستند. پس، اندازه‌گیری کارایی (راندمان) خروجی‌محور برای یک DMU_k بخصوص می‌تواند به صورت زیر به دست می‌آید :

$$
\begin{aligned}
&\max \theta_k^w \\
&s.t.\ \sum_{j=1}^{n} \lambda_j x_{ij} \le x_{ik} \qquad i = 1,...,n \\
&\quad \sum_{j=1}^{n} \lambda_j y_{rj} \ge \theta_k^w y_{rk} \qquad r = 1,...,s \\
&\quad \sum_{j=1}^{n} \lambda_j z_{fj} = z_{fk} \qquad f = 1,...,h \\
&\quad \lambda_j \ge 0 \qquad j = 1,...,n
\end{aligned}
\qquad (۱۲)
$$

جایی که θ_k^v نشان دهنده کارایی DMU_k براساس فرض ضعیف دسترسی آزاد تحت بازدهی با مقیاس ثابت (CRS) است. با توجه به اینکه خروجی‌های نامطلوب تحت تصمیم‌گیرندگان هرگز نخواهد بود، براساس مطالعات یانگ و پلیت (۲۰۱۰) و سیوشی و همکاران (۲۰۱۴) براساس مطالعات فرض قوی دسترسی آزاد به عنوان نشانگر بردار زیر می‌باشد :

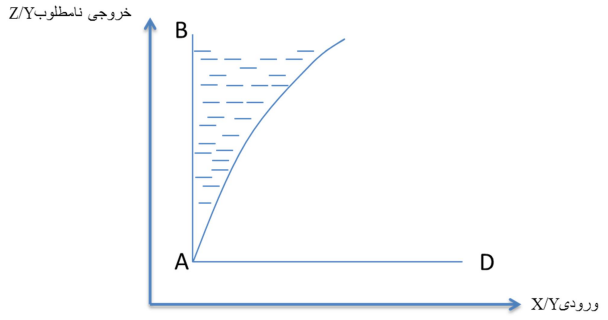
$$
p^s(x) = \{(y,z) \,||\, \sum_{j=1}^{n} \lambda_j y_j \ge y, \sum_{j=1}^{n} \lambda_j z_j \le z, \sum_{j=1}^{n} \lambda_j x_j \le x, \lambda_j \ge 0 (j = 1,...,n)\} \qquad (۱۳)
$$

که در آن محدودیت نابرابری $\sum_{j=1}^{n} \lambda_j z_j \le z$ نشان از فرض قوی دسترسی آزاد از خروجی‌های نامطلوب است، پس تحت بازده به مقیاس ثابت (CRS) اندازه‌گیری کارایی خروجی محور برای DMU_k مشخص می‌توانند به شرح زیر باشد :

$$
\begin{aligned}
&\max \theta_k^s \\
&s.t.\ \sum_{j=1}^{n} \lambda_j x_{ij} \le x_{ik} \qquad i = 1,...,m \\
&\quad \sum_{j=1}^{n} \lambda_j y_{rj} \ge \theta_k^s y_{rk} \qquad r = 1,...,s \\
&\quad \sum_{j=1}^{n} \lambda_j z_{fj} \le z_{fk} \qquad f = 1,...,h \\
&\quad \lambda_j \ge 0 \qquad j = 1,...,n
\end{aligned}
\qquad (۱۴)
$$

جایی که θ_k^s نشان دهنده کارایی DMU_k براساس فرض قوی دسترسی آزاد است. برای درک این موضوع شکل (۳-۳) اختلاف بین فروض ضعیف و قوی را نشان می‌دهد. در جایی که خطوط

BAD و CAD به ترتیب مرزکارایی را براساس فرضیه‌های ضعیف و قوی نشان می‌دهد. در واقع فرض قوی قابل‌دسترس از ورودی و خروجی‌های نامطلوب مرزکارایی محدب تحت محدودیت CRS می‌سازد. در مقابل اصل ضعیف دسترسی آزاد در خروجی‌های نامطلوب باعث می‌شود که مرزکارایی CAD به عقب خم بشود. چنان چه مقدار خروجی‌های نامطلوب کاهش یابد، ورودی‌های بیشتر باید در سیستم تولید مقدار مشخصی از خروجی مطلوب استفاده شود. در جایی ناحیه هاشور زده می‌باشد، موقعیت مرزکارایی را تحت تاثیر قرار می‌دهد.



شکل(۳-۳) مرزکارایی براساس فرض های اشکال مختلف ازدسترسی آزاد

۳-۱۰ روش نیمه دسترسی و ضریب آلایندگی

مفهوم مدل جدید دسترسی آزاد برای خروجی‌های نامطلوب که تحت نیمه دسترس آزاد عنوان می‌شود به صورتی است که DMU ها می‌توانند آزادانه در خروجی‌های نامطلوب در محدوده تکنولوژی تولید فعلی قرار گیرند، در حالی که DMU ها باید خروجی مطلوب رابه همان نسبت برای کاهش خروجی‌های نامطلوب خارج از این دامنه کاهش دهند. برای هر خروجی نامطلوب ، بخشی را نمی‌توان بدون هزینه کاهش داد وکاهش آن منجر به کاهش همزمان خروجی‌های مطلوب می‌شود. به میزان درصد(مقدار) این بخش در میان مجموع خروجی نامطلوب را درجه غیردسترسی آزاد خروجی نامطلوب نامیده می‌شود. ما در این مقاله فرض می‌کنیم که تکنولوژی تولید شامل تمام امکاناتی

(x,y,z) که توسط T مشخص می‌شود. P(x) نشان‌دهنده مجموعه خروجی مربوطه، α نشان‌دهنده درجه غیرقابل‌دسترس خروجی‌های نامطلوب Z و (z",y",x") نشان‌دهنده فعالیت تولید دلخواه می‌باشد. مجموعه خروجی نیمه‌دسترسی تحت بازده ثابت به مقیاس (CRS) می‌تواند به صورت زیر بدست می‌آید :

$$P^m(x) = \{(y,z) \mid \sum_{j=1}^{n} \lambda_j y_j \geq y, \sum_{j=1}^{n} \lambda_j z_j < z, \sum_{j=1}^{n} \lambda_j z_j > \alpha z, \sum_{j=1}^{n} \lambda_j x_j \leq x, \lambda_j \geq 0 (j = 1,...,n)\} \quad \textbf{(۱۵)}$$

جایی که $\alpha = (\alpha_1, \alpha_2, ..., \alpha_n) \in R_+^h$ یک بردار می‌باشد که ارزش هر واحد را بین ۰ و ۱ که نشان‌دهنده درجه غیردسترسی خروجی نامطلوب Z است. محدودیت نابرابر $\sum_{j=1}^{n} \lambda_j z_j \leq z$ و $\sum_{j=1}^{n} \lambda_j z_j \geq \alpha z$ برای نیمه‌دسترسی از خروجی‌های نامطلوب تعیین می‌کند. پس اندازه‌گیری کارایی خروجی محور برای یک DMU_k مشخص می‌تواند به صورت زیر بدست آید:

$$\begin{aligned}
&\max \theta_k^m \\
&s.t. \quad \sum_{j=1}^{n} \lambda_j x_{ij} \leq x_{ik} \qquad i = 1,...,m \\
&\qquad \sum_{j=1}^{n} \lambda_j y_{rj} \geq \theta_k^m y_{rk} \qquad r = 1,...,s \\
&\qquad \sum_{j=1}^{n} \lambda_j z_{fj} \leq z_{fk} \qquad f = 1,...,h \\
&\qquad \sum_{j=1}^{n} \lambda_j z \geq \alpha_{fk} z_{fk} \qquad f = 1,...,h \\
&\qquad \lambda \geq 0 \qquad j = 1,...,n
\end{aligned} \quad \textbf{(۱۶)}$$

جایی که θ_k^m نشان دهنده کارایی DMU_k براساس فرض نیمه دسترسی در CRS است. لازم به ذکر است که درجه غیرقابل‌دسترس $\alpha_{fk} (f = 1,...,n)$ مقدار ثابتی است؛ که می تواند با استفاده از روش‌های تجزیه و تحلیل کیفی مانند روش دلفی تعیین شود. باتوجه به این روش‌های ذهنی α_{fj} براساس تجربیات کارشناسان تعیین می‌شود، بنابراین آن ها نمی‌توانند نتیجه یکپارچه و توجیهی ارائه

دهند. بنابراین یک روش PRC برای ارائه تعیین مقدار α_{fj} در ارزیابی فنی- زیست‌محیطی ارائه می‌کنیم، جایی که روش کلی آن به شرح زیر است.

$$C_{fj} = \frac{Z_{fj}}{K_{fj}} \qquad f = 1,...,h \ , \ j = 1,...,n \qquad (۱۷)$$

در مدل فوق C_{fj} جمع خروجی‌های نامطلوب، آلاینده‌های محیط‌زیست $z_{fj} = (f = 1,...,n)$ به عنوان خروجی‌های نامطلوب، $k_{fj} = (f = 1,...,h)$ به طورکلی زباله های تولیدی محسوب می‌شود. بنابراین با استفاده از فرمول PRC میزان غلظت آلودگی حاصل از تولید در واحدهای انرژی اندازه‌گیری می‌کنیم. PRC یک روش عینی برای تعیین درجه غیردسترسی آلفا براساس داده‌های تجربی است که می‌تواند بامقایسه تمام واحدها (DMU) سطح تکنولوژی تولید فعلی تعیین می‌شود.

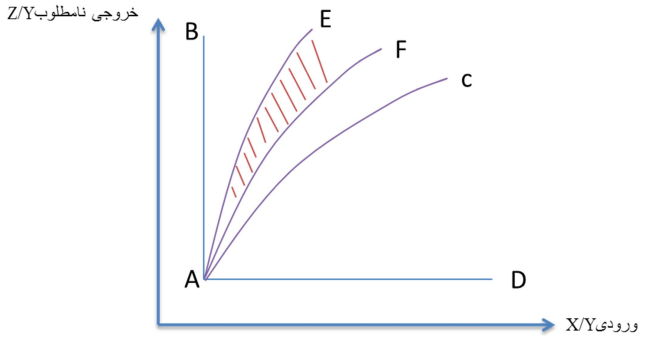
۳-۱۱ نیمه دسترسی با دامنه درجه غیردسترسی

روش RPC را می‌توان برای تعیین درجه غیردسترسی انقباضی برای ارزیابی محیط‌زیست براساس فرض نیمه‌دسترسی استفاده کرد. با این حال در فرایند تصمیم‌گیری کاربردی اطلاعات دقیق برای تعیین یک مقدار معین از درجه غیردسترسی آزاد بدست آوریم. به طورکلی، این اطلاعات نامعلوم می‌تواند به عنوان وقفه بیان شود. بنابراین مدل DEA نیمه‌دسترسی را با مدل وقفه درجه غیردسترسی توسعه می‌یابد، که به شرح ذیل است :

$$\max \theta_k^m$$

$$\begin{aligned} s.t. \quad & \sum_{j=1}^{n} \lambda_j x_{ij} \le x_{ik} \qquad i = 1,...,m \\ & \sum_{j=1}^{n} \lambda_j y_{rj} \ge \theta_k^m y_{rk} \qquad r = 1,...,s \qquad (۱۸) \\ & \sum_{j=1}^{n} \lambda_j z_{fj} \le z_{fk} \qquad f = 1,...,h \\ & \sum_{j=1}^{n} \lambda_j z_{fj} \ge \hat{\alpha}_{fk} z_{fk} \qquad f = 1,...,h \\ & \lambda \ge 0 \qquad j = 1,...,n \end{aligned}$$

جایی که $\hat{\alpha}_{fk}$ نشان‌دهنده درجه غیردسترسی آزاد در دامنه محدود $\left[\alpha_{fk}^{L}, \alpha_{fk}^{u}\right]$ است. ما فرض می‌کنیم که α_{fk}^{1} و α_{fk}^{2} درجه غیردسترس Z_{fk} هستند. اگر $\alpha_{fk}^{1} \geq \alpha_{fk}^{2}$ باشد، پس کارایی بهینه و مطلوب مربوط آن‌ها $\theta_{k}^{1*} \geq \theta_{k}^{2*}$ است. برای درک این موضوع، در شکل (۲) خطوط مرزی FAD و EAD مرزهای کارایی را براساس فرض نیمه قابل‌دسترس با درجه θ_{fk}^{1} و θ_{fk}^{2} می‌باشد $\theta_{fk}^{1} \geq \theta_{fk}^{2}$ وجود دارد. قسمت هاشور خورده در نمودار ۳-۱۱ که شامل FAD و EAD است، مرزکارایی را براساس فرض نیمه‌دسترسی با درجه غیردسترسی $\left[\alpha_{fk}^{2} \geq \alpha_{fk}^{1}\right]$ نشان می‌دهد.



شکل(۳-۴) مرزکارایی با دامنه درجه نیمه دسترسی

به طور کلی فرض کنید که θ_{k}^{*} و θ_{k}^{w*} بازده مطلوب (بهینه) DMU_k براساس فروض ضعیف و قوی دسترسی آزاد نشان دهد. پس داریم : $\theta_{k}^{w*} \leq \theta_{k}^{mL*} \leq \theta_{k}^{mu*} \leq \theta_{k}^{s*}$.

۳-۱۲ مدل نیمه دسترسی تحت بازدهی متغیر به مقیاس VRS

مدل نیمه دسترسی از خروجی‌های نامطلوب تحت بازدهی ثابت به مقیاس (CRS) در بخش‌های قبل ارائه شد. با توجه به فارل و همکاران (۲۰۰۳) اصل قوی دسترسی آزاد تحت VRS می‌تواند به عنوان بردار زیر تعریف شود :

$$p_v^s(x)=\{(y,z)\,||\sum_{j=1}^{n}\lambda_j y_j \geq y,\sum_{j=1}^{n}\lambda_j z_j \leq z,\sum_{j=1}^{n}\lambda_j x_j \leq x,\sum_{j=1}^{n}\lambda_j =1,\lambda_j \geq 0(j=1,...,n)\} \quad (۱۹)$$

با توجه به بردار جایی که $\sum_{j=1}^{n}\lambda_j =1$ محدودیت VRS را نشان می‌دهد. در این مدل فرض می‌کنیم که (z",y",x") یک فعالیت تولیدی دلخواه را نشان می‌دهد و α نشان دهنده درجه غیردسترسی آزاد خروجی‌های نامطلوب Z است. بنابراین براساس مفاهیم بیان شده اندازه‌گیری کارایی برای واحدهای k (DMU_K) تحت VRS می‌تواند به صورت زیر بدست آید :

$$\begin{aligned}
&\max \varphi_k^m \\
&s.t. \quad \sum_{j=1}^{n}\lambda_j x_{ij} \leq x_{ik} \qquad i=1,...,m \\
&\qquad \sum_{j=1}^{n}\lambda_j y_{rj} \geq \varphi_k^m y_{rk} \qquad r=1,...,s \\
&\qquad \sum_{j=1}^{n}\lambda_j z_{fj} \leq z_{fk} \qquad f=1,...,h \qquad (۲۰) \\
&\qquad \sum_{j=1}^{n}\lambda_j z_{fj} > \alpha_{fk} z_{fk} \qquad f=1,...,h \\
&\qquad \sum_{j=1}^{n}\lambda_j =1 \\
&\qquad \lambda_j \geq 0 \qquad j=1,...,n
\end{aligned}$$

براساس مدل برنامه‌ریزی خطی (۱۰) جایی که φ_k^m نشان‌دهنده کارایی DMU_k تحت بازدهی متغیر بر مقیاس (VRS) فرض نیمه دسترسی می‌باشد. در نهایت با توجه به مدل‌های ذکر شده با مقایسه های تمام واحدهای تولیدی در سطح تکنولوژی فعلی تولید نیز می توان ارزیابی فنی و زیست محیطی براساس نیمه‌دسترسی در ابعاد مختلف تحت بازدهی در بیشتر و کاربردی ترین سطح کارایی مورد بررسی قرار داد.

فصل چهارم تفسیر نتایج مدل ها

۴-۱ مقدمه

در این پژوهش با استفاده از اطلاعات و آمارهای جمع‌آوری شده در طی سال‌های مورد بررسی اقدام به تجزیه و تحلیل عملکرد ۱۲ پالایشگاه گازطبیعی کشور و برای ایجاد راهکار کاربردی مدل های دسترسی آزاد و نیمه دسترسی اقدام به بررسی عملی این مدل ها در قالب ۳۹ نیروگاه برق با سوخت مصرفی گازطبیعی در زمینه‌های کارایی فنی و محیط‌زیستی پرداخته شده است. پالایشگاه‌های فعال مورد نظر در این پژوهش شامل پالایشگاه‌های فجر، خانگیران، بیدبلند، مسجد-سلیمان، سرخون و قشم، پارس‌جنوبی (فاز۱)، پارس‌جنوبی (فاز۲و۳)، پارس جنوبی (فاز۴و۵)، پارس جنوبی (۶و۷و۸)، پارس جنوبی (۹-۱۸)، پارسیان (۱و۲) و میمک طی سال‌های ۱۳۹۴- ۱۳۸۸ و نیروگاه‌های برق گازطبیعی با مالکیت دولتی شامل صوفیان، ارومیه، هسا، درود، ری، قائن، بسطامی (شاهرود)، زاهدان، کنارک (چابهار)، کنگان، بوشهر، شیراز، شهیدبهشتی، خلیج فارس (هرمزگان)، بندعباس، یزد، کیش و نیروگاه‌های برق با مالکیت خصوصی شامل تبریز، سبلان، کاشان، جنوب اصفهان، پرند، رودشور، فردوسی، خرمشهر، زرگان (شهیدمدحج)، سطانیه، قدس، چابهارگازی، زاگرس، عسلویه ، جهرم، حافظ، کهنوج، گلستان، نوشهر، شریعتی، مشهد، شهیدزنبق یزد در طی سال‌های ۱۳۹۵-۱۳۹۰ مورد ارزیابی و تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد.

در این مدل‌های به کارگیری شده در بخش پالایشگاهی هر یک از ۱۲ پالایشگاه‌های گازطبیعی به عنوان یک واحد تصمیم‌گیری (DMU) قلمداد می‌شود. در این بخش تحقیق از دو ستانده و دو نهاده مشترک بین ۱۲ پالایشگاه گازطبیعی فعال در کشور استفاده شده است. که عبارت‌اند از :

نهاده ها : ۱) گاز ورودی پالایشگاه‌ها
۲) مصرف داخلی پالایشگاه‌ها

ستانده ها : ۱) گاز خشک ارسالی به خطوط گازی ۵۶ اینچ
۲) آلاینده‌های حاصل از فرآورش(سوخت مشعل+تجمیع گازهای اسیدی)

از بررسی‌هایی صورت گرفته از پالایشگاه‌های گازطبیعی در کشور و جهان این موضوع استنتاج می‌شود که اکثرا تمام پالایشگاه‌های گازی دارای ساختار و مکانیزم و نهاده‌ها و ستانده‌ها مشابهی هستند که تایید کننده شرط همگنی خود قرار می‌دهیم. از طرفی به دلیل تاثیر یکسان عوامل محیطی و جغرافیایی غیر قابل انکار بر روی فرآیند پالایش گازطبیعی نادیده قرار داده و از روش تحلیل پوششی داده‌ها جهت اندازه‌گیری عملکرد پالایشگاه‌های گازی با استفاده از نرم افزار لینگو ۱۷.۱[61] به بررسی کارایی اقتصادی و محیط زیستی می‌پردازیم. بنابراین در این مطالعه ما به دنبال رتبه‌بندی پالایشگاه‌های بهینه کشور از منظر کارآمدی فنی و محیط‌زیستی و ایجاد راهکارهای لازم و موثر به منظور فرایند تولید بهینه در راستای توجه هر چه تمام‌تر به مسئله محیط‌زیست می‌باشیم. فقط باید این نکته را مد نظر بگیریم که انتشار گاز دی‌اکسیدکربن و دی‌اکسیدگوگرد می‌تواند از داده‌های مصرف سوخت و عوامل انتشاری قلمداد شود زیرا مصرف گازطبیعی عامل اصلی سهم عمده‌ای از انتشار گازگلخانه‌های از جمله دی‌اکسیدکربن است که منطقی به نظر می‌آید اگر سوخت مشعل‌ها نیز عامل خروجی‌های نامطلوب مدنظر خود قرار دهیم.

در ادامه این پژوهش به منظور تکمیل درک کامل‌تری از کارایی فنی و محیط زیستی اقدام به ادامه روند سیکل و بررسی زنجیره گازطبیعی در نیروگاه‌های گازطبیعی می‌نماییم. در این بخش از تحقیق سهم تولیدی از نوع تجربی و کاربردی که با توجه به اطلاعات و آمارهای جمع‌آوری شده از آمارنامه صنعت برق کشور و وزارت نیرو و سازمان استاندارد سنجی آلاینده‌های زیست‌محیطی جهانی در طی سال‌های ۱۳۹۵- ۱۳۹۰ اقدام به بررسی کارایی فنی و محیط‌زیستی ۳۹ نیروگاه گاز طبیعی با مالکیت‌های دولتی و خصوصی صورت گرفته شده است. هر یک از نیروگاه های گازطبیعی به عنوان یک واحد تصمیم‌گیرنده (DMU) قلمداد می‌شود. دراین بخش از مطالعه ۴ نهاده و ۴ ستانده استفاده شده است که عبارتند از :

نهاده ها :۱) قدرت اسمی نیروگاه

[61] Lingo 17.1

۲) میانگین قدرت عملی نیروگاه
۳) مصرف داخلی نیروگاه
۴) متوسط کارکرد سالانه نیروگاه

ستانده ها : ۱) تولید ویژه برق
۲) بازده حرارتی نیروگاه
۳) قدرت بهره برداری در شبکه
۴) گازهای آلاینده در حین تولید برق

اندازه‌گیری کارایی واحدهای انرژی برق همگن نسبت به هم از ویژگی‌های کاربردی در بخش انرژی روش تحلیل پوششی داده‌ها خروجی محور می‌باشد. در این پژوهش سعی در پوشش کل نیروگاه‌های برق گازطبیعی-گازوئیل با نهاده‌ها، ستانده‌ها، ساختار و مکانیزم و نوع مالکیت های آنها مورد ارزیابی قرار داده شده است. از طرفی در این مطالعه کارایی فنی– محیطزیستی نیروگاه‌های برق گازطبیعی کشور ایران را در سطوح مختلف بازدهی در قالب مدل پایه تحلیل پوششی داده‌ها و مدل توسعه‌ای به نام مدل " نیمه‌دسترسی" از ایجاد سطح کارایی فنی در چارچوب زیست‌محیطی به منظور فرایند تولید بهینه در طی سال‌های ۱۳۹۰- ۱۳۹۵ با استفاده از نرم افزارلینگو۱۷.۱ مطابق چارچوب های پالایشگاه‌های گازطبیعی مورد توجه قرار گرفته است.

۴-۲ تجزیه و تحلیل نتایج داده های پالایشگاه های گازطبیعی

جدول (۴-۱) نشان‌دهنده شاخص کارایی فنی و زیست‌محیطی مدل DEA ۲ پالایشگاه از بین ۱۲ پالایشگاه‌های گازی موجود کشورمی‌باشد که به عنوان پالایشگاه‌های کارآمد از منظر عملکرد فنی براساس $EEPL_1$ رفتار کرده اند.از سویی کارایی عملکردی تمام پالایشگاه‌ها به غیر از فازهای پالایشگاه‌های (۱) و (۶و۷و۸) پارس‌جنوبی در طی سال‌های اخیر روند رو به افزایشی و نزدیک به مرز بهترین عملکرد را داشته اند ولی اگر به صورت کلی به این مسئله نگاه کنیم میانگین کارایی بهره‌وری

پالایشگاه‌ها تغییرات کمی در طی این سال‌ها داشته اند. با توجه به نتایج به دست آمده تحقیق، متوسط عملکرد فنی- محیط زیستی ۱۲ پالایشگاه گازطبیعی کشور برای سال‌های ۱۳۹۴-۱۳۸۸ طبق جدول زیر می‌باشد :

جدول(۴-۱) : نتایج استخراجی از مدل فنی- محیط‌زیستی $EEPL_1$ پالایشگاه‌های گازطبیعی

پالایشگاه های گازطبیعی	۱۳۸۸	۱۳۸۹	۱۳۹۰	۱۳۹۱	۱۳۹۲	۱۳۹۳	۱۳۹۴
فجر(کنگان)	0.994	0.994	0.995	0.996	1	1	0.934
خانگیران(هاشمی نژاد)	1	1	1	1	1	1	1
بید بلند	1	0.992	1	1	1	1	0.850
مسجد سلیمان	0.975	0.983	0.983	0.973	0.979	0.905	0.875
سرخون وقشم	1	1	0.986	1	1	0.998	1
پارس جنوبی (فاز۱)	0.874	0.885	0.932	0.938	1	0.873	0.843
پارس جنوبی (فاز۲و۳)	0.887	0.896	0.899	0.881	0.879	0.873	0.829
پارس جنوبی(فاز۴و۵)	0.879	0.890	0.897	0.899	0.897	0.896	0.785
پارس جنوبی(فاز۶و۷و۸)	0.046	0.027	0.126	0.334	0.055	0.282	0.274
پارس جنوبی(فاز۹-۱۸)	0.942	1	0.896	0.907	0.932	0.935	0.286
پارسیان	1	1	1	1	1	1	1
میمک(ایلام)	1	0.960	0.931	0.916	0.929	0.924	0.922

منبع : محاسبات تحقیق

با بررسی دقیق‌تر در نتایج استخراجی از مدل کارایی فنی و محیط زیستی در جدول(۴-۱) این امر به وضوح قابل درک است که اکثر پالایشگاه‌های گازطبیعی تاحدودی توانسته‌اند در برهه‌های زمانی خاصی به سطح مرز بهینه‌ای از کارایی برسند و با مطلوب‌ترین میزان تولید و حداقل میزان پسماند و آلاینده‌های محیط‌زیستی را در عملکرد خود به ثبت برسانند تا جایی که پالایشگاه‌های خانگیران(هاشمی نژاد) و پارسیان روند کارایی ثابت و مطلقی را برای زمان‌های مورد نظر در این پژوهش را دارا هستند و به دنبال آن‌ها پالایشگاه‌های فجر(کنگان)، بید بلند، سرخون و قشم بیشترین

ثبات نسبی را در راستای حفظ آسیب‌های محیط‌زیستی را به ثبت رسانده‌اند. درمقابل فازهای (۶و۷و۸) و (۹-۱۸) پارس‌جنوبی عملکرد به مراتب ضعیف تری در راستای کارایی بهینه از تولید سبز را داشته‌اند تا جایی که کارایی فنی و محیط‌زیستی فازهای (۶و۷و۸) پارس‌جنوبی در سال‌های ۱۳۸۹ و ۱۳۹۴ به ترتیب ۰.۰۲۷ و ۰.۲۷۴ درصد و فازهای (۹-۱۸) پارس‌جنوبی در سال ۱۳۹۴ به میزان ۰.۲۸۶ را محقق کرده‌اند که با بررسی تزریق بودجه و سرمایه‌گذاری در این واحدها این میزان به صورت قابل توجه ناکافی و غیر اقتصادی می‌باشد.

جدول(۴-۲) : محاسبه متوسط تغییرات عملکرد پالایشگاه‌های گازی کشور براساس $EEPL_1$ طی سال‌های ۱۳۹۴ -۱۳۸۸

میمک (ایلام)	پارسیان	پارس جنوبی ۹- ۱۸	پارس جنوبی فاز۶و۷و۸	پارس جنوبی فاز۴و۵	پارس جنوبی فاز۲و۳	پارس جنوبی فاز۱	سرخون وقشم	مسجد سلیمان	بیدبلند ۱و۲	خانگیران (هاشمی نژاد)	فجر(کنگان)
0.940	0.999	0.842	0.163	0.877	0.878	0.906	0.997	0.953	0.977	1	0.987

منبع : محاسبات تحقیق

طبق یافته‌های موجود (۴-۲) در جدول متوسط کارایی فنی- محیط‌زیست در سال‌های مورد بررسی مشاهده می‌شود پالایشگاه خانگیران (هاشمی نژاد) و پارسیان با اختلاف بسیار جزئی با کارایی واحد بیشترین و بهترین عملکرد را نسبت به پالایشگاه های دیگر دارا هستند واین امر بیان کننده این موضوع است که پالایشگاه های خانگیران و پارسیان توانسته‌اند با یک مقدار مشخص از نهاده‌ها و با بهره‌گیری از حداقل سازی نهاده‌های ورودی به حداکثر ستانده مطلوب دست یابند. در مقابل کمترین کارایی فنی $EEPL_1$ به میزان ۰.۱۶۳ درصد مربوط به فاز (۶و۷و۸) پارس‌جنوبی می‌باشد که بدترین عملکرد فنی- محیط‌زیست DEA در بین پالایشگاه‌های کشور را به دلایلی از جمله فرسودگی تجهیزات تولیدی و سوء مدیریت های متداول در امر تولید اختصاص داده است. به طورکلی تحقیقات به دست آمده دلالت بر این موضوع است اگر با اصلاح سیاست های مدیریتی و برنامه‌ریزی در بخش های مختلف تولیدی می‌توانیم به میزان ٪۵ بهره‌وری و عملکرد موجود درکل پالایشگاه‌های کشور با

کمترین آسیب به محیط‌زیست پیرامون به سمت مرزکارایی سوق دهیم و از تمام ظرفیت‌های قابل دسترس با بیشتری بازدهی بهره‌مند شویم.

۴-۳ شاخص بهره وری مالم کوئیست و مولفه های تاثیرگذار آن

شاخص مالم‌کوئیست در زمینه پالایشگاه‌های کشور برای به دست آوردن بهره‌وری فنی کل آن‌ها با توجه به تغییرات تکنولوژیکی و تغییرات کارایی فنی آن‌ها مدنظر می‌گیرد و داده‌های تجربی مورد استفاده برای سال‌های ۱۳۹۴-۱۳۸۸ نیز می‌باشد.

شاخص مالم‌کوئیست تفکیک بهره‌وری کل را به دو جزء عمده آن یعنی تغییرات تکنولوژی و تغییرات کارایی میسر ساخته است و از سویی تغییرات کارایی خود از تغییرات کارایی مقیاس و تغییرات کارایی خالص که از مواردی نشات گرفته از مدیریتی و نیروی کار متخصص و... می‌باشد، نیز محاسبه می‌گردد که در جداول ذیل هریک از شاخص ها ارائه گردیده است. چنانچه میزان شاخص مالم‌کوئیست برمبنای حداقل سازی عوامل تولید، کمتر از یک باشد بر بهبود عملکرد دلالت دارد. درحالی که اگر بزرگتر از یک باشد به کاهش عملکرد در زمان اشاره می‌نماید. از طرف دیگر، اگر بر مبنای حداکثر سازی محصول، مقدار شاخص مالم‌کوئیست یا هریک از اجزای آن کمتر از واحد شود، به معنی بدتر شدن عملکرد بنگاه می‌باشد، درحالیکه اگر مقدار شاخص مذکور بزرگتر از یک باشد، نشان‌دهنده بهبود عملکرد آن بنگاه خواهد بود.(امامی۱۳۹۶)

جدول(۴-۳) : تغییرات شاخص کارایی فنی پالایشگاه‌های گازطبیعی (۱۳۹۴-۱۳۸۸)

پالایشگاه های گازطبیعی	۸۸-۸۹	۸۹-۹۰	۹۰-۹۱	۹۱-۹۲	۹۲-۹۳	۹۳-۹۴
فجر(کنگان)	0.926	0.999	1.009	1.003	0.998	0.998
خانگیران(هاشمی نژاد)	0.964	1	1.239	1.228	1.057	0.938
بید بلند	0.883	0.998	1.022	1.007	0.996	1.003
مسجد سلیمان	0.994	1	1.010	1.004	0.998	1.001
سرخون وقشم	0.872	0.440	1.001	1	0.204	0.989
پارس جنوبی (فاز۱)	0.862	0.960	1.015	1.005	0.997	1.002
پارس جنوبی (فاز۲و۳)	0.856	0.998	1.018	1.008	0.997	1.002
پارس جنوبی(فاز۴و۵)	0.906	0.998	1.010	1.004	0.999	1.003
پارس جنوبی(فاز۶و۷و۸)	0.971	0.992	0.907	1.228	1.297	1.261
پارس جنوبی(فاز۹-۱۸)	0.910	0.999	1.013	1.004	1.297	0.995
پارسیان	0.434	0.934	0.993	1	0.932	1
میمک(ایلام)	0.923	0.999	1.042	1.070	0.996	1.261

منبع : محاسبات تحقیق

براساس نتایج به دست آمده از شاخص کارایی فنی در جدول (۴-۳)، ۱۲ پالایشگاه گازطبیعی به طور کل نشان از روند رو به رشدی و مثبتی را در مقاطع مختلف تجربه کرده‌اند به طوری که پالایشگاه‌های خانگیران (هاشمی نژاد)، مسجدسلیمان در سال۹۰-۸۹ ، سرخون و قشم درسال ۹۲-۹۱ و پارسیان درسال‌های ۹۲-۹۱ و ۹۴-۹۳ از بهترین عملکرد مدیریتی و سازمان یافته در راستای پیشبرد اهداف و چشم انداز وزرات نیرو داشته‌اند. از طرفی اگر از دید ثبات نسبی و حداقل دامنه تغییرات خروجی‌ها به نتایج توجه شود می‌توان به وضوح از اهمیت ثبات و جایگاه نسبی مدیران و نیروهای متخصص به دور از جناح‌های و استفاده از ابزارها و تکنیک‌های نسبتا بالقوه در واحدهای تحت بررسی ازجمله فجر (کنگان) ، مسجدسلیمان اشاره داشت.

اگر به طور دقیق‌تر واحدها را مورد آنالیز قرار بگیرد ازجمله پالایشگاه سرخون و قشم از نوسانات زیادی در این جزء از شاخص مالم کوئیست مشاهده می‌شود به طوری که در سال های ۹۰-۸۹ و ۹۳-۹۲ میزان کارایی فنی این پالایشگاه به میزان قابل توجه‌ای نسبت به سال‌های قبل کاهش داشته که با بررسی ها به عمل آمده از این اتفاق دلایلی چون تغییر در ساختار اداری و ارکان عالی و تغییر مهره‌های کلیدی فنی و مهندسی این واحد قلمداد کرد. در مقابل پالایشگاه پارسیان با استفاده و بهره‌گیری از ظرفیت‌های در اختیار خود و نیروهای متخصص توانسته میزان عملکرد بسیار فزاینده و باثباتی را در بین ۱۲ پالایشگاه گاز طبیعی به خود اختصاص دهد.

جدول(۴-۴) : تغییرات شاخص کارایی فناوری و تکنولوژی پالایشگاه‌های گازطبیعی (۱۳۹۴-۱۳۸۸)

پالایشگاه های گازطبیعی	۸۸-۸۹	۸۹-۹۰	۹۰-۹۱	۹۱-۹۲	۹۲-۹۳	۹۳-۹۴
فجر(کنگان)	0.921	0.999	1.015	1.001	0.997	0.992
خانگیران(هاشمی نژاد)	0.474	0.896	1.124	1.279	1.041	0.874
بید بلند	0.751	0.983	1.042	1.006	0.981	1.010
مسجد سلیمان	1.026	1.081	1.018	1.017	0.995	0.996
سرخون وقشم	0.872	0.441	1.006	1.506	0.207	5.740
پارس جنوبی (فاز۱)	0.763	1.099	1.032	0.997	0.943	0.991
پارس جنوبی (فاز۲و۳)	0.770	1.004	1.043	1.035	0.987	0.994
پارس جنوبی(فاز۴و۵)	0.887	0.997	1.026	1.006	0.988	0.992
پارس جنوبی(فاز۶و۷و۸)	0.881	0.194	4.983	0.569	0.084	2.681
پارس جنوبی(فاز۹-۱۸)	2.628	0.993	0.999	0.996	1.443	0.740
پارسیان	0.669	0.934	1.134	1.417	1.018	1.338
میمک(ایلام)	0.925	1.004	1.087	1.116	1.024	1.298

منبع : محاسبات تحقیق

بر مبنای نتایج شاخص کارایی فناوری و تکنولوژی درجدول (۴-۴) واحدهای پالایشگاهی، پالایشگاه‌های فجر و مسجدسلیمان توانسته‌اند از ظرفیت پایدار تکنولوژی به صورت بهینه در طی سال

تحت بررسی برخودار شوند وحداقل اتلاف ظرفیت فناوری در اختیار خود بهره ببرند. درمقابل فازهای (۶و۷و۸) و (۹-۱۸) پارس جنوبی و سرخون و قشم به ترتیب در سال‌های ۸۹-۸۸ و ۹۱-۹۰ و ۹۴-۹۳ از بدترین عملکرد و بیشتر میزان اتلاف منابع سرمایه ای از فناوری را به خود اختصاص دهند در صورتی که با جهت‌دهی لازم از این میزان هدر رفت تکنولوژی و ظرفیت‌ها از این واحدها و تزریق آن به واحدهای رو به بهبود و رو به رشد از منافع بیشتری برخوردار شویم. یکی از مسائل مهمی که لازم است در این بخش از کارایی تکنولوژیکی و فناوری ذکر شود اشاره به تخصیص ناآگاهانه و تزریق سرمایه بدون ظرفیت شناسی واحد مورد نظر و آنالیز و بازخوردهای لازم از عملکردهای واحد در دست بررسی می‌باشد که متاسفانه بی‌توجهی به این امر مهم منجر به اتلاف و ایجاد آسیب‌های غیر قابل جبران به بدنه های کشور و صنعت انرژی می شود.

جدول(۴-۵) : تغییرات شاخص کارایی خالص پالایشگاه‌های گازطبیعی (۱۳۹۴-۱۳۸۸)

پالایشگاه های گازطبیعی	۸۸-۸۹	۸۹-۹۰	۹۰-۹۱	۹۱-۹۲	۹۲-۹۳	۹۳-۹۴
فجر(کنگان)	0.996	1.004	0.958	1.003	0.999	0.995
خانگیران(هاشمی نژاد)	0.983	1	1.063	1.228	1.057	0.938
بید بلند	0.932	1.001	1.022	1.008	0.996	1.003
مسجد سلیمان	0.994	1	0.983	1.004	0.998	1.001
سرخون وقشم	0.872	0.440	1.001	1	0.204	0.989
پارس جنوبی (فاز۱)	0.958	0.933	1.014	1.006	0.997	0.998
پارس جنوبی (فاز۲و۳)	0.982	1.002	1.013	1.011	1.002	0.990
پارس جنوبی(فاز۴و۵)	0.982	1.002	1.007	1.005	1.002	0.995
پارس جنوبی(فاز۶و۷و۸)	0.980	0.992	0.907	1.228	1.297	1.261
پارس جنوبی(فاز۹-۱۸)	0.981	1.002	1.009	1.005	1.297	0.960
پارسیان	0.327	0.934	0.913	1	0.932	0.974
میمک(ایلام)	0.923	0.999	1.042	1.070	0.996	1.261

منبع : محاسبات تحقیق

نتایج جدول (۴-۵) کارایی خالص برمبنای عملکرد مدیران و نیرو های بکارگیری شده در واحد-های پالایشگاه گاز طبیعی می باشد به عبارتی دیگر میزان تاثیر سرمایه انسانی در واحدهای تحت بررسی را نشان می دهد. براساس نتایج به دست آمده پالایشگاه های خانگیران(هاشمی نژاد) مسجدسلیمان در سال۹۰-۸۹ و سرخون وقشم درسال ۹۲-۹۱ و واحد پارسیان در سال ۹۲-۹۱ توانسته اند برمبنای ظرفیت های سرمایه انسانی و متخصیص خود دقیقا و به طور مطلق برمرزکارایی قرار بگیرند. به طور کلی تمام واحد های پالایشگاهی تونسته اند از ظرفیت های کشور و سرمایه انسانی تا حدودی نیز بهره مند شوند، در بین واحدهای مورد تحقیق پالایشگاه سرخون و قشم نیز بیشترین تلاطم و نوسانات مدیریتی و سرمایه انسانی را به ثبت رسانده که تاثیر این موضوع به طور کامل در کارایی فنی در جدول (۴-۳)به وضوح قابل مشاهده و درک می‌باشد.

جدول(۴-۶) : تغییرات شاخص کارایی به مقیاس پالایشگاه‌های گازطبیعی (۱۳۹۴-۱۳۸۸)

پالایشگاه های گازطبیعی	۸۸-۸۹	۸۹-۹۰	۹۰-۹۱	۹۱-۹۲	۹۲-۹۳	۹۳-۹۴
فجر(کنگان)	0.930	0.996	1.053	1	1	1.003
خانگیران(هاشمی نژاد)	0.980	1	1.166	1	1	1
بید بلند	0.947	0.997	1	0.999	1	1
مسجد سلیمان	1	1	1.027	1	1	1
سرخون وقشم	1	1	1	1	1	1
پارس جنوبی (فاز۱)	0.899	1.029	1	0.999	1	1.004
پارس جنوبی (فاز۲و۳)	0.871	0.997	1.005	0.997	0.995	1.011
پارس جنوبی(فاز۴و۵)	0.922	0.996	1.003	0.999	0.997	1.008
پارس جنوبی(فاز۶و۷و۸)	0.990	1	1	1	0.229	1
پارس جنوبی(فاز۹-۱۸)	0.928	0.997	1.004	0.999	1	1.036
پارسیان	1.326	1	1.087	1	1	1.027
میمک(ایلام)	1	1	1	1	1	1

منبع : محاسبات تحقیق

نتایج جدول(۴-۶) بر مبنای شاخص کارایی به مقیاس به طور کلی نشان از بهره گیری اکثریت واحدهای پالایشگاهی از صرفه جویی در مقیاس‌های تولیدی نیز می باشد که می‌توان علامتی مبنی بر اشکالات و افت شاخص بهره‌وری کل همان گونه که در جداول قبل عنوان شد به دلیل مشکلات در مولفه‌های دیگر می‌باشد به طوری که پالایشگاه سرخون و قشم با دارا بهره گیری از صرفه جویی در مقیاس تولیدی توانسته در طی سال تحت بررسی دقیقا بر مرزکارایی قرار بگیرد ولی از طرفی به دلیل عملکرد های فنی و تکنولوژیکی و نوسانات تولیدی جزو آخرین پالایشگاه ها با بدترین عملکرد بهره وری قرار بگیرد. در همان راستا پالایشگاه میمک (ایلام) نیز با توجه به جوان بودن و پتانسیل های تجهیزاتی در اختیار خود فقط توانسته از صرفه جویی به مقیاس تولیدی واحد استفاده لازم را داشته باشد در صورتی که انتظار از این واحد نسبت به واحد انرژی فجر (کنگان) به مراتب بیشتر می‌باشد. با این حال وقتی عملکرد پالایشگاه پارسیان مورد بررسی خود قرار می‌دهیم کاملا تاثیرات و تحولات این پالایشگاه در تمام زمینه ها به طور مشهود قابل مشاهده می باشد و این امر می‌تواند نمونه‌ای مبنی بر امکان پذیر بودن و بهره‌مندی تمام سطوح کارایی و بهره‌وری در زمینه اقتصادتولید و محیط-زیست است.

درنهایت در طی سال های ۱۳۹۴-۱۳۸۸ در سال های ۱۳۹۳-۱۳۹۲ تمام پالایشگاه های گاز طبیعی توانسته اند از بازدهی لازم از نهاده ها و ستانده ها به نحو احسن بهره مند شود و تنها پالایشگاهی که عملکرد کارایی به مقیاس را نتوانسته محقق نماید متعلق به فاز (۶و۷و۸) پارس‌جنوبی در همان سال به میزان ۰.۲۲۹ می باشد.

جدول(۴-۷) : تغییرات شاخص بهره‌وری کل(مالم‌کوئیست) پالایشگاه‌های گازطبیعی (۱۳۹۴-۱۳۸۸)

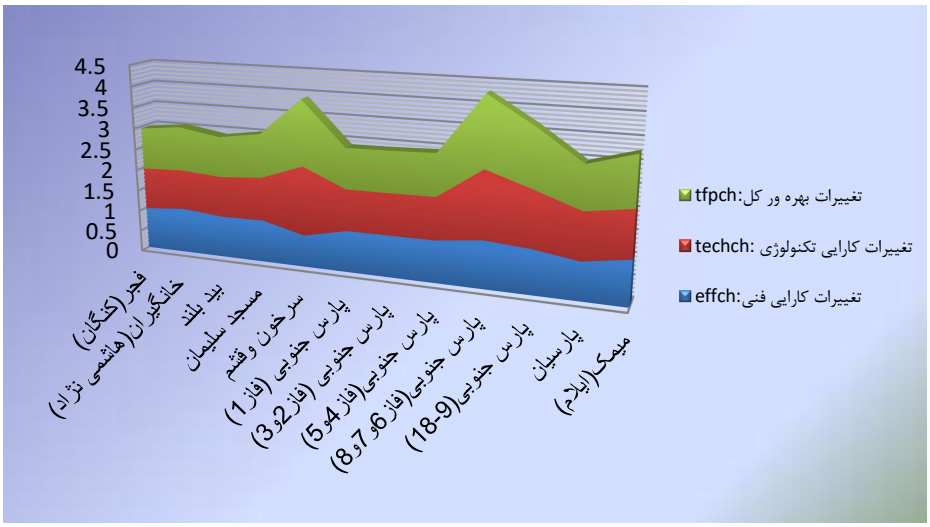
پالایشگاه های گازطبیعی	۸۸-۸۹	۸۹-۹۰	۹۰-۹۱	۹۱-۹۲	۹۲-۹۳	۹۳-۹۴
فجر(کنگان)	0.854	0.998	1.024	1.004	0.995	0.990
خانگیران(هاشمی نژاد)	0.457	0.896	1.394	1.570	1.100	0.820
بید بلند	0.663	0.981	1.064	1.013	0.977	1.013
مسجد سلیمان	1.020	1.081	1.029	1.021	0.993	0.996
سرخون وقشم	0.760	0.194	1.007	1.507	0.042	5.679
پارس جنوبی (فاز۱)	0.657	1.055	1.047	1.002	0.939	0.993
پارس جنوبی (فاز۲و۳)	0.659	1.002	1.061	1.043	0.984	0.995
پارس جنوبی(فاز۴و۵)	0.804	0.996	1.036	1.010	0.987	0.995
پارس جنوبی(فاز۶و۷و۸)	0.855	0.192	4.520	0.698	0.025	3.381
پارس جنوبی(فاز۹-۱۸)	2.392	0.992	1.012	1	1.871	0.736
پارسیان	0.290	0.872	1.126	1.418	0.949	1.339
میمک(ایلام)	0.853	1.004	1.133	1.195	1.021	1.637

منبع : محاسبات تحقیق

جدول (۴-۷) شاخص بهره وری کل یا همان شاخص بهره وری مالم‌کوئیست را براساس کارایی فنی و کارایی تکنولوژی نشان می دهد. به طور کلی این شاخص نشان از علمکرد مثبت و رو به بهبود بهره وری کل واحدهای پالایشگاهی از جمله فجر(کنگان)، بیدبلند، مسجدسلیمان، فازهای(۱) ، (۴و۵) پارس جنوبی و پارسیان با حداقل فراز و نشیب‌ها را نشان می‌دهد. در مقابل پالایشگاه‌های فاز(۶و۷و۸) و (۹-۱۸) پارس‌جنوبی و سرخون و قشم بدترین عملکرد بهره وری کل و میزان اسفباری درمقایسه با دیگر پالایشگاه های گاز طبیعی در سال های ۱۳۹۴-۱۳۸۸ به ثبت رسانده اند. از سویی براساس نتایج استخراج شده از جدول پالایشگاه های فجر(کنگان)، مسجدسلیمان، فاز(۲و۳) پارس-جنوبی را می‌توان واحدهای پالایشگاهی با ثبات نسبی و حداقل نوسانی قلمداد کرد که یکی از عامل

های مهم توسعه پایدار در شرایط حال حاضر واحدهای پایین دستی و میان دستی انرژی به ویژه پالایشگاه نفت وگاز می‌باشد.

نمودار۴-۱ متوسط تغییرات شاخص مالم‌کوئیست و مولفه‌های آن در طی سال‌های ۱۳۹۴-۱۳۸۸



منبع : محاسبات تحقیق

جدول (۴-۸) روند شاخص بهره‌وری مالم‌کوئیست و جدول (۴-۹) نیز مولفه‌های مربوط به تغییر آن را در طی دوره‌های تحقیق نیز نشان می‌دهد. درجدول (۴-۹) به طور متوسط شاخص بهره‌وری پویا مالم‌کوئیست به میزان ۱.۱۲۴ درصد افزایش یافته است. به عبارت دیگر این مقدار نشان از رشد مثبت در این حوزه انرژی دارد. از این رو برای استفاده کارآمد و حفظ موقعیت در این بخش از انرژی اهمیت زیادی داشته و با توجه به میزان منابع سوختی موجود و شرایط جهانی انرژی از جمله گازطبیعی حمایت از هر چه تمام‌تر رشد این بخش صنعت و آلودگی محیط‌زیست امر بسیار مهم و جدی تلقی می‌شود. همان طور که در نموار (۴-۱) نشان داده شده است، روندکلی تغییرات تکنولوژیکی و تغییرات بهره‌وری کل عوامل سازگار و نوسانی است در حالی که تغییر کارایی فنی با میانگین حدود ۹۸.۴ درصدی روندی پایدار و خنثی را نشان می‌دهد.

جدول (۴-۸) روند متوسط شاخص بهره وری مالم کوئیست و تجزیه وتحلیل نتایج بدست آمده:

پالایشگاه گازطبیعی	تغییرات کارایی فنی EFFCH	تغییرات کارایی تکنولوژیکی TECHCH	تغییرات کارایی خالص PECH	تغییرات کارایی مقیاس SECH	تغییرات بهره وری کل TFPCH (MINDEX)	رتبه بهره وری پالایشگاه ها TFPCH RANK
فجر(کنگان)	0.989	0.988	0.992	0.997	0.977	2
خانگیران (هاشمی نژاد)	1.071	0.948	1.045	1.024	1.039	8
بیدبلند۱و۲	0.985	0.962	0.994	0.990	0.952	5
مسجد سلیمان	1.001	1.022	0.966	1.005	1.023	7
سرخون وقشم	0.751	1.629	0.751	1.000	1.531	11
پارس جنوبی فاز۱	0.973	0.971	0.984	0.989	0.949	6
پارس جنوبی فاز۲و۳	0.980	0.972	1.000	0.979	0.957	4
پارس جنوبی فاز۴و۵	0.987	0.983	0.999	0.988	0.971	3
پارس جنوبی فاز۶و۷و۸	1.109	1.516	1.111	0.870	1.612	12
پارس جنوبی ۹-۱۸	1.036	1.300	1.042	0.994	1.334	10
پارسیان	0.882	1.085	0.847	1.073	0.999	1
میمک (ایلام)	1.048	1.076	1.049	0.999	1.140	9

منبع : محاسبات تحقیق

طبق نتایج به دست آمده جدول (۴-۸) ، شاخص بهره‌وری کل مالم‌کوئیست در تمام پالایشگاه‌های گازطبیعی کشور بیش از ۹۵٪ درصد است. بر این اساس ۶ پالایشگاه که از بین آن‌ها پالایشگاه‌های پارسیان و فجر(کنگان) از جمله پالایشگاه‌های جوان کشور می‌باشند جزو برترین

پالایشگاه‌های گازطبیعی کشور به حساب می‌آیند. از سویی فاز (۱) پارس‌جنوبی نشان از افزایش میزان متوسط شاخص بهره‌وری در این سال‌ها بوده است. در مقابل کمترین مقدار متوسط شاخص بهره‌وری مالم‌کوئیست به ترتیب ۱.۶۱۲ و ۱.۵۳۱ درصد برای (فاز۶و۷و۸) پارس‌جنوبی و سرخون وقشم می‌باشد که نشان‌دهنده به کارگیری کمتری از ابزارهای بهره‌وری و بهینه‌سازی نسبت به دیگر پالایشگاه‌های کشور می‌باشد. البته با توجه دقیق‌تر نیز در برخی پالایشگاه‌ها بعضا در مولفه‌های بهره‌وری عملکرد ضعیف‌تری از خود ثبت کرده اند ولی توانسته اند با به کارگیری دیگر عوامل موثر تولیدی تاثیر منفی بر شاخص را تعدیل نمایند. به عبارت دیگر نتایج در جدول دلالت بر ناکارایی برخی مولفه های شاخص بهره وری کل پالایشگاه ها به طور مثال سرخون و قشم به علت عدم کارایی مناسب فنی، ناکارایی خالص فنی و ناکارآمدی مقیاس آن می باشد ولی به دلیل استفاده و تزریق رو به رشد و فزاینده تکنولوژی در سال‌های مورد بررسی در این پالایشگاه عامل مهمی در تغییر شاخص بهره وری کل (مالم‌کوئیست) در بین پالایشگاه‌ها می‌باشد.

در نهایت در بین ۱۲ پالایشگاه‌های گازطبیعی کشور فاز (۶و۷و۸) پارس‌جنوبی با وجود عدم کارایی در فناوری توانسته با کمک کارآمدی خالص فنی و کارایی به مقیاس عملکرد نسبتا تعدیل شده‌ای را به خود اختصاص دهد و از مزایای نوآوری و علم و توسعه در بخش تولیدی بهره لازم را به میزان لازم بهره مند نگردد. البته بدیهی است در پالایشگاه‌های مسجدسلیمان و فجر(کنگان) دستاوردهای بزرگی در تغییر کارایی فنی به میزان ۱.۰۰۱ و ۰.۹۸۹ درصدی نسبت به دیگر پالایشگاه‌ها بوده است این امر مطمئنا به دلیل استراتژی توسعه این بخش در پالایشگاه با وجود شرایط حساس منطقه‌ای و بین‌المللی کشور مورد توجه بوده است.

جدول(۴-۹) برآورد تغییرات شاخص بهره‌وری مالم‌کوئیست پالایشگاه‌های گازطبیعی و مولفه‌های آن(۱۳۹۴-۱۳۸۸) :

سال	تغییرات کارایی فنی EFFCH	تغییرات کارایی تکنولوژیکی TECHCH	تغییرات کارایی خالص PECH	تغییرات کارایی مقیاس SECH	تغییرات بهره وری کل TFPCH (M Index)
۱۳۸۸-۱۳۸۹	0.870	0.964	0.909	1.033	**0.855**
۱۳۸۹-۱۳۹۰	0.938	0.885	0.942	0.999	**0.855**
۱۳۹۰-۱۳۹۱	1.025	1.376	0.994	1.019	**1.371**
۱۳۹۱-۱۳۹۲	1.051	1.079	1.047	1.000	**1.123**
۱۳۹۲-۱۳۹۳	0.979	0.892	0.981	0.845	**0.907**
۱۳۹۳-۱۳۹۴	1.041	1.554	1.030	1.014	**1.631**
میانگین	0.984	1.142	0.984	0.985	**1.124**

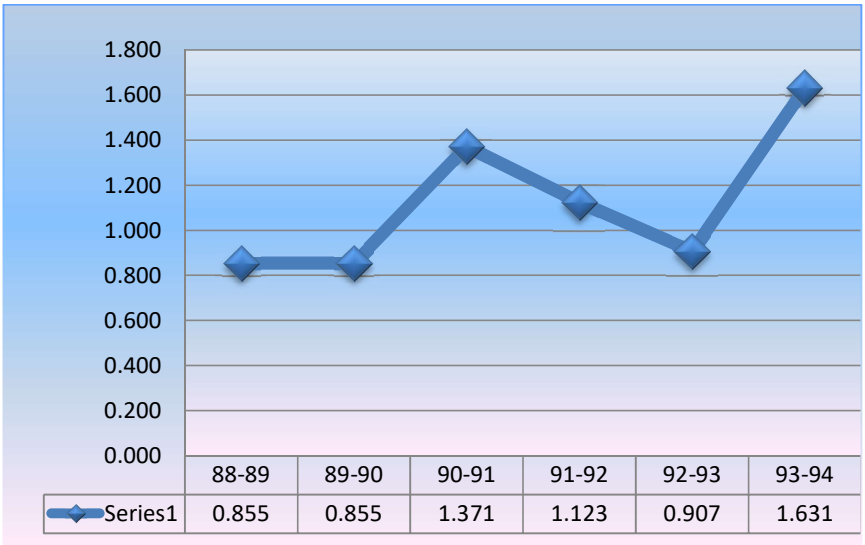
منبع : محاسبات تحقیق

مشاهدات نتایج به دست آمده در جدول (۴-۸ و۴-۹) نشان می‌دهد که برخی پالایشگاه‌ها به دلیل ناکارایی و تغییرات کم در مولفه‌های بهره‌وری باعث نتایج بد رتبه‌بندی درون شاخص شده اند. تغییرات بهره‌وری کل پالایشگاه‌ها (MI) در طی سال‌های ۱۳۹۰-۱۳۸۸ در یک روند خنثی بوده‌اند ولی در سال‌های بعد با فراز و فرودهایی رشدهای چشمگیری را در برهه‌های زمانی تجربه کرده است. به طور مشخص دلیل عقب نشینی MI (شاخص بهره‌وری) در سال ۱۳۹۴-۱۳۹۳ عملکرد شدیدا کاهشی پالایشگاه‌های سرخون و قشم و فاز (۶و۷و۸) پارس‌جنوبی است که در سال بعد تعدیل رو به مثبتی در روند تولیدی پالایشگاه‌ها رخ می‌دهد.

در سال‌های اخیر با نشست اجلاس پاریس و افزایش تقاضا و رویکرد جامعه جهانی به انرژی‌های پاک بهره‌وری انرژی مسئله اصلی در برنامه‌ریزی تولیدی قرار گرفته و این امر منجر به تغییر ساختار مدیریتی، صنعتی و تکنولوژی گردیده است. درکشور ایران نیز سعی در پیشرفت همگام با جوامع بین

المللی اقدام به سیاست‌های اصلاحات ساختاری در این بخش صورت گرفته ولی به دلیل مسائل میدانی و منطقه‌ای و عدم زیر ساخت‌های مناسب این تغییرات نیز با روند کندی همراه بوده و البته می‌توان به وضوح بعضی تغییرات عملیاتی و استراتژی‌های راهبردی و کلیدی را مشاهده نمود. توجه داشته باشید که در نمودار (۴-۲) تغییرات کارایی خالص فنی (PECH) و کارایی مقیاس (SECH) روند خنثی را داشته اند پس بیشترین تاثیر شاخص بهره‌وری نیز از تغییرات تکنولوژی بوده است.

نمودار(۴-۲) متوسط تغییرات بهره‌وری کل (MI)



منبع : محاسبات تحقیق

طبق نمودار (۴-۲) در سال های ۹۱-۹۰ و ۹۴-۹۳ بالاترین مقدار متوسط بهره‌وری در دوره زمانی در حال بررسی می‌باشد. همچنین در دوره‌هایی نیز روند خنثی و کاهشی نیز در میزان MI با درجه‌های مختلف مشاهده می‌شود. به طور کلی این نکته حائز اهمیت است که عملکرد بهره‌وری کل (شاخص مالم‌کوئیست MI) بستگی به همه تقسیمات دارد و به همین دلیل اختلاف در ۱۲ واحد پالایشگاه‌های گازی کشور نیازمند بهبود کارایی و عملکرد کلی آن‌ها با توجه به شرایط خاص که با آن روبه‌رو هستند مورد برررسی قرار گیرد.

۴-۴ نمونه توضیحی درقالب مدل های دسترسی آزاد و نیمه دسترسی

در این بخش از مطالعه برای درک بهتر از راهکار و مزایای مدل دسترسی آزاد و نیمه‌دسترسی اقدام به پیاده سازی این مدل ها در قالب عملی درصنعت انرژی صورت گرفته است و از طرفی به دلیل مشکلات ساختاری و سیستمی پالایشگاه های گازطبیعی از این مدل‌های کاربردی از واحد انرژی جایگزین و بسیار نزدیک به صنعت پالایش گازطبیعی ازجمله نیروگاه های برق گازسوز مورد استفاده قرار گرفته است. بدین منظور در این قسمت تفاوت بین فرض قوی و ضعیف دسترسی آزاد و نیمه دسترسی به صورت خروجی محور در ارزیابی فنی- محیط‌زیست نیروگاه‌های برق با سوخت گازطبیعی به منظور بهینه سازی یکی از مهمترین واحدهای انرژی مورد بررسی می باشد. درهمین راستا همان طور که در بخش های قبل بیان شد چهار نهاده و چهار ستانده مورد بررسی قرار گرفته شده است. مجموع نیروگاه‌های برق با سوخت گازطبیعی حدود ۳۹ واحد می‌باشد که نتایج استخراجی از مدل‌های ذکر شده آنها در جدول ذیل نشان داده شده است.

جدول(۴-۱۰) : متوسط نتایج نیروگاه‌های برق گازطبیعی-گازوئیل با مالکیت دولتی براساس فروض بازدهی ثابت به مقیاس (CRS) در طی سال ۱۳۹۵-۱۳۹۰

CRS						
نیمه قابل دسترس ضعیف (θ_k^{mL})	نیمه قابل دسترس قوی (θ_k^{mu})	ضعیف (θ_k^{w})	قوی (θ_k^{s})	نیروگاه		
1.230	1.230	1.230	1.230	صوفیان	۱	
1.061	1.088	1.053	1.086	ارومیه	۲	
1.000	1.000	1.000	1.000	هسا	۳	
1.000	1.000	1.000	1.000	درود	۴	
1.000	1.000	1.000	1.000	ری	۵	
1.345	1.345	1.345	1.345	قائن	۶	
1.182	1.184	1.177	1.184	بسطامی(شاهرود)	۷	
1.000	1.000	1.000	1.000	زاهدان	۸	
1.490	1.660	1.158	1.762	کنارک(چابهار)	۹	
1.003	1.003	1.003	1.003	کنگان	۱۰	
1.000	1.000	1.000	1.000	بوشهر	۱۱	
1.000	1.000	1.000	1.000	شیراز	۱۲	
1.618	1.618	1.675	1.675	شهیدبهشتی (لوشان)	۱۳	
1.000	1.000	1.000	1.000	خلیج فارس(هرمزگان)	۱۴	
1.011	1.011	1.011	1.011	بندرعباس	۱۵	
1.005	1.005	1.005	1.005	یزد	۱۶	
1.042	1.046	1.039	1.049	کیش	۱۷	

محاسبات تحقیق

جدول(۴-۱۱) متوسط نتایج نیروگاه‌های برق گازطبیعی-گازوئیل با مالکیت خصوصی براساس فروض بازدهی ثابت به مقیاس (CRS) در طی سال۱۳۹۵- ۱۳۹۰

CRS						
نیمه قابل دسترس ضعیف (θ_k^{mL})	نیمه قابل دسترس قوی (θ_k^{mu})	ضعیف (θ_k^{w})	قوی (θ_k^{s})	نیروگاه		
1.000	1.000	1.000	1.000	تبریز	۱	
1.108	1.173	1.000	1.181	سبلان	۲	
1.098	1.102	1.095	1.102	کاشان	۳	
1.034	1.035	1.025	1.035	جنوب اصفهان(چهلستون)	۴	
1.237	1.249	1.216	1.249	پرند	۵	
1.000	1.000	1.000	1.000	رودشور	۶	
1.065	1.066	1.054	1.066	فردوسی	۷	
1.073	1.146	1.000	1.161	خرمشهر	۸	
1.036	1.036	1.009	1.036	زرگان(شهیدمدحج)	۹	
1.284	1.295	1.256	1.301	سلطانیه	۱۰	
1.464	1.469	1.464	1.474	قدس(سمنان)	۱۱	
1.080	1.192	1.000	1.268	چابهار گازی	۱۲	
1.199	1.207	1.180	1.207	زاگرس	۱۳	
1.003	1.004	1.000	1.004	عسلویه	۱۴	
1.000	1.000	1.000	1.000	جهرم	۱۵	
1.004	1.011	1.000	1.019	حافظ	۱۶	
1.000	1.000	1.000	1.000	کهنوج	۱۷	
1.000	1.000	1.000	1.000	گلستان	۱۸	
1.000	1.000	1.000	1.000	نوشهر	۱۹	

۲۰	شریعتی	1.084	1.084	1.083	1.083
۲۱	مشهد	1.029	1.023	1.029	1.026
۲۲	شهید زنبق یزد	1.000	1.000	1.000	1.000

محاسبات تحقیق

جدول(۴-۱۲) متوسط نتایج نیروگاه‌های برق گازطبیعی-گازوئیل با مالکیت دولتی براساس فروض بازدهی متغیر به مقیاس(VRS) در طی سال ۱۳۹۵- ۱۳۹۰

VRS					
	نیروگاه	قوی (φ_k^s)	ضعیف (φ_k^w)	نیمه قابل دسترس قوی (φ_k^{mu})	نیمه قابل دسترس ضعیف (φ_k^{mL})
۱	صوفیان	1.227	1.227	1.227	1.227
۲	ارومیه	1.022	1.022	1.022	1.022
۳	هسا	1.000	1.000	1.000	1.000
۴	درود	1.000	1.000	1.000	1.000
۵	ری	1.000	1.000	1.000	1.000
۶	قائن	1.315	1.315	1.315	1.315
۷	بسطامی(شاهرود)	1.177	1.167	1.176	1.174
۸	زاهدان	1.000	1.000	1.000	1.000
۹	کنارک(چابهار)	1.704	1.154	1.562	1.400
۱۰	کنگان	1.000	1.000	1.000	1.000
۱۱	بوشهر	1.000	1.000	1.000	1.000
۱۲	شیراز	1.000	1.000	1.000	1.000
۱۳	شهیدبهشتی(لوشان)	1.573	1.573	1.603	1.603
۱۴	خلیج فارس(هرمزگان)	1.000	1.000	1.000	1.000
۱۵	بندرعباس	1.000	1.000	1.000	1.000

۱۶	یزد	1.000	1.000	1.000	1.000
۱۷	کیش	1.029	1.004	1.026	1.022

محاسبات تحقیق

جدول(۴-۱۳) متوسط نتایج نیروگاه‌های برق گازطبیعی-گازوئیل با مالکیت خصوصی براساس فروض بازدهی متغیر به مقیاس (VRS) در طی سال ۱۳۹۵- ۱۳۹۰

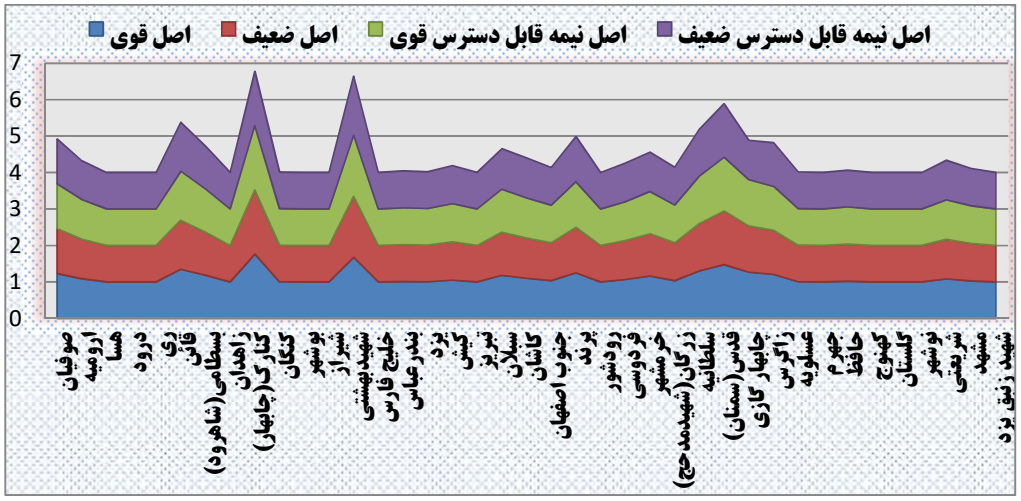
VRS					
	نیروگاه	قوی (φ_k^s)	ضعیف (φ_k^w)	نیمه قابل دسترس قوی (φ_k^{mu})	نیمه قابل دسترس ضعیف (φ_k^{mL})
۱	تبریز	1.000	1.000	1.000	1.000
۲	سبلان	1.171	1.000	1.161	1.080
۳	کاشان	1.098	1.092	1.097	1.094
۴	جنوب اصفهان(چهلستون)	1.029	1.000	1.029	1.028
۵	پرند	1.109	1.000	1.109	1.101
۶	رودشور	1.000	1.000	1.000	1.000
۷	فردوسی	1.065	1.010	1.065	1.064
۸	خرمشهر	1.129	1.000	1.114	1.096
۹	زرگان(شهیدمدحج)	1.021	1.000	1.021	1.015
۱۰	سلطانیه	1.293	1.235	1.288	1.278
۱۱	قدس(سمنان)	1.457	1.447	1.456	1.451
۱۲	چابهار گازی	1.254	1.000	1.182	1.075
۱۳	زاگرس	1.160	1.062	1.159	1.136
۱۴	عسلویه	1.003	1.000	1.003	1.003
۱۵	جهرم	1.000	1.000	1.000	1.000
۱۶	حافظ	1.000	1.000	1.000	1.000

۱۷	کهنوج	1.000	1.000	1.000	1.000
۱۸	گلستان	1.000	1.000	1.000	1.000
۱۹	نوشهر	1.000	1.000	1.000	1.000
۲۰	شریعتی	1.000	1.000	1.000	1.000
۲۱	مشهد	1.022	1.022	1.022	1.022
۲۲	شهید زنبق یزد	1.000	1.000	1.000	1.000

محاسبات تحقیق

براساس جدول بالا $\theta_k^s, \theta_k^v, \theta_k^{mU}, \theta_k^{mL}$ نشان‌دهنده کارایی DMU_k درتمام حالت تحت CRS از فروض قابل‌دسترسی است و از سویی $\varphi_k^s, \varphi_k^w, \varphi_k^{mU}, \varphi_k^{mL}$ نشان‌دهنده کارایی تحت VRS فرض‌های دسترسی آزاد و نیمه دسترسی است. براساس نتایج حاصل از فرضیه CRS در جدول ۵، می‌بینیم که برای هر DMU_k زمانی که درجه دسترسی آزاد کوچکتر و برابر واحد باشد پتانسیل بهبود کارایی بیشتری داراست و این میزان به واسطه تفاوت‌های بزرگ بین θ^w و θ^{mL} بیشتر بیانگر این موضوع باشد. بر مبنای این تفاوت‌ها می‌توان در محدوده تکنولوژی تولید فعلی و معرفی مدیریت پیشرفته و تکنولوژی کارایی این نیروگاه‌ها می‌تواند با کاهش خروجی‌های نامطلوب با ورودی‌های داده شده و خروجی مطلوب بهبود یابد و از سویی برای بعضی از خروجی‌های نامطلوب که نمی‌توانند آزادانه کاهش یابد، تاثیر بر کارایی مستقیما با تفاوت بین θ^s و θ^{mu} منعکس می‌شود به طوری که در این وضعیت کاهش خروجی‌های نامطلوب با ورودی‌های داده شده و خروجی‌های مطلوب در محدوده تکنولوژی تولید فعلی غیرممکن است.

نمودار(۴-۳) متوسط خروجی فروض مورد بررسی تحت بازدهی ثابت به مقیاس ۳۹ نیروگاه برق (مالکیت دولتی وخصوصی) باسوخت گازطبیعی-گازوئیل درطی سال‌های ۱۳۹۵-۱۳۹۰

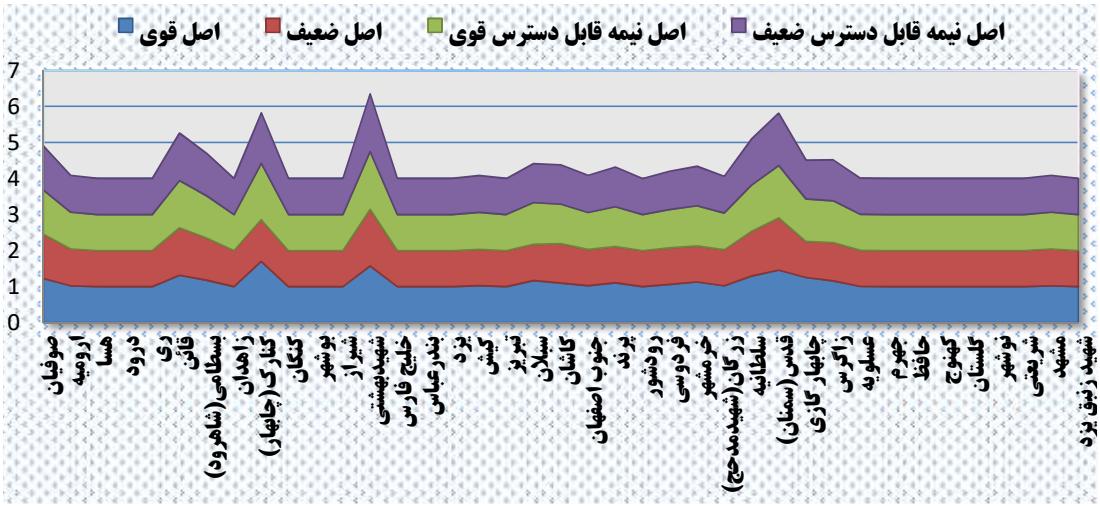


ماخذ:محاسبات تحقیق

بنابراین با توضیحات بیان شده ۱۵ نیروگاه کاراترین و بیشترین کارآمدی بر مبنای کارایی فنی-محیطزیستی تحت بازدهی به مقیاس ثابت (CRS) در بین ۳۹ نیروگاه برق گازطبیعی-گازوئیل با مالکیت دولتی و خصوصی دارا هستند که نیروگاه‌های دولتی : هسا ، درود ، ری، زاهدان، بوشهر، شیراز، خلیج فارس و از نیروگاه‌های خصوصی : تبریز، رودشور، جهرم، حافظ، کهنوج، گلستان، نوشهر، شهیدزنبق‌یزد در بر میگیرد و در مقابل ناکارآمدترین و ناکاراترین نیروگاه برق فنی- محیطزیستی که براساس اصل قوی و نیمه‌قابل‌دسترسی که به واسطه‌ی تفاوت زیاد بین اصل ضعیف و نیمه قابل-دسترس بروز می‌کند از جمله نیروگاه های برق دولتی صوفیان، قائن، کنارک (چابهار)، شهیدبهشتی و از نیروگاه‌های برق خصوصی سبلان، پرند، خرمشهر، سلطانیه، قدس، چابهار و زاگرس نام برد که بیشترین میزان عدم‌کارایی متعلق به نیروگاه‌های دولتی کنارک (چابهار) به میزان ۱.۷۶۲ و شهیدبهشتی ۱.۶۷۲ و از نیروگاه‌های خصوصی سلطانیه ۱.۳۰۱ می‌باشد. لازم به ذکر است در فروض مورد بررسی تحت CRS بررسی ۱۳ نیروگاه برق از جمله ارومیه، بسطامی (شاهرود)، کنگان، بندرعباس، یزد، کیش، جنوب اصفهان، فردوسی، زرگان (شهیدمدحج)، عسلویه، حافظ، شریعتی و مشهد را می‌توان جزو نیروگاه‌های برقی با پتانسیل و رشد در راستای مرزکارایی قرار گیرند و با

اصلاحات مدیریتی و ساختاری در خط تولیدی و نهاده های ورودی و خروجی می‌توان سهم به سزایی در حداکثر تولید و تزریق برق به شبکه با حفظ کمترین اتلاف منابع مصرفی و آسیب‌های آب و هوایی محیط‌زیست ایفا کرد.

شکل(۴-۴) متوسط خروجی فروض مورد بررسی تحت بازدهی متغیر به مقیاس ۳۹ نیروگاه برق (مالکیت دولتی و خصوصی) با سوخت گازطبیعی-گازوئیل در طی سال‌های ۱۳۹۵-۱۳۹۰



ماخذ:محاسبات تحقیق

با توجه به نتایج مشابه در فروض مدل تحت بازدهی ثابت به مقیاس (CRS) با مقایسه نتایج حاصل از فرضیه‌های تحت بازدهی متغیر به مقیاس (VRS) نشان‌دهنده تاثیرپذیری و صادق بودن فرضیه نیمه‌دسترسی در VRS است. بنابراین بر مبنای نتایج استخراجی از مدل‌های مدنظر تحت بازدهی متغیر به مقیاس ۱۵ نیروگاه برق گاز طبیعی-گازوئیل بر روی مرزکارایی فنی- محیط‌زیستی قرار دارند که از جمله آن ها: هسا، درود، ری، زاهدان، بوشهر، شیراز، خلیج‌فارس، تبریز، رودشور، جهرم، حافظ، کهنوج، گلستان، نوشهر، شهیدزنبق یزد می‌باشند از طرفی ۳ نیروگاه برق کنگان، بندرعباس، یزد نیز به آنها اضافه می‌شود درصورتی که این سه نیروگاه برق براساس فروض تحت CRS در فاصله حداقلی از مرزکارایی قرار می‌گرفتند. پس اگر این نیروگاه‌ها بتوانند تغییرات اصلاحات کلیدی در نهاده ها و ستانده‌های مبتنی بر بستر ظرفیت و بازدهی متغیر به مقیاس می‌توانند از این الگو استفاده نمایند تا در مدار کارایی فنی – زیست محیطی در راستای حداکثر تولید و حداقل اتلاف

منابع و آسیب های محیط‌زیستی قرار بگیرند. در مقابل بدترین عملکرد و ناکارایی فنی- محیط‌زیستی استخراج شده از مدل‌های بکارگیری شده در بین ۳۹ نیروگاه برق گازطبیعی-گازوئیل تحت VRS متعلق به کنارک (چابهار) به میزان ۱.۷۰۴ ، شهیدبهشتی به میزان ۱.۵۷۳ و قدس (سمنان) ۱.۴۵۷ می‌باشد که از جمله مشکلات این واحدها را می‌توان بر مبنای مقادیر استخراجی از مدل‌ها را فقدان انگیزه کافی در راستای افزایش سطح کارایی و بازدهی صرفه به مقیاس در ساختار سیستم مدیریتی و تولیدی، عدم تعدیل هزینه‌های مالی و عملیاتی، تامین و نگهداری در راستای به کارگیری نیروهای مولد و متخصص، عدم وجود چارت سیکل تجهیزات و ابزارها برمبنای چشم اندازها وشرایط پیش رو، عدم اتخاذ سیاست‌های تشویقی و تنبیهی در واحدهای تولیدی و زمان‌های نامناسب به تغییر مالکیت برخی نیروگاه برق دولتی به خصوصی می‌توان نام برد.

در نهایت با توجه به تجزیه و تحلیل‌های صورت گرفته دراین مطالعه می‌توان با به کارگیری مدل تحلیل پوششی داده‌ها، دسترسی آزاد و نیمه‌دسترسی کارایی واحدهای انرژی ازجمله نیروگاه‌های برق که می‌توان در آینده نه چندان دور جزو کلیدی‌ترین حامل‌های انرژی پاک در بین بقیه سوخت‌های مصرفی قرار بگیرند. پس با استفاده از فرض ضعیف دسترسی آزاد کارایی DMUهای انرژی را بیش از پیش ارزیابی می‌کند در حالی که فرض قوی دسترسی آزاد کارایی این واحدها را کاهش می‌دهد و ازسویی مدل نیمه‌دسترسی را می‌توان یک ارزیابی منطقی و کاربردی از کارایی واحدها هم از منظر فنی و تولیدی و هم از دیدگاه آلایندگی محیط‌زیست که یکی از معظلات اخیر کشور ایران می‌باشد بهره‌گیری لازم را داشت به طوری که این ابزار اطلاعات به مراتب بیشتری را برای تسهیل بهبود و توسعه نیروگاه‌های برق کشور فراهم می‌کند و پیش‌بینی فراتر از انتظار در ارزیابی فنی- محیط‌زیستی این بخش کلیدی انرژی نمایان می‌کند.

این مقاله از روش تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) و مدل جدیدی تحت عنوان نیمه قابل‌دسترسی اقدام به اندازه‌گیری کارایی فنی- محیط‌زیستی ۳۹ نیروگاه‌های برق با سوخت‌های گازطبیعی-گازوئیل

و مالکیت دولتی و خصوصی نموده است و سعی در پوشش تمام جهات وکامل ظرفیت‌های تولیدی و محیط‌زیستی این واحدها تحت فروض بازدهی ثابت به مقیاس (CRS) و بازدهی متغیر به مقیاس (VRS) در طی سال‌های ۱۳۹۵-۱۳۹۰ داشته است. نتایج به دست آمده از این پژوهش به طورکلی کارایی فنی- محیط‌زیستی براساس بازدهی ثابت به مقیاس (CRS) به طور متوسط در سال‌های مورد مطالعه بر مبنای مدل اصل ضعیف به میزان ۱.۰۸۰ و بر مبنای اصل نیمه‌دسترسی ضعیف ۱.۰۹۷ درصد بوده است که نشان از امکان بهبود و انجام اصلاحات ساختاری در سیستم تولید و مدیریتی می‌توان به میزان اختلاف اصل ضعیف و نیمه‌دسترسی ضعیف میزان تولید را در حد بهینه و حفظ محیط‌زیست بهبود داد و در پی آن بر مبنای میزان متوسط مدل اصل قوی به میزان ۱.۱۱۷ و اصل نیمه قابل‌دسترسی به میزان ۱.۱۱۰ از اختلاف آن میزان آلاینده‌ها و تولید چشم پوشی کرد که در نهایت با مقایسه خروجی‌های مطلوب و نامطلوب سهم خروجی نامطلوب را به میزان قابل توجهی کاهش داد. البته لازم است در صورت شرایط مناسب دولت‌های وقت و ایجادسازی ظرفیت‌ها و تکنولوژی مورد نیاز دسترسی آزاد آن میزان خروجی نامطلوب غیردسترسی مدیریتی که لزوما در اصل قوی نمایان می‌شود را می‌توان ازهمین مقدارتا حد صفر رسانید. برمبنای مدل‌های به کارگیری شده در مقاله تحت CRS؛ ۱۵ نیروگاه برق با سوخت گازطبیعی-گازوئیل توانسته‌اند به صورت کارا بهترین عملکرد فنی و محیط‌زیستی را به خود اختصاص دهند؛ از جمله نیروگاه‌های برق با مالکیت دولتی هسا، درود، ری، زاهدان، بوشهر، شیراز، خلیج فارس و از نیروگاه‌های برق با مالکیت خصوصی تبریز، رودشور، جهرم، حافظ، کهنوج، گلستان، نوشهر و شهیدزنبق یزد توانسته‌اند بر مرزکارایی فنی-محیط-زیستی قرار بگیرد و در مقابل ۴ نیروگاه برق دولتی، ۷ نیروگاه برق خصوصی در بیشترین سطح از عدم کارایی و ناکارآمدی زیستی قرار گرفته‌اند. نیروگاه‌های برق دولتی کنارک (چابهار) به میزان ۱.۷۶۲ و شهیدبهشتی به میزان ۱.۶۷۲ و نیروگاه برق خصوصی سلطانیه به میزان ۱.۳۰۱ بدترین و بیشترین فاصله از مرزکارایی فنی- محیط‌زیستی را به خود اختصاص داده‌اند.

با توجه به نتایج به دست آمده از در فروض مدل تحت CRS در مقایسه با فروض تحت VRS نشان‌دهنده تاثیرپذیری فرضیه نیمه‌دسترسی در VRS است. بنابراین بر مبنای نتایج استخراجی از مدل مدنظر در بازدهی متغیر به مقیاس ۱۵ نیروگاه برق دولتی و خصوصی به صورت کارا تولید الکتریسیته در راستای حفظ پایداری محیط‌زیست در منطقه خود داشته‌اند که از جمله : هسا، درود، ری، زاهدان، بوشهر، شیراز، خلیج‌فارس ، تبریز، رودشور، جهرم، حافظ، کهنوج، گلستان، نوشهر و شهیدزنبق یزد آن‌ها می‌باشند. از طرفی ۳ نیروگاه برق کنگان، بندرعباس، یزد نیز به آن‌ها اضافه می شود، درصورتی که اعمال اصلاحات و بهره‌گیری از بازدهی متغیر به مقیاس در نهاده‌ها و ستانده‌های واحدهای تولیدی و رویکردهای مدیریت پیشرفته می‌توانند در جمع واحدهای کارا قرار بگیرند. در ادامه همین ارزیابی بدترین عملکرد کارایی فنی- محیط‌زیستی تحت VRS متعلق به نیروگاه کنارک (چابهار) به میزان ۱.۷۰۴، شهیدبهشتی به میزان ۱.۵۷۳ و قدس (سمنان) ۱.۴۵۷ می‌باشد که از مهمترین مشکلات در این واحدها را می‌توان به دلیل فقدان انگیزه و بهره‌گیری از کارایی و بازدهی-های صرفه به مقیاس در برنامه‌ریزی تولیدی، عدم تعدیل هزینه‌های عملیاتی و تامین و نگهداری به وسیله نیروهای مولد و متخصص، نداشتن چشم انداز و چارت سیکل تجهیزات و ابزارهای تولیدی و تنوع آن‌ها، عدم اتخاذ سیاست‌های تشویقی و تنبیهی در واحدهای تولیدی و نداشتن شاخص استاندارد محیط‌زیستی متناسب با شرایط منطقه‌ای و بسیار از عوامل سه گانه کارایی در مباحث تولیدی، اقتصادی و محیط‌زیستی نام برد؛ که نیاز به جهاد انقلابی تصمیم‌گیران، متخصصین و کارشناسان در این حوزه انرژی حساس و مهم به عنوان رکن تحول در جوامع امروز احساس می‌شود.

فصل پنجم نتیجه گیری و جمع بندی

۵-۱ جمع بندی و نتیجه گیری پالایشگاه های گازطبیعی

مدل DEA به طور گسترده برای اندازه‌گیری کارایی، راندمان و بهینه‌سازی در سطوح مختلف انرژی از جمله نفت و گاز می‌تواند مورد استفاده قرار بگیرد. در این تحقیق با استفاده از نرم افزار لینگو۱۷.۱ و بهره‌گیری روش تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) متناسب با پالایشگاه‌های گازطبیعی و شاخص مالم‌کوئیست، اقدام به اندازه‌گیری بهره‌وری و بهینه‌سازی پالایشگاه‌های گازطبیعی کشور با رویکرد محیط‌زیستی است. بدین منظور بهره‌وری عملکرد مربوط به DEA از ۱۲ پالایشگاه گازطبیعی که منجر به تولید خروجی مطلوب و نامطلوب براساس موارد تجربی و کاربردی مدنظر قرار میگیرد و تلاش برای ارزیابی بهره‌وری پالایشگاه‌ها در چارچوب دو خروجی گازخالص حاصل از پالایش و گازهای آلاینده حاصل از مراحل تولید می‌باشد. هدف اصلی این مقاله ارائه مدل برنامه ریزی خطی DEA پالایشگاه‌های گازطبیعی برای اندازه‌گیری کارایی و بهره‌وری عملکرد آن ها در تمام سطوح ممکن است و با استفاده از مفهوم فنی و زیست‌محیطی DEA دو مدل شاخص بهره وری را به کار گرفته‌ایم. اولین شاخص $EEPL_1$ تلاش در کاهش نهاده‌های ورودی به منظور حفظ و افزایش خروجی مطلوب به منظور هدایت به سمت مرز بهترین عملکرد باشد. نتایج حاصل از $EEPL_1$ نشان از عملکرد ۲ پالایشگاه خانگیران (هاشمی نژاد) و پارسیان بر روی مرز کارایی است که در بین تمام پالایشگاه‌ها بهترین عملکرد فنی و زیست‌محیطی واحد و در مقابل فاز(۶و۷و۸) پارس‌جنوبی به میزان ۰.۱۶۸ بدترین کارایی فنی- محیطی را به دست آورده‌اند و بقیه پالایشگاه‌ها به ترتیب سرخون و قشم (۰.۹۹۷)، فجر (۰.۹۸۷)، بیدبلند۱و۲ (۰.۹۷۷)، مسجدسلیمان (۰.۹۵۳)، میمک(۰/۹۴۰)، فاز۱ پارس-جنوبی (۰.۹۰۶)، فاز ۲و۳ پارس‌جنوبی (۰.۸۷۸)، فاز ۴و۵ پارس‌جنوبی (۰.۸۷۷)، فاز ۹-۱۸ پارس-جنوبی (۰.۸۴۲) روند نزولی نسبت به یکدیگر مبتنی بربهبود کارایی فنی و محیط‌زیستی دارا می‌باشند. به طورکلی نتایج حاصل از $EEPL_1$ در طی سال‌های مورد بررسی به میزان ۰.۸۷۷ می‌باشد. تحقیقات در این مدل دلالت بر اصلاح سیاست‌های مدیریتی و برنامه‌ریزی در بخش‌های تولیدی با نگاه فراتر از جناح‌های بندی‌های سیاسی و اجتماعی را می‌طلبد. از سویی ضعف‌های از جمله بخش

خصوصی ضعیف و مالکیت مطلق دولت ، سیستم ناکارآمد مالی و عدم توجه به بهینه‌سازی زنجیره تأمین در بخش‌های تولید، توزیع و بازگشت سرمایه، عدم نظارت و قوانین ساختاری منسجم بر تعهدات پیمانکارها و مطالبات، فشارهای خارجی بدون توجه به ظرفیت‌های موجود تولیدی، تنوع در تجهیزات و وابستگی شدید آن ها به خارج مرزهای کشور و عدم شناسایی موقعیت جغرافیایی و زیست بوم در زمان احداث برخی پالایشگاه‌ها می‌توان اشاره نمود. درصنایع بالادستی نفت وگاز و نیروگاهی و نیز مدیریت پروژه‌های بزرگ به دلیل تمرکز بر هزینه‌های سرمایه‌ای به نسبت هزینه‌های عملیاتی باید به طراحی و بهینه سازی شبکه تولیدی توجه کافی داشت و به منظور دستیابی به اهداف اقتصادی و اطمینان از برنامه‌ریزی عرضه-تقاضا و حفاظت از محیط‌زیست در راستای چشم‌اندازهای صاحب نظران اقتصادی انرژی قرارگیرد و بهتر است متخصصان انرژی به جای فکر کردن به سال جاری و سال بعد به ده سال آینده یا دورتر بیاندیشند تا از انحراف‌ها و غفلت‌های هرچند کوچک در این زمینه که می تواند به فجایع بزرگ منجر شود را به حداقل تقلیل دهند. با توجه به موارد ذکرشده اگر به طور متوسط ٪۵ درصدبرمیزان عملکردپالایشگاه ها این اصلاحات لحاظ گردد می توان باعث کاهش اختلاف پالایشگاه ازمرزکارایی شده و ازسویی تمام ظرفیت‌های قابل‌دسترسی آن‌ها با بیشترین بازدهی باحفظ شرایط محیطی مناطق بهره مند شد. لازم به ذکر است مدل $EEPL_2$ یک مدل ترکیبی برای پارامترهای مختلف در حوزه‌های پایین‌دستی انرژی با توجه به شرایط تولیدی آن ها مورد استفاده قرار گرفته می‌شود به طوری که اگر میزان تتا های ورودی یا خروجی مورد متوجه بیشتری مورد توجه قرار بگیرد پس می‌توان تابع هدف را به تعداد هر واحد از آن نیز تعدیل و برآورد دقیق‌تری از نهاده‌ها و ستانده های ترکیبی را استخراج نمود. در ادامه با بهره‌گیری از شاخص مالم‌کوئیست قادر به اندازه-گیری کارایی مبتنی بر این شاخص در چارچوب عوامل موثر در واحد مورد بررسی قرارگرفته است.

نتایج برآورد شاخص مالم‌کوئیست نشان از وجود افزایش رشد بهره‌وری با نوسانات رو به مثبت می‌باشد. کارایی فنی ۱۲ پالایشگاه گازطبیعی درطی سال‌های مورد مطالعه به میزان ۰.۹۸۴ به دست آمده است که نتیجه کارایی خالص فنی (مدیریتی و...) و ۰.۹۸۵ کارایی مقیاس می‌باشد. با مشاهده

متوسط میزان دو کارایی فنی خالص و کارایی مقیاس در طی دوره می‌توان نتیجه کارایی فنی رو به بهبود متأثر از این دو مولفه دانست. از طرفی بهره‌وری کل (MI) پالایشگاه‌ها در خلال سال‌های مورد مطالعه به طور متوسط با نرخ ۱.۱۲۴درصد رشد داشته است هشدار مبنی بر بهره وری کاهشی در برخی از واحدهای پالایشگاهی و افزایش آن خواهد بود. متوسط تغییرات کارایی تکنولوژی به میزان ۱.۱۴۲ نشان از روند رو به کاهش آن و اثرگذاری به مراتب بیشتر نسبت به کارایی فنی به میزان ۰.۹۸۴ دارد و نشان از ضعف و بی‌توجهی در کارایی فناوری های جدید با روندی فزاینده و منفی در واحدهای پالایشگاه‌های کشور می‌باشد. پالایشگاه‌های گازطبیعی کشور با بهبود درکیفیت و رشد عملکردی نیازمند توجه بیشتر از بازده نسبت به مقیاس تولید با توجه به کاهش شدت منابع مصرفی وچشم انداز نسبت به ایجاد و احداث زیرساخت های تولید داخلی تکنولوژی است. با توجه به تجزیه و تحلیل از تمام پالایشگاه‌ها بهره‌وری عوامل و مولفه‌های موثر بر شاخص به میزان قابل قبولی تقویت و مثبت گردیده است. تحقیق حاضر در موردعوامل موثر در عملکرد فنی و خروجی مطلوب و نامطلوب مورد بحث قرار گرفت که نتایج حاکی از تغییرات نسبتا مثبت شاخص $EEPL_1$ و شاخص مالم کوئیست در ساختار کلی ومدیریتی برخی پالایشگاه‌های کشور و توجه به اصلاحاتی در زمینه عملکرد تکنولوژیکی و فنی می‌باشد.

در نهایت این پژوهش مطالعه تجربی و کاربردی برای اندازه‌گیری بهره‌وری ۱۲ پالایشگاه گاز طبیعی برای اندازه‌گیری راندمان بهره وری (بهینه سازی) در حوزه انرژی-گازطبیعی کشور ایران در طی سال ۱۳۹۴-۱۳۸۸ می‌باشد. لازم به ذکر است، شاید میزان رشد در پالایشگاه‌های کشور مقدار چشمگیری را نسبت به پالایشگاه‌های گازطبیعی در عرصه جهانی نشان نمی‌دهد ولی با بررسی و در نظر گرفتن فشارهای سیاسی کشورهای خارجی و عوامل موثر داخلی و خارجی بر این بخش انرژی می‌توان این میزان تحول در این بخش را حاصل توجه برنامه‌ریزی ها و همت بلند جوانان این مرز و بوم در بخش نفت و گاز و پتروشیمی دانست.

۵-۲ جمع بندی و نتیجه گیری از پیاده سازی مدل دسترسی آزاد و نیمه دسترسی درقالب نیروگاه های برق

از روش تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) در جهت بررسی و ارزیابی پالایشگاه‌های گازطبیعی مورد استفاده گردید و در ادامه پژوهش به منظور ارائه و ایجاد راهکارهای کاربردی از مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی مدل جدیدی تحت عنوان دسترسی آزاد و نیمه‌دسترسی معرفی گردید که به دلایل ساختاری و سیستمی به طور کلی در بخش کلان پالایشگاه‌ها و تنوع محصولات و محدودیت دیتا در طیف های زمانی خاص ازجمله اورهال[۶۲] امکان پذیر نبود به همین منظور از مدل جدید اقدام به اندازه‌گیری یک صنعت انرژی بسیار نزدیک به بخش پالایشگاهی در دست بررسی قرار داده گرفت. نیروگاه‌های برق گازسوز به دلیل دارا بودن ظرفیت‌های بالقوه و بالفعل و ارتباط حساس و تنگاتنگ با گازطبیعی انتخاب گردید. پس در همین راستا کارایی فنی- محیط زیستی ۳۹ نیروگاه‌های برق با سوخت‌های گازطبیعی-گازوئیل و مالکیت دولتی و خصوصی با هدف ادامه زنجیره گاز طبیعی و ایجاد درک بهتر ازمدل ارائه گردید.

این بخش از پژوهش سعی در پوشش تمام جهات و کامل ظرفیت‌های تولیدی و محیط‌زیستی این واحدها تحت فروض بازدهی ثابت به مقیاس (CRS) و بازدهی متغیر به مقیاس (VRS) درطی سال‌های ۱۳۹۵-۱۳۹۰داشته است. نتایج به دست آمده از این پژوهش به طورکلی کارایی فنی-محیط‌زیستی براساس بازدهی ثابت به مقیاس (CRS) به طور متوسط درسال‌های مورد مطالعه بر مبنای مدل اصل ضعیف به میزان ۱.۰۸۰ و بر مبنای اصل نیمه قابل دسترسی ضعیف ۱.۰۹۷درصد بوده است که نشان از امکان بهبود و انجام اصلاحات ساختاری در سیستم تولید و مدیریتی می‌توان به میزان اختلاف اصل ضعیف و نیمه‌دسترسی ضعیف میزان تولید را در حد بهینه و حفظ محیط‌زیست بهبود داد و در پی آن بر مبنای میزان متوسط مدل اصل قوی به میزان ۱.۱۱۷ و اصل نیمه‌دسترسی

[62] Over haul

به میزان ۱.۱۱۰ از اختلاف آن میزان آلاینده‌ها و تولید چشم پوشی کرد که در نهایت با مقایسه خروجی‌های مطلوب و نامطلوب سهم خروجی نامطلوب را به میزان قابل توجهی کاهش داد. البته لازم است در صورت شرایط مناسب دولت‌های وقت و ایجادسازی ظرفیت‌ها و تکنولوژی مورد نیاز دسترسی آزاد آن میزان خروجی نامطلوب غیرقابل‌دسترس مدیریتی که لزوما در اصل قوی نمایان می‌شود را می‌توان از همین مقدار تا حد صفر رسانید. برمبنای مدل های به کارگیری شده درمقاله تحت CRS ؛ ۱۵ نیروگاه برق با سوخت گاز طبیعی-گازوئیل توانسته‌اند به صورت کارا بهترین عملکرد فنی و محیط‌زیستی را به خود اختصاص دهند؛ ازجمله نیروگاه‌های برق با مالکیت دولتی هسا، درود، ری، زاهدان، بوشهر، شیراز، خلیج‌فارس و از نیروگاه‌های برق با مالکیت خصوصی تبریز، رودشور، جهرم، حافظ وکهنوج، گلستان، نوشهر، شهیدزنبق یزد توانسته اند بر مرزکارایی فنی- محیط‌زیستی قرار بگیرد و درمقابل ۴ نیروگاه برق دولتی، ۷ نیروگاه برق خصوصی در بیشترین سطح از عدم کارایی و ناکارآمدی زیستی قرارگرفته اند. نیروگاه‌های برق دولتی کنارک (چابهار) به میزان ۷۶۲. ۱و شهیدبهشتی به میزان ۱.۶۷۲و نیروگاه برق خصوصی سلطانیه به میزان ۱.۳۰۱ بدترین و بیشترین فاصله از مرزکارایی فنی- محیط‌زیستی را به خود اختصاص داده‌اند.

با توجه به نتایج به دست آمده از در فروض مدل تحت CRS در مقایسه با فروض تحت VRS نشان دهنده تاثیرپذیری فرضیه نیمه قابل‌دسترسی در VRS است. بنابراین بر مبنای نتایج استخراجی از مدل مدنظر در بازدهی متغیر به مقیاس ۱۵ نیروگاه برق دولتی و خصوصی به صورت کارا تولید الکتریسیته در راستای حفظ پایداری محیط زیست در منطقه خود داشته‌اند که ازجمله : هسا، درود، ری، زاهدان، بوشهر، شیراز، خلیج‌فارس ، تبریز، رودشور، جهرم، حافظ، کهنوج، گلستان، نوشهر و شهیدزنبق یزد آن‌ها می‌باشند. ازطرفی ۳ نیروگاه برق کنگان، بندرعباس، یزد را نیز به آن‌ها اضافه شود، در صورتی که اعمال اصلاحات و بهره‌گیری از بازدهی متغیر به مقیاس در نهاده‌ها و ستانده‌های واحدهای تولیدی و رویکردهای مدیریت پیشرفته می‌توانند در جمع واحدهای کارا قرار بگیرند. در

ادامه همین ارزیابی بدترین عملکرد کارایی فنی- محیطزیستی تحت VRS متعلق به نیروگاه کنارک (چابهار) به میزان ۱.۷۰۴، شهیدبهشتی به میزان ۱.۵۷۳ و قدس (سمنان) ۱.۴۵۷ می‌باشد که از مهمترین مشکلات در این واحدها را می‌توان به دلیل فقدان انگیزه و بهره‌گیری از کارایی و بازدهی-های صرفه به مقیاس در برنامه‌ریزی تولیدی، عدم تعدیل هزینه‌های عملیاتی و تامین و نگهداری به وسیله نیروهای مولد و متخصص، نداشتن چشم‌انداز و چارت سیکلی تجهیزات و ابزارهای تولیدی و تنوع آن‌ها، عدم اتخاذ سیاست‌های تشویقی و تنبیهی در واحدهای تولیدی و نداشتن شاخص استاندارد محیطزیستی متناسب با شرایط منطقه‌ای و بسیار از عوامل سه گانه کارایی در مباحث تولیدی، اقتصادی و محیطزیستی نام برد؛ که نیاز به جهاد انقلابی همه مدیران عالی و نیروهای توانمند در این حوزه انرژی مهم به عنوان رکن تحول درجوامع امروز احساس می‌شود.

۵-۳ ارائه راهکار عملیاتی و اجرایی

در این پژوهش از مدل‌های برنامه‌ریزی پایه، توسعه و کاربردی برای تجزیه و تحلیل کارایی و بهره‌وری فنی- محیطزیستی انرژی در حوزه فعالیت میان‌دستی و پایین‌دستی از جمله زنجیره پالایشگاه‌های گازطبیعی و توسعه مدل های کاربردی برنامه ریزی ریاضی در بخش نیروگاه‌های گازی به ترتیب در دوره‌های ۱۳۹۴-۱۳۸۸ و ۱۳۹۵-۱۳۹۰ استفاده شده است. درادامه تحقیق از تعدادی مدل‌های اندازه‌گیری و راهگشا کاربردی در حوزه اقتصاد تولید براساس حداکثرسازی تولید انرژی پاک گازطبیعی و برق و کینه سازی و جهت دهی کاربردی به هزینه های اقتصادی ومحیط زیستی ارائه شده است. همان طور که در نتایج هر بخش از پالایشگاه و نیروگاه در قسمت قبل مشاهده شد بسیاری از بخش‌های انرژی بدون توجه به میزان ورودی و خروجی از واحدهای تحت بررسی سهوا یا عمدا در حال فعالیت هستند و این عدم توجه و نظارت دستگاه‌های مربوط کشور پیامدهای بسیار ناگواری از جمله اتلاف منابع مالی و سرمایه‌گذاری، افزایش هزینه‌های محافظت از محیطزیستی و درمانی، فرسودگی تجهیزات و زیان مرده منابع، شدت فزاینده ورود آلودگی در مناطق واحدهای

تولیدی، افزایش هزینه‌های عملیاتی، ایجاد رانت‌های سیاسی و سیستمی برای افراد خاص و ازهمه مهمتر آسیب‌پذیری و شکنندگی کشور دربرابر تحریم‌های ظالمانه ابرقدرت‌های جهانی است. براساس دیدگاه‌های کشورهای توسعه یافته و سلطه‌گر در جهان است. بررسی‌های صورت گرفته از پژوهشکده روابط سیاسی و بین‌المللی کمبریج دیدگاه‌های کشورهای توسعه یافته و سلطه‌گر در جهان امروز بر سه پایه اساسی مالی، انرژی و محیط‌زیست می‌باشد که با تکیه بر این سه اصل سازمان یافته پیاده-سازی استعمار نوین در کشورها ازجمله خاورمیانه می باشند. پس با توجه به شرایط عصر حاضر لازم است کشور با بهره‌برداری از ظرفیت‌های موجود و حداکثر بهره‌وری وکارایی به سوی اقتصاد مقاومتی حوزه انرژی قدم‌های بلندی بردارد.

درکشور ایران به دلیل داشتن منابع غنی از گازطبیعی و نفت و ظرفیت های علمی و تحقیقاتی صنایع مختلف شرکت های دانش بنیان و پیشرو در بخش انرژی از جمله شرکت مپنا از تله استعمار جهانی عبور کند و با سرعت بیشتری در طیف توسعه یافتگی و توسعه پایدار قدم بردارد.

از راهکارهایی که می‌توان از نگاه این پژوهش به آن اشاره کرد؛ آشنایی و بکارگیری از ابزارهای تحقیق درعملیات و آنالیز داده‌های کاربردی با توجه به نوع صنعت و سازمان، استفاده از ابزارهای نوین و مطالبه‌گری مسئولین زیربط در پست‌های عالی واحدها، ایجاد ثبات نسبی در بخش کلان اقتصاد، ایجاد ساختار و الگوهای مصرفی در بخش‌های خانگی، صنعتی، استفاده از تجربیات و عملکرد مدیران وکارشناسان موفق، تخصیص بودجه‌های متناسب با واحدها با توجه به عملکردهای همه جانبه فنی، اقتصادی و محیط‌زیستی در طی سال‌های متمادی، همزمانی ارتقاء تکنولوژی آنالیزداده‌های بازتاب شده از آن، اتخاذ سیاست‌های آن انگیزشی و حداقل سازی بروکراسی اداری در توسعه صنایع از جمله گازطبیعی و برق، بروزرسانی و ایجاد چشم اندازهای واحدها انرژی و آماده‌سازی آن‌ها نسبت به انعطاف‌پذیری نوسانات شاخص‌های انرژی و از همه مهمتر تحقیق و توسعه بخش‌های مختلف بدون نگاه سیاسی و جناحی در کشور می‌توان باعث رشد نسبتا فزاینده‌ای حداقل در بخش انرژی و محیط-زیستی به ارمغان آورده شود.

مراجع

مراجع داخلی

* امامی میبدی،علی (۱۳۸۸)،"اندازه گیری کارائی فنی و بهره وری در نیروگاههای بخاری،گازی و سیکل ترکیبی" ***فصلنامه علمی – پژوهشی اقتصاد مقداری (بررسی های اقتصادی سابق)*** شماره۳، دوره۶: ص۱۰۳-۷۹

* ابریشمی حمید و نیاکان لیلی (۱۳۸۹)، " اندازه گیری کارایی فنی نیروگاه های حرارتی کشور به روش تحلیل مرزی تصادفی (SFA) و مقایسه تطبیقی با کشورهای منتخب در حال توسعه ". ***مطالعات اقتصاد انرژی*** ، شماره۲۶، دوره۷: ص۱۵۳-۱۷۵

* درخشان،مسعود (۱۳۹۰) ،" ***مشتقات و مدیریت ریسک دربازارهای نفت***"، جلد اول، چاپ دوم، انتشارات مؤسسه مطالعات بین المللی انرژی، تهران، ص۷۳۴.

* نصراللهی زهرا, صادقی آرانی, زهرا, غفاری گولک, مرضیه (۱۳۹۱)، " اندازه‌گیری کارایی صنایع تولیدی ایران با رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها و با تأکید بر ستاده‌های نامطلوب آلاینده‌های زیست محیطی"،***(مطالعات و سیاست های اقتصادی)***، شماره۱، دوره۸: ص ۱۱۰-۸۷.

* امامی میبدی, علی, جایدری, فرزانه. (۱۳۹۳). " اندازه گیری زیست کارآیی پالایشگاه های نفت ایران با استفاده از روش تحلیل پوششی داده ها ". ***فصلنامه علمی پژوهشی پژوهش های اقتصادی*** (رشد و توسعه پایدار), شماره۴، دوره۱۴: ص۹۶-۷۹.

* تکلیف،عاطفه (۱۳۹۱) ،" ***صنعت نفت وگاز***"، مدیریت پژوهش و فناوری شرکت ملی نفت ایران، جلد اول، چاپ اول، انتشارات کمیل، تهران، ص۹۶۶

* حسینی امینه, خلیلی دامغانی کاوه, امامی میبدی علی. (۱۳۹۵) " تجزیه و تحلیل کارایی فنی-زیست محیطی پالایشگاه های نفت ایران توسط یک مدل تحلیل پوششی داده های شبکه ای فازی چند هدفه چند دوره ای" ***مطالعات مدیریت صنعتی*** دوره ۱۴، شماره۴۲ : ص۱۶۷-۱۲۳.

* امامی میبدی علی، آماده حمید، امینی فیروزه.(۱۳۹۶) " مقایسه کارایی فنی و زیست‌کارایی در نیروگاه‌های منتخب حرارتی کشور". ***فصلنامه پژوهش های سیاست گذاری وبرنامه ریزی انرژی***. دوره۳، شماره ۸ : ص۶۷-۳۳.

مراجع خارجی

* https://www.mckinsey.com/industries/oil-and-gas/our-insights

* Cheng, Y., Lv, K., Wang, J., & Xu, H. (2018). Energy efficiency, carbon dioxide emission efficiency, and related abatement costs in regional China: a synthesis of input–output analysis and DEA. **Energy Efficiency**, 1-15.

* Zhou, H., Yang, Y., Chen, Y., & Zhu, J. (2018). “Data envelopment analysis application in sustainability” : The origins, development and future directions**.** **European Journal of Operational Research**, 264(1), 1-16.

* Wu, J., Xia, P., Zhu, Q., & Chu, J. (2018). “Measuring environmental efficiency of thermoelectric power plants: a common equilibrium efficient frontier DEA approach with fixed-sum undesirable output”. **Annals of Operations Research**, 1-19.

* Wang, K., Lee, C. Y., Zhang, J., & Wei, Y. M. (2018). “Operational performance management of the power industry”: a distinguishing analysis between effectiveness and efficiency. **Annals of Operations Research**, 268(1-2), 513-537.

* Bonilla, J., Coria, J., & Sterner, T. (2018). “Technical synergies and trade-offs between abatement of global and local air pollution”. **Environmental and Resource Economics**, 70(1), 191-221.

* Wu, X., Chen, Y., Guo, J., & Gao, G. (2018). “Inputs optimization to reduce the undesirable outputs by environmental hazards”: a DEA model with data of PM 2.5 in China. **Natural Hazards**, 90(1), 1-25.

* Wu, Xianhua, et al. “Inputs optimization to reduce the undesirable outputs by environmental hazards”: a DEA model with data of PM 2.5 in China.” **Natural Hazards** 90.1 (2018): 1-25.

* Toloo, M., Nalchigar, S., & Sohrabi, B. (2018). “Selecting most efficient information system projects in presence of user subjective opinions: a DEA approach.” Central European **Journal of Operations Research**, 1-25.

* Sueyoshi, T., & Goto, M. (2017). “World trend in energy: an extension to DEA applied to energy and environment.” **Journal of Economic Structures**, 6(1), 13.

* Li, D., & Li, X. (2017). “A new optimization model and a customized solution method for natural gas production network design and operation.” **AIChE Journal**, 63(3), 933-948.

* Mojica, J. L., Petersen, D., Hansen, B., Powell, K. M., & Hedengren, J. D. (2017). “Optimal combined long-term facility design and short-term operational strategy for CHP capacity investments.” **Energy**, 118, 97-115.

* Zhang, B. J., Chen, Q. L., Li, J., & Floudas, C. A. (2017). “Operational strategy and planning for raw natural gas refining complexes: Process modeling and global optimization.” **AIChE Journal**, 63(2), 652-668.

* Wang, D. D., & Sueyoshi, T. (2017). “Assessment of large commercial rooftop photovoltaic system installations”: Evidence from California. **Applied energy**, 188, 45-55.

* Sueyoshi, T., Yuan, Y., & Goto, M. (2017). “A literature study for DEA applied to energy and environment.” **Energy Economics**, 62, 104-124.

* Haggerty, J. H. (2017). 5. “A horse that has left the barn: expanding geographies of natural gas**.” Handbook on the Geographies of Energy**, 57.

* Sueyoshi, T., & Goto, M. (2015). “Japanese fuel mix strategy after disaster of Fukushima Daiichi nuclear power plant: Lessons from international comparison among industrial nations measured by DEA environmental assessment in time horizon.” **Energy Economics**, 52, 87-103.

* Lee, A. H., Kang, H. Y., Lin, C. Y., & Shen, K. C. (2015). “An integrated decision-making model for the location of a PV solar plant.” Sustainability, 7(10), 13522-13541.

* Sueyoshi, T., & Goto, M. (2015). “DEA environmental assessment in time horizon: Radial approach for Malmquist index measurement on petroleum companies.” **Energy Economics**, 51, 329-345.

* Liu, Y., Ren, L., Li, Y., & Zhao, X. G. (2015). ”The industrial performance of wind power industry in China.” Renewable and Sustainable **Energy Reviews**, 43, 644-655.

* Khoveyni, M., & Eslami, R. (2014). “Malmquist productivity index in several time periods on interval data."2(4), 89-102.

* Vestergaard, N., & Racz, V. J. (2014). Productivity and efficiency measurement of the Danish centralized biogas power sector. In Sustainable Energy Policy and Strategies for Europe, 14th IAEE European, October 28-31, 2014. **International Association for Energy Economics**.

* Sueyoshi, T., & Goto, M. (2014). Photovoltaic power stations in Germany and the United States: A comparative study by data envelopment analysis. **Energy Economics**, 42, 271-288.

* Sueyoshi, T., & Goto, M. (2014). Environmental assessment for corporate sustainability by resource utilization and technology innovation: DEA radial measurement on Japanese industrial sectors. **Energy Economics**, 46, 295-307.

* Song, C., Li, M., Zhang, F., He, Y., & Tao, W. (2014). Analysis of Energy Efficiency for Coal-fired Power Units Based on Data Envelopment Analysis Model. **Energy Procedia**, 61, 904-909.

* Sueyoshi, T., & Goto, M. (2014). DEA radial measurement for environmental assessment: A comparative study between Japanese chemical and pharmaceutical firms. **Applied Energy**, 115, 502-513.

* Sueyoshi, T., & Goto, M. (2013). DEA environmental assessment in a time horizon: Malmquist index on fuel mix, electricity and CO2 of industrial nations. **Energy Economics**, 40, 370-382.

* Sueyoshi, T., & Goto, M. (2013). Returns to scale vs. damages to scale in data envelopment analysis: An impact of US clean air act on coal-fired power plants. **Omega**, 41(2), 164-175.

* Riccardi, R., Oggioni, G., & Toninelli, R. (2012). Efficiency analysis of world cement industry in presence of undesirable output: application of data envelopment analysis and directional distance function. **Energy Policy**, 44, 140-152.

* Sueyoshi, T., & Goto, M. (2012). Data envelopment analysis for environmental assessment: comparison between public and private ownership in petroleum industry. European **journal of operational research**, 216(3), 668-678.

* Menegaki, A. N. (2013). Growth and renewable energy in Europe: Benchmarking with data envelopment analysis. **Renewable Energy**, 60, 363-369.

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

* Sueyoshi, T., & Goto, M. (2012). Environmental assessment by DEA radial measurement: US coal-fired power plants in ISO (Independent System Operator) and RTO (Regional Transmission Organization). **Energy Economics**, 34(3), 663-676.

* Sueyoshi, T., & Goto, M. (2012). DEA radial and non-radial models for unified efficiency under natural and managerial disposability: theoretical extension by strong complementary slackness conditions. **Energy Economics**, 34(3), 700-713.

* Sueyoshi, T., & Goto, M. (2012). DEA environmental assessment of coal fired power plants: Methodological comparison between radial and non-radial models**. Energy Economics**, 34(6), 1854-1863.

* Sueyoshi, T., & Goto, M. (2011). DEA approach for unified efficiency measurement: assessment of Japanese fossil fuel power generation**. Energy Economics**, 33(2), 292-303.

* De Lima, R. S., & Schaeffer, R. (2011). The energy efficiency of crude oil refining in Brazil: A Brazilian refinery plant case.**J.of.Energy**, 36(5), 3101-3112.

* Tone, K., & Tsutsui, M. (2011). Applying an efficiency measure of desirable and undesirable outputs in DEA to US electric utilities.

*Von Geymueller, P. (2009). Static versus dynamic DEA in electricity regulation: the case of US transmission system operators. **Central European Journal of Operations Research**, 17(4), 397.

* Fang, H., Wu, J., & Zeng, C. (2009). Comparative study on efficiency performance of listed coal mining companies in China and the US. **Energy Policy**, 37(12), 5140-5148.

* Vaninsky, Alexander.(2006) "Efficiency of electric power generation in the United States: analysis and forecast based on data envelopment analysis." **Energy Economics** 28.3: 326-338.

* Von Hirschhausen, C., Cullmann, A., & Kappeler, A. (2006). Efficiency analysis of German electricity distribution utilities–non-parametric and parametric tests. **Applied Economics**, 38(21), 2553-2566.

* Hawdon, D., & Surrey Energy Economics Centre, Guildford (United Kingdom);. (2003). 5. Efficiency and performance in the gas industry. **Energy in a Competitive Market: Essays in Honour of Colin Robinson**, 73.

* Seiford, L. M., & Zhu, J. (1999). Sensitivity and stability of the classifications of returns to scale in data envelopment analysis. **Journal of Productivity Analysis**, 12(1), 55-75.

Optimization of Iranian gas refineries with environmental approach in mathematical programming framework

Nowadays, Iran is one the developing countries with good aspect on development. One of the important issues on sustainable development is getting maximum green and clean energy with full caring of environment. So, the first thing to do for increasing efficiency and productivity of measurement is analyzing, planning and improving of performance in desired sections In this research, using the fundamental applications of data envelopment analysis and assumptions of disposability and the creation of technical and environmental efficiency and productivity and optimization of 12 natural gas refineries. In this research, the input axis approach was used in the units of the natural gas refinery from two inputs and two outputs. Results of models and efficiency index shows technical performance and efficiency of Fajr (KANGAN) and Khangiran (HASHEMINEJAD) refineries for 12 natural gas refineries between 1388 - 1394. However, by calculating Malmquist Index for natural gas refineries shows half of them were have positive efficiency index and others have negative efficiency index in the years of investigation. Malmquist Index in that time table is 1.124 because of 0.984 technical performance productivity and 1.142 technological productivity. It is necessary to utilize data analysis and use available potentials, production and efficiency in the economics of production and environmental efficiency of natural gas refineries and gas power plants should have major increase.

Keywords: Technical-environmental performance, Natural gas refineries, Data envelopment analysis, Gas power plants, semi-disposability, Return to scale.

Faculty of Industrial Engineering and Management

M.Sc. Thesis in Economics –Economical Systems Planning

Optimization of Iranian gas refineries with environmental approach in mathematical programming framework

By: Masoud Mokari

Supervisor

Dr. Mojtaba Ghiyasi

Advisor

Dr. Ali Emami Meibodi

January 2019