# بهینه‌سازی عملکرد پالایشگاه‌های گازی ایران با رویکرد کارایی زیست‌محیطی در چارچوب تحلیل پوششی داده‌ها

**علی امامی میبدی** *

**مجتبی غیاثی** **

**مسعود مکاری** ***

## چکیده

اولین گام برای افزایش کارایی و بهره وری، اندازه گیری، تجزیه و تحلیل، برنامه ریزی و بهبود بخشیدن به این بخش کاربردی است که مهمترین گام می تواند اندازه گیری عملکرد و بهینه سازی در مسیر توسعه شرکت ها باشد. این تحقیق با استفاده از مدل تحلیل پوششی داده‌ها DEA و شاخص مالم کوئیست برای ارزیابی تغییرات فاکتورها بهره‌وری کل TFP برای تمام پالایشگاه‌های گاز طبیعی در طی سال‌های ۱۳۹۴-۱۳۸۸ و بهره‌گیری از روش نهاده‌محور با دو نهاده و دو ستانده انجام شده است. نتایج حاصل از ارزیابی نشان از کارآمدی فنی- محیط‌زیستی پالایشگاه‌های خانگیران (هاشمی‌نژاد) و پارسیان در بین ۱۲ پالایشگاه گاز طبیعی در طی سال‌های مورد بررسی دارد. با محاسبه شاخص بهره‌وری کل مالم کوئیست در بین پالایشگاه‌های گاز طبیعی به‌طور متوسط ۶ پالایشگاه رشد مثبت و ۶ پالایشگاه دیگر رشد منفی بهره‌وری را طی سال‌های ۹۴-۱۳۸۸ استخراج شده است.

**واژه‌های کلیدی**: *کارایی فنی، تحلیل پوششی داده‌ها، پالایشگاه گاز طبیعی، شاخص مالم کوئیست، بهره‌وری محیط‌زیست*

**طبقه‌بندی JEL**: L60، Q57،C61

---

* دانشیار، دکتری اقتصاد دانشگاه علامه طباطبایی ali_meibodi@yahoo.com

** استادیار، دکتری صنایع و مدیریت صنعتی شاهرود mogshu@gmail.com

*** کارشناسی ارشد صنایع و مدیریت (نویسنده مسئول) masoudmokari@yahoo.com

**تاریخ دریافت: ۹۷/۵/۱۷** **تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۰/۹**

***فصلنامه راهبرد اقتصادی*، سال پنجم، شماره شانزدهم، بهار ۱۳۹۵، صص ۲۴۰-۲۱۱**

**مقدمه**

با افزایش قیمت انرژی و نگرانی در مورد گرمایش جهانی و توسعه پایدار، بهره‌وری انرژی‌بخش مهمی از استراتژی انرژی در بسیاری از کشورها تبدیل شده است. برآورد انجام‌شده آژانس بین‌المللی در سال ۲۰۱۶ انرژی تقاضای جهانی گاز طبیعی تا سال ۲۰۳۰ به دو برابر آن در سال ۲۰۰۲ خواهد بود که این امر توجه به بهینه‌سازی در تمام بخش‌های تولیدی ازجمله پالایش گاز و فرآورده‌های آن را نیز دوچندان می‌کند.

از این‌سو کاهش ذخایر نفتی جهان و رشد چشمگیر قیمت نفت خام، قیمت نسبتاً پایین گاز طبیعی در مقایسه با دیگر حامل‌های انرژی و سلامت محیط‌زیست، مهم‌ترین رویکرد کشورها به استفاده از گاز طبیعی است(موسسه مکینزی).گاز طبیعی باوجود حجم عمده متان ($CH_4$) تقریباً نسبت هیدروژن به کربن آن چهار است که در میان هیدروکربن‌های مختلف، بزرگ‌ترین نسبت است و هرچه به سمت هیدروکربن‌های سنگین‌تر پیش می‌رویم، این نسبت کمتر و از سویی تولید $CO_2$ بیشتر و میزان آلایندگی آن‌ها نیز افزایش می‌یابد. از این‌رو، رشد نگران‌کننده تولید گاز گلخانه‌ای به‌ویژه $CO_2$ و $SO_2$ کشورها را در افزایش سهم گاز طبیعی در سبد مصرف انرژی ترغیب می‌کند. پیش‌بینی‌ها حاکی از این موضوع است که به‌رغم تخلیه ذخایر محدود پراکنده گاز طبیعی در دنیا و افول تولید آن‌ها رشد مصرف گاز طبیعی بی‌وقفه ادامه یابد که بیش از نیمی از این افزایش تقاضا مربوط به نیروگاه‌های برق است(هاگرتی۲۰۱۷). به‌طور مثال کشور ژاپن برنامه‌های جامعی به‌منظور حداکثر استفاده از ظرفیت موجود پالایشگاه‌های خود برای

افزایش سهم تولیدی انرژی تا سال ۲۱۰۰ پیش‌بینی کرده است.

در کشور نیز در سال‌های اخیر طرح جامع انرژی به‌خصوص گاز طبیعی در حال شکل‌گیری است که بدین منظور دولت وقت با بازنگری در سیاست‌ها، خط‌مشی‌ها و ساختارهای مرتبط با صنعت گاز امکان رشد حداکثری شرکت ملی و خصوصی در این صنعت را فراهم کرده است. بر این اساس برای رسیدن به تولید و توسعه پایدار باید به ویژگی کلیدی تولید بهینه، حداکثر اکتشاف و حداقل هزینه در فرایند تولید را با توجه به کاهش هزینه‌های اجتماعی در طی تولید گاز طبیعی (محیط‌زیست) را مورد توجه خود قرار داد. بر طبق آخرین برآورد ایران با در اختیار داشتن ۱۸۶/۹ تریلیون مترمکعب گاز، یکی از بزرگ‌ترین دارندگان ذخایر گاز جهان است و طبق بررسی‌های ژئوپلیتیکی و زمین‌شناختی دوسوم 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. در مباحث امروز انرژی و توجه به خروج‌های نامطلوب و مطلوب با عنوان کارایی محیطی یا محیط‌زیستی در تمام بخش‌های انرژی در دست‌کار پژوهشگران قرار می‌گیرد. دلایل بسیاری از پژوهشگران، نبود شاخص مشخص در آسیب‌های زیستی ازجمله خاک، زیست‌بوم‌های مناطق مدنظر است. به همین دلیل بهترین معیاری که سازمان جهانی سلامت (WHO) و کشورهای عضو پیمان پاریس بر آن در حال حاضر اکتفا کرده‌اند، مربوط به انتشار گازهای گلخانه‌ای ازجمله پالایشگاه‌ها و نیروگاه‌های برق است.

در شرایط حاضر با افت قیمت نفت در عرصه بین‌الملل و به دنبال جایگزینی مناسب به‌جای نفت و آلایندگی‌های زیست‌محیطی فراوان، این ماده سیاه در جهان باعث توجه روزافزون جامعه بین‌الملل به منبع و سوخت جایگزین و دوستدار محیط‌زیست ازجمله گاز طبیعی شده است. از آنجایی‌که بخش اعظم گاز طبیعی مصرفی در داخل کشور و همچنین گاز طبیعی صادراتی به کشورهای هم‌جوار پس از پالایش و فراورش تأمین و عرضه می‌گردد، نیاز است تا کارایی و بهره‌وری پالایشگاه‌های گازی کشور که بعضاً گاز ترش هستند؛ مورد توجه قرار بگیرند.

جهت حفظ از این منابع طبیعی از مخازن قابل استحصال، نیاز است تا پالایشگاه‌های کشور از حداکثر امکانات و با کمترین میزان اتلاف و پسماند به تولید گاز طبیعی قابل‌مصرف بپردازد (امامی‌میبدی ۱۳۹۲).

از سویی با افزایش بی‌سابقه ۳۶/۹ درصدی مصرف گاز طبیعی نیروگاه‌های کشور در سال ۱۳۹۴ نسبت به سال قبل به دلیل افزایش تولید گاز طبیعی و اعمال سیاست تخصیص حداکثری گاز به بخش نیروگاهی و ادامه این روند؛ نشان از کاهش مصرف سوخت‌های مایع و کاهش آلودگی است ولی این امر در بیشتر مواقع بدون توجه به میزان اتلاف و هدررفت در حین پالایش گاز بوده است (وزارت نیرو). از آنجاکه بخش پالایشگاهی شامل صنایع مادر و پیشرو کشور ایران به‌حساب می‌آید و از ضریب همبستگی بالایی با بقیه بخش‌های مرتبط ازجمله پتروشیمی و نیروگاه (گازی و سیکل ترکیبی) و شرکت‌های معدنی مولد دارد به همین دلیل هرگونه تغییر در این بخش حساس و کلیدی می‌تواند تأثیرات مستقیم و جانبی متفاوتی بر روی سیستم اقتصادی و تولیدی کلان کشور و نفوذپذیری هرچه بیشتر کشور در بازارهای بین‌المللی انرژی داشته ایفا کند. این پژوهش به بررسی جامع ۱۲ پالایشگاه‌های گازی کشور در طی سال‌های ۱۳۹۴-۱۳۸۸ و محاسبه میزان کارایی و بهره‌وری آن‌ها با نگاه ویژه به شرایط زیست‌محیطی می‌پردازد که از اولویت‌های سیاستی حوزه نفت و گاز در راستای توسعه اقتصادی این بخش و افزایش حفاظت روزافزون از محیط‌زیست است.

به‌طورکلی در این مقاله به پرسش‌های زیر پاسخ داده می‌شود:

- بررسی بازدهی عملکرد فنی- محیط‌زیستی واحدهای پالایشگاه‌های گازی کشور و مقایسه آن‌ها با یکدیگر به چه میزان است؟
- دلایل عدم کارایی در برخی از پالایشگاه‌های گازی بهینه کشور ایران از منظر کارایی فنی- زیست‌محیطی و نخستین اقدام متناسب آن چیست؟
- رتبه‌بندی پالایشگاه‌های گاز طبیعی بر مبنای کارایی زیست‌محیطی (EEPL)، شاخص مالم کوئیست و مؤلفه‌های تأثیرگذار آن به چه صورت خواهد بود؟

ساختار مقاله بدین صورت است که بخش بعدی به مطالعه پیشینه تحقیق و سپس به مبانی نظری و مدل‌های مورد استفاده در این تحقیق اختصاص می‌یابد. در بخش‌های بعدی مقاله شاخص‌های بهره‌وری و عملکردی پالایشگاه‌های گاز طبیعی ایران اندازه‌گیری شده است. درنهایت نیز نتیجه‌گیری و پیشنهادهای ارائه می‌شود.

## ۱. پیشینه تحقیق

از تحلیل پوششی داده‌ها در بخش‌ها و نهادهای مختلف ازجمله بیمارستان‌ها، بانک‌ها و... به‌منظور 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 میان دستی انرژی فسیلی صورت گرفت، به موردی که کارایی فنی- زیست‌محیطی این بخش‌ها را دربر گیرد، چند مورد مشاهده شد. امامی و میبدی (۱۳۸۸) به بررسی کارایی فنی و بهره‌وری ۲۵ نیروگاه برق در طی سال‌های ۱۳۸۸-۱۳۸۶ پرداخته است، نتایج حاصل از این پژوهش نشان می‌دهد ناکارایی بازده به مقیاس بیشترین تأثیر را روی ناکارایی فنی دارد و رشد بهره‌وری در طی سال مورد بررسی ۱,۵ درصد به دلیل تأثیرپذیری از تغییرات تکنولوژیکی بوده است. امامی‌میبدی و همکاران (۱۳۹۵) به تجزیه‌وتحلیل کارایی فنی- زیست‌محیطی پالایشگاه‌های نفت ایران توسط یک مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای فازی چند هدفه در طی سال‌های ۹۲-۱۳۸۹ پرداخته‌اند. نتایج نشان می‌دهد که متوسط کارایی پالایشگاه‌های ایران در طی سال‌های مورد مطالعه با استفاده از مدل پیشنهادی از ۰/۷۶ تجاوز نکرده است. تن و سوسویی (۲۰۱۱) با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها اقدام به‌اندازه‌گیری کارایی خروجی‌های مطلوب و نامطلوب تأسیسات برق آمریکا کرده‌اند. آن‌ها با استفاده از مدل تحلیل پوششی داده‌ها[1] جهت اندازه‌گیری راندمان کلی کارخانه‌های برق آمریکا به‌وسیله خروجی‌های مطلوب و نامطلوب نشان دادند که خدمت عمومی مدیریت و بهره‌وری محیطی در بین سال‌های

1. Data Envelopment Analysis (DEA)

۲۰۰۰-۱۹۹۶ بهبود یافته است. سیوشی و گوتو (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. علاوه‌بر این مالکیت بخش خصوصی و دولتی‌بودن صنعت نفت در هر کشور در تحلیل مورد استفاده قرار گرفته است. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد شرکت ملی نفت با مالکیت دولتی، عدم کارایی بیشتری نسبت به شرکت‌های بین‌المللی نفتی که تحت مالکیت بخش خصوصی است، دارد.

## ۲. مبانی نظری

یکی از محرک‌های اصلی کاهش هزینه نگه‌داری، عملیات تولیدی و زیست‌محیطی پالایشگاه‌های گاز طبیعی کشور توجه ویژه به برنامه‌ریزی و کنترل تولید است. بدین‌منظور برنامه‌ریزی برای اجتناب از درهم‌ریختن مراحل جداسازی و مقاومت کمتر در برابر آلودگی در راستای متوالی واحدها را برنامه‌ریزی می‌کند. چون سوخت یک هزینه عمده عملیاتی در بخش پالایشگاه‌های کشور است، پس محرک برای کمپرسورها و مشعل‌های سوخت و تغییرات فناوری کارایی می‌تواند فشار و مشخصات جریان دلخواه را تعیین کند. بنابراین با به‌روزرسانی و ارتقا برای افزایش کارایی واحدهای قدیمی و جدید باید تا حدامکان پالایشگاه‌ها و نیروگاه‌های کشور به‌صورت دوره‌ای ارزیابی شوند. استفاده از سیکل بهینه‌سازی با تکنولوژی قابل استحصال در بخش میان دستی صنعت انرژی کشور می‌توان پارامترهایی ازجمله افزایش سود، کاهش هزینه تولید، کاهش رفع ضایعات، بهبود کیفیت و سلامت محیط‌زیست در حداکثر مقدار خود قرار گیرد(لی وهمکاران۲۰۱۷). مسئله اصلی در اندازه‌گیری عملکرد بهره‌وری انرژی تعریفی از اصطلاح بهره‌وری انرژی است. تعاریف مختلفی در مورد بهره‌وری انرژی وجود دارد که به‌طورکلی نسبت عملکرد خروجی‌های انرژی به میزان ورودی معمول‌ترین آن به‌حساب می‌آید. تعاریف مختلف بهره‌وری انرژی منجر به استفاده از شاخص‌های مختلف برای نظارت بر تغییرات در بهره‌وری انرژی می‌شود که

می‌تواند نتایج و پیامدهای بسیار متفاوتی را به دنبال داشته باشد. از آنجاکه هیچ اندازه معناداری برای خدمات انرژی در تمام بخش‌های مصرف انرژی وجود ندارد، به همین دلیل روش‌های مختلفی برای اندازه‌گیری کارایی انرژی در ادبیات موضوع ارائه شده است.

یک روش معمول برای سنجش کارایی بهره‌وری انرژی در کل اقتصاد، تغییر در مصرف انرژی یا شدت انرژی کل بر تعدادی از عوامل تجزیه‌شده مؤثر و نیز تغییرات شدت انرژی در همان سطح یا بخش‌های پایین برای ارزیابی کارایی انرژی است(موجیکا وهمکاران۲۰۱۷). مطالعات بهره‌وری مبتنی‌بر انرژی عمدتاً مربوط به اندازه‌گیری تغییرات بهره‌وری انرژی در طول زمان در یک واحد خاص (به‌طور مثال یک کشور) با یک بخش مصرفی (به‌طور مثال پالایشگاه‌ها آن کشور) است که تعداد اندکی از آن‌ها برآوردهایی از عملکرد بهره‌وری انرژی نهادهای مختلف مورد استفاده قرار گرفته است. در تجزیه‌وتحلیل پوششی داده‌ها (DEA) به‌تازگی به‌طور گسترده‌ای برای ارزیابی عملکرد بهره‌وری بخش‌های مختلف انرژی مورد استفاده قرار گرفته است. پیشینه DEA در سال ۱۹۷۸ توسط چارنز و همکاران بوده که یک رویکرد موازنه غیرپارامتریک به‌منظور ارزیابی کارایی نسبی مجموعه‌ای از نهادهای قابل‌مقایسه با چندین ورودی و خروجی ارائه کرده است.

یکی از ویژگی‌های مشترک مدل‌های DEA در مطالعات این است که مصرف انرژی به‌عنوان 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 این‌حال، استفاده از انرژی منجر به تولید برخی از خروجی‌های نامطلوب می‌شود، به‌عنوان‌مثال انتشار گازهای گلخانه‌ای به‌عنوان محصولات جانبی تولید خروجی نامطلوب به‌حساب می‌آید. اندازه‌گیری بهره‌وری انرژی بدون توجه به خروجی نامطلوب نشانه درستی برای ارزیابی و مقایسه کارایی انرژی ارائه نمی‌کند. بر همین اساس، در این مقاله دو مدل برنامه‌ریزی خطی DEA دریک چارچوب تولید مشترک برای اندازه‌گیری کارایی بهره‌وری انرژی در سطح اقتصادی ارائه شده است.

**۲-۱. مدل برنامه‌ریزی خطی برای اندازه‌گیری کارایی واحد مورد بررسی**

یک فرایند تولید را در نظر بگیرید که در آن خروجی مطلوب و نامطلوب به‌صورت 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. به‌عبارت‌دیگر تولید برای مدل‌سازی فرایند تولید مشترک را می‌توان به‌صورت 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. همچنین اگر شرط زیر برقرار باشد:

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

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

۱) خروجی‌ها بر اساس اصل ضعیف قابل‌دسترسی می‌شود. به‌طور مثال، اگرداشته باشیم:

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

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

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

نخستین شرط نشان از کاهش خروجی‌های نامطلوب آزاد نیست، اما کاهش متناسب در هردو خروجی مطلوب و نامطلوب امکان‌پذیر است. وضعیت دوم نشان می‌دهد که تنها راه برای از بین‌بردن تمام خروجی‌های نامطلوب، توقف روند تولید است. اگرچه تکنولوژی تولید T برای مدل‌سازی تولید مشترک خروجی مطلوب و نامطلوب تعریف شده است، اما نمی‌تواند به‌طور مستقیم در مطالعات تجربی مورد استفاده قرار گیرد. کار بسیار مهم صورت‌گرفته آن است که مدل را در یک چارچوب DEA غیرپارامتری قرار می‌دهیم. بنابراین فناوری حاصل

می‌تواند به‌عنوان یک فناوری محیط‌زیستی DEA در حوزه پالایشگاهی شناخته شود.

در مواردی که K وجود دارد عملکرد کارایی مصرفی انرژی سنجیده می‌شود و برای داده‌های مشاهده‌شده در مورد ورودی‌های انرژی (گاز ناخالص ورودی به پالایشگاه) و غیرانرژی (مصرف داخلی پالایشگاه)، خروجی‌های مطلوب (گاز طبیعی خالص) و خروجی‌های نامطلوب (گازهای اسیدی و ضایعات آن)، که می‌تواند تکنولوژی DEA محیطی بازده به مقیاس ثابت (CRS) بیان کرد.

$$
\begin{aligned}
T = \{x, e, y, u\} : & \sum_{k=1}^{k} z_k x_{nk} \le x_n, n = 1,\mathrm{K}, N \\
& \sum_{k=1}^{k} z_k e_{lk} \le e_l, l = 1,\mathrm{K}, L \\
& \sum_{k=1}^{k} z_k y_{mk} \ge y_m, m = 1,\mathrm{K}, M \\
& \sum_{i=1}^{n} z_k u_{jk} = u_j, j = 1,\mathrm{K}, j \\
& z_k \ge 0, \{k = 1,2,\mathrm{K}, k\}
\end{aligned}
\qquad (۲)
$$

پس می‌توان CRS را فناوری DEA محیط‌زیست بیان کرد چون تمام شرایط ذکرشده در بالا را رعایت می‌کند. در مطالعه موردی فناوری محیط‌زیستی DEA با اقدامات بهره‌وری و بازده ثابت نسبت به مقیاس به‌طور گسترده در مناطق مختلف مورد استفاده قرار گرفته است. بر اساس مدل برنامه‌ریزی خطی مدل زیر را برای محاسبه شاخص عملکرد بهره‌وری انرژی ارائه می‌کنیم:

$$
\begin{aligned}
EEPL_1(x_0, e_0, y_0, u_0) = \min \theta \\
s.t. \sum_{k=1}^{k} z_k x_{nk} \le x_{n0} \qquad & n = 1,\mathrm{K}, N \\
\sum_{k=1}^{k} z_k e_{lk} \le \theta e_{l0} \qquad & l = 1,\mathrm{K}, L \\
\sum_{k=1}^{k} z_k y_{mk} \ge y_{m0} \qquad & m = 1,\mathrm{K}, M \\
\sum_{k=1}^{k} z_k u_{jk} = u_{j0} \qquad & j = 1,\mathrm{K}, J \\
z_k \ge 0, \qquad & k = 1,2,\mathrm{K}, k
\end{aligned}
\qquad (۳)
$$

در معادلات (۳) 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 استانداردشده (در بازه ۰ و ۱) برای اندازه‌گیری عملکرد بهره‌وری انرژی است. اگر $EEPl_1$ مطلقاً بزرگ‌تر از یک باشد، این امر نشان‌دهنده آن است که این نهاده از لحاظ مصرف انرژی بهتر عمل می‌کند و از این‌رو بهره‌وری انرژی بالاتری نسبت به دیگر بخش‌ها دارد. اگر EEPl۱ برابر یک باشد به این معنی است که در مرز بهترین عمل واقع شده است، بنابراین نمی‌تواند مصرف انرژی خود را به‌طور نسبی کاهش دهد. از لحاظ تئوری EEPl1 متقارن تابع فاصله از جاگذاری 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 مرز کارایی تولید توانست مرز کارایی فارل غیرپارامتری را معرفی کند. با امکانات مدل (۳) اندازه‌گیری راندمان را که یک شاخص عملکرد کارایی خالص برای اندازه‌گیری کارایی بهره‌وری انرژی است، به‌عنوان نتیجه EEPl۱ قدرت تفکیک‌پذیری ضعیف در مقایسه با کارایی انرژی ارائه می‌دهد. از سویی چون مدل (۳) اثرات ترکیبی انرژی را در نظر می‌گیرد پس با توجه به این موضوع می‌توانیم ارزیابی بهره‌وری انرژی را تا حد ممکن بیشتر کنیم. بنابراین مدل زیر برای DEA موردی بررسی شد:

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

$$s.t. \quad \sum_{k=1}^{k} z_k x_{nk} \le x_{n0}, \qquad n = 1,\text{K}\ ,N$$

$$\sum_{k=1}^{k} z_k x_{lk} \le \theta_l e_{l0}, \qquad l = 1,\text{K}\ ,L$$

$$\sum_{k=1}^{k} z_k y_{mk} \ge y_{m0}, \qquad m = 1,\text{K}\ ,M$$

$$\sum_{k=1}^{k} z_k u_{jk} = u_{j0}, \qquad j = 1,\text{K}\ ,J$$

$$z_k \ge 0, \qquad k = 1,2,\text{K}\ ,k \qquad (۴)$$

مدل (۴) به‌عنوان غالبی از مدل DEA در زمینه اندازه‌گیری کارایی انرژی مورد توجه قرار گیرد. درواقع این مدل زمانی می‌تواند جایگزین مدل (۳) قرار گیرد که تنظیم غیرمستقیم برای ورودی‌های انرژی مجاز است. بدیهی است، ارزش هدف مطلوب $EEPl_2$ بزرگ‌تر از صفر است، اما بزرگ‌تر از $EEPl_1$ نمی‌تواند باشد. بنابراین $EEPl_2$ یک شاخص استانداردشده با قدرت تفکیک‌پذیری بالاتری نسبت به $EEPl_1$ برای اندازه‌گیری کارایی بهره‌وری انرژی در تمام سطوح فراهم می‌کند.

از آنجاکه مدل (۴) برای تنظیمات غیرمتناسب برای ورودی‌های انرژی در ارزیابی بهره‌وری انرژی است، پس با تغییر ورودی‌ها نسبت به‌هم به‌منظور دستیابی به نقطه ایده‌ال خود در مرز بهترین عملکرد به مقدار زیاد اقدام می‌کند. از آنجاکه $EEPl_2$ اساساً حداقل میانگین نسبت مصرف انرژی مورد انتظار به ورودی‌های واقعی انرژی است، $EEPl_2$ به‌عنوان شاخص عملکرد متوسط انرژی استفاده کنیم.

### ۲-۲. بهره‌وری و شاخص اندازه‌گیری آن

به‌رغم استفاده گسترده از مدل‌های معمول DEA مدل‌های CCR[1] و BCC[2] دارای نقطه‌ضعف‌هایی هستند که تنها یک چارچوب مقطعی را نشان می‌دهند و در طول زمان نیز کاربرد لازم برای مطالعه را ندارند، بنابراین لازم است برای تجزیه‌وتحلیل سری زمانی بهره‌وری انرژی از ابزار پیشرفته و کاربردی‌تر شود. به همین منظور سعی شد از شاخص مالم کوئیست برای اندازه‌گیری بهره‌وری انرژی استفاده شود. در سال‌های اخیر شاخص مالم کوئیست به روش استاندارد DEA برای اندازه‌گیری کارایی پویا تبدیل شده است که مزایای بسیاری دارد که در مباحث مدل تحقیق با شاخص مالم کوئیست مورد مطالعه قرار گرفته شده است(ریکاردی وهمکاران ۲۰۱۵)

نخستین‌بار شاخص مالم کوئیست در سال ۱۹۵۳ توسط شخصی به نام استن مالم کوئیست به‌عنوان شاخص کیفیت به‌صورت نسبت‌های توابع فاصله به‌منظور تجزیه‌وتحلیل مصرف منابع تولید معرفی شد. سپس از این شاخص برای

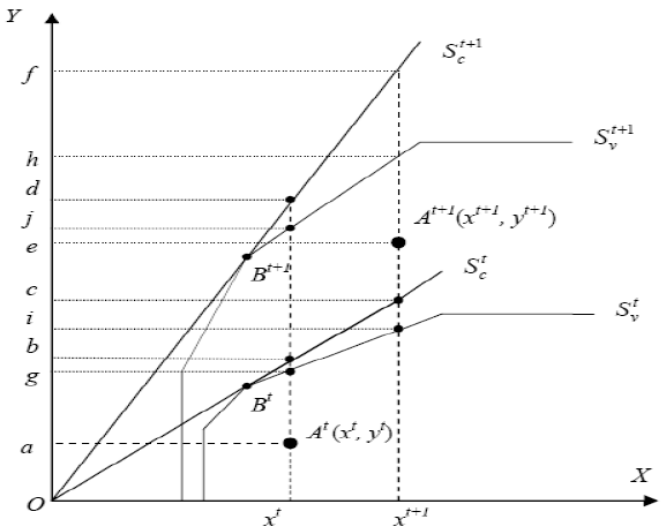
---

[1] Charns, Cooper &Rothes

[2] Benker, Charnez& Cooper

اندازه‌گیری و تحلیل بهره‌وری استفاده شد. فارل و همکارانش در سال ۱۹۹۲ تغییر بهره‌وری را به دو قسمت تغییر در کارایی عملکـردی و تغییـر در کـارایی فنـاوری بررسی و از مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی ناپارامتریـک بـرای محاسـبه آن اسـتفاده کردند. شاخص مالم کوئیست تفکیـک بهـره‌وری را بـه دو جـزء عمـده آن یعنـی تحولات فناوری و تغییرات در کارایی میسر ساخته است.

**نمودار ۱. تفکیک بهره‌وری کل (شاخص مالم کوئیست) حالت‌های CRS و VRS**




خط sct در نمودار ۱ نشان‌دهنده مرز تولیـد در دوره t اسـت. $S_c^{t+1}$ ایـن مـرز را در دوره t+1 نشان می‌دهد. تکنولوژی بهبودیافته $s_c^{t+1}$ شرکت‌های کارا را قادر می‌سـازد تا خروجی را با استفاده از مقدار کمتر ورودی مورد نیاز تکنولوژی $S_c^t$ تولید کننـد. فرض کنید شـرکت مـورد نظـر ترکیبـی از ورودی و خروجـی $A^t(x^t,y^t)$ در دوره t و $A^{t+1}(x^{t+1},y^{t+1})$ در دوره t+1 داشته باشد. دو تغییر در طی t و t+1 اتفاق افتاده اسـت، نخست، به دلیل پیشرفت تکنولوژی، شرکت خروجی بیشتری را به ازا هـر ورودی در دوره t+1 نسبت به دوره t تولیـد کـرده اسـت. درواقـع ترکیـب ورودی- خروجـی‌اش در دوره t+1 اسـتفاده از تکنولـوژی دوره t را غیرموجـه می‌سازد. دوم، شرکت تغییر کارایی عملکردی را نیز تجربه کرده است. تحلیل مـالم کوئیست بر مبنای بـه‌کـارگیری توابـع مسـافت اسـت. در تعریـف شـاخص مـالم

کوئیست بر مبنای به‌کارگیری توابع مسافت با در نظر گرفتن ترکیب زمان تعدیل می‌شود. توابع مسافت را با توجه به دو دوره زمانی متفاوت به‌صورت ($x^{t+1},y^{t+1}$) $D_c^t$ و $D_c^{t+1}(x^t,y^t)$ تعریف می‌کنیم که در آن $D_c^{t+1}$ 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، به‌عبارت‌دیگر تابع $D_c^{t+1}(x^t,y^t)$ دسته ورودی- خروجی در دوره t را نسبت به تکنولوژی دوره t+1 ارزیابی می‌کند درحالی‌که 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 است.

در ابتدا مدل DEA (تحلیل پوششی داده‌ها) ورودی‌محور معرفی می‌شود که برای اندازه‌گیری کارایی بهره‌وری است. DEA نوعی از روش ارزیابی بهره‌وری جدید توسعه‌یافته توسط چارنز و همکاران (۱۹۹۴) بر اساس کارایی نسبی است. آن‌ها خروجی و ورودی هر یک از واحدها را به روش‌های ورودی/ خروجی چندگانه گسترش می‌دهند و سپس کارایی نسبی را در میان انواع واحدها تصمیم‌گیری مشابه مورد بررسی قرار داده‌اند. به‌طورکلی مدل CCR و BBC روش‌های معمول DEA است. مدل CCR (چارنز و همکاران) کارایی فنی کل را بررسی می‌کند که این مدل به‌طور خلاصه به شرح زیر است:

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 ورودی‌محور) به‌صورت برنامه‌ریزی خطی زیر حل می‌شود:

$$\begin{aligned} x_j &= (x_{1j}, x_{2j}, ..., x_{sj})^{\mathrm{T}} > 0 \\ y_j &= (y_{1j}, y_{2j}, ..., y_{mj})^{\mathrm{T}} > 0 \\ j &= 1,2,3,...,n. \end{aligned} \qquad (۴)$$

$$(P)CCR\begin{cases}\max \mu^{\mathrm{T}} y_{j0}\\ s.t.\\ \omega^{\mathrm{T}} X_j - \mu^T Y_j \geq 0\\ \omega^{\mathrm{T}} X_{j0} = 1\\ \omega \geq \varepsilon e', \quad \mu \geq \varepsilon e\\ j = 1,2,...,n\\ e' = (1,1,...,1)^{\mathrm{T}} \in E_m\\ e = (1,1,...,1)^{\mathrm{T}} \in E_s\end{cases} \qquad (۵)$$

$$(D)CCR\begin{cases}\min\left[\theta - \varepsilon\left(e'^{\mathrm{T}} s^- + e^{\mathrm{T}} s^+\right)\right]\\ s.t.\\ \sum_{j=1}^{n} X_j \lambda_j + s^- = \theta X_{j0}\\ \sum_{j=1}^{n} Y_j \lambda_j - s^+ = Y_{j0}\\ \lambda_j \geq 0, \quad j = 1,2,...,n\\ s^+ \geq 0, s^- \geq 0\end{cases} \qquad (۶)$$

مدل ۶ دوگان[1] برنامه‌ریزی خطی ۵ است. جایی که $\lambda_j$ متغیر وزن داده‌شده به واحد تصمیم‌گیری j مورد بررسی است. $e^{\mathrm{T}}$ و $é^{\mathrm{T}}$ نشان‌دهنده ماتریس‌های متفاوت در مدل و $s^+$ و $s^-$ متغیرهای کمکی هستند. $\theta$ کارایی فنی کل و $\varepsilon$ به میزان $10^{-6} \sim 10^{-3}$ است. از طرفی $(\theta^0, \lambda^0, s^{-0}, s^{+0})$ راه‌حل بهینه برای مدل ۵ نشان می‌دهد. اگر $\theta_0 = 1$ 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 $\theta < 1$ یا برخی از متغیرهای غیرصفر باشند، پس $DMU_{j0}$ ناکارآمد است. در مدلی که بیان شد این نکته حائز اهمیت است کارایی فنی کل را می‌توان به‌صورت زیر بیان کرد:

$$TE = PTE \times SE$$

در اینجا TE به معنای بهره‌وری کل و PTE کارایی فنی خالص و SE نشان‌دهنده مقیاس کارایی است خاطرنشان می‌شود که مدل DEA برای داده‌های

مقطعی مورد استفاده قرار می‌گیرد، پس ارزیابی کارایی برای مدت‌زمان مشخصی به دست می‌آید؛ اما باگذشت زمان میزان کارایی آن مشخص نیست که به‌منظور برطرف‌کردن این نقص از شاخص مالم کوئیست در طی یک دوره می‌توان استفاده کرد (وندونگ،۲۰۱۵).

شاخص مالم کوئیست بر مبنای چندین ورودی- خروجی از مرز فنّاوری تولید استوار است. شاخص مالم کوئیست به‌عنوان یک روش غیرپارامتریک اجازه تجزیه‌وتحلیل به لحاظ پیشرفت تکنولوژی و تغییرات کارایی را نیز در اختیار قرار می‌دهد تا بتوان بینش عمیقی از تغییرات بهره‌وری به دست آورد (امامی‌میبدی، ۱۳۹۰).

در این روش شاخص مالم کوئیست بر اساس مقادیر کارایی که از طریق مدل DEA به دست می‌آید، قابل‌محاسبه 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 به‌صورت امکان تولید به شرح زیر بیان کرد:

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

فرض کنید که تکنولوژی تولید دارای تحدب و اصل قوی در ورودی‌هاست، از این‌رو، توابعی که می‌تواند 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 (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 $y_t$ درمرزامکان تولید با $x_t$ قرارگرفته است می‌توان معادله به‌صورت زیر تعیین کرد:

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

با کمک توابع فاصله‌ای، می‌توان شاخص مالم کوئیست را در دوره t به‌صورت زیر نشان داده شود (چارنز و همکاران ۱۹۸۲):

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

و همین‌طور در دوره t+1 شاخص مالم کوئیست به‌صورت زیر انجام می‌شود:

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

برای جلوگیری از یک معیار می‌توان از شاخص جدیدی از مالم کوئیست استفاده کرد:

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

درنهایت، نیز می‌توان شاخص مالم کوئیست را محاسبه کرد که به صورت زیر است:

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

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...

## ۳. روش تحقیق

در این پژوهش با استفاده از اطلاعات و آمارهای جمع‌آوری‌شده از آمارنامه شرکت ملی گاز و پایگاه اطلاعاتی دانشکده نفت و ترازنامه وزارت نیرو در سال ۱۳۹۴ اقدام به تجزیه‌وتحلیل عملکرد ۱۲ پالایشگاه‌های گاز طبیعی کشور در زمینه‌های فنی و محیط زیستی پرداخته شد که پالایشگاه‌های فعال مورد نظر در

این پژوهش شامل پالایشگاه‌های فجر، خان‌گیران، بید بلند، مسجدسلیمان، سرخون و قشم، پارس‌جنوبی (فاز ۱)، پارس‌جنوبی (فاز ۲ و ۳)، پارس‌جنوبی (فاز ۴ و ۵)، پارس‌جنوبی (۶ و ۷ و ۸)، پارس‌جنوبی (۹–۱۸)، پارسیان ۱ و ۲ و میمک طی سال‌های ۹۴– ۱۳۸۸ است.

در این پژوهش هر یک از پالایشگاه‌های گاز طبیعی به‌عنوان یک واحد تصمیم‌گیری (DMU) قلمداد می‌شود. در این مطالعه از دو ستانده و دو نهاده استفاده شده است که عبارتند از:

نهاده‌ها:۱) گاز ورودی پالایشگاه‌ها

۲) مصرف داخلی پالایشگاه‌ها

ستانده‌ها: ۱) گاز خشک ارسالی به خطوط گازی ۵۶ اینچ

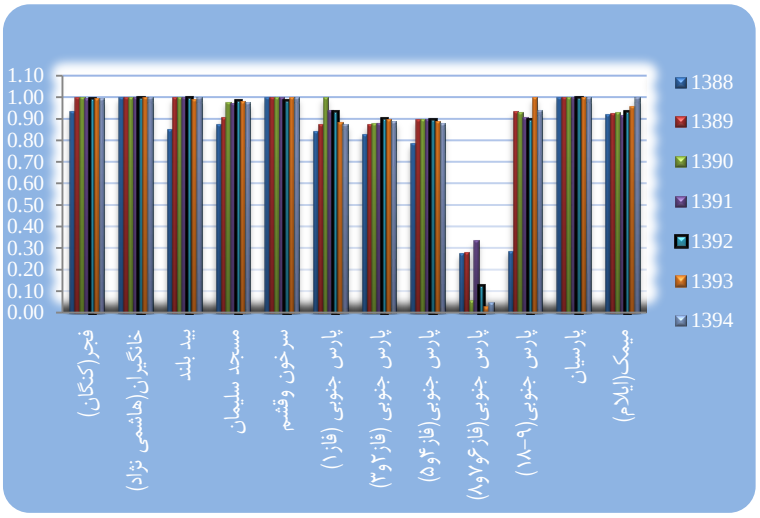
۲) آلاینده‌های حاصل از فرآورش (سوخت مشعل+تجمیع گازهای اسیدی).

از بررسی‌هایی صورت‌گرفته از پالایشگاه‌های گاز طبیعی در کشور و جهان این موضوع استنتاج می‌شود که اکثراً تمام پالایشگاه‌های گازی دارای ساختار، مکانیسم و نهاده‌ها، ستانده‌های مشابهی هستند که تأییدکننده شرط همگنی است. از طرفی به دلیل تأثیر یکسان عوامل محیطی و جغرافیایی غیرقابل‌انکار بر روی فرایند پالایش گاز طبیعی نادیده قرار داده و از روش تحلیل پوششی داده‌ها جهت اندازه‌گیری عملکرد پالایشگاه‌های گازی (با استفاده از نرم‌افزار LINGO.۱۷ ) به بررسی کارایی اقتصادی و محیط‌زیستی پرداخته می‌شود. بنابراین، در این مطالعه به دنبال رتبه‌بندی پالایشگاه‌های بهینه کشور از منظر کارآمدی فنی، محیط‌زیستی و ایجاد راهکارهای لازم و مؤثر به‌منظور فرایند تولید بهینه در راستای توجه هرچه تمام‌تر به مسئله محیط‌زیست هستیم. فقط باید این نکته را مدنظر بگیریم که انتشار گاز $CO_2$ و SO2 می‌تواند از داده‌های مصرف سوخت و عوامل انتشاری قلمداد شود، زیرا مصرف گاز طبیعی عامل اصلی سهم عمده‌ای از انتشار گازگلخانه‌ای ازجمله $CO_2$ است که منطقی به نظر می‌آید اگر سوخت مشعل‌ها نیز عامل خروجی‌های نامطلوب مدنظر قرار گیرد.

## ۴. تجزیه‌وتحلیل داده‌ها

جدول ۱ نشان‌دهنده شاخص کارایی فنی و زیست‌محیطی مدل DEA، دو پالایشگاه از بین ۱۲ پالایشگاه‌های گازی موجود کشور هستند که به‌عنوان پالایشگاه‌های کارآمد از منظر عملکرد فنی بر اساس $EEPL_1$ رفتار کرده‌اند. از سویی کارایی عملکردی تمام پالایشگاه‌ها به‌غیراز فازهای پالایشگاه‌های (۱) و (۶ و ۷ و ۸) پارس‌جنوبی در طی سال‌های اخیر روند رو به افزایشی و نزدیک به مرز بهترین عملکرد را داشته‌اند، ولی اگر به‌صورت کلی به این مسئله نگاه کنیم میانگین کارایی بهره‌وری پالایشگاه‌ها تغییرات کمی در طی این سال‌ها داشته‌اند.

**نمودار ۲. روند تغییرات عملکرد پالایشگاه‌های گاز طبیعی ایران سال‌های ۹۴-۱۳۸۸**




با توجه به نتایج به‌دست‌آمده تحقیق، متوسط عملکرد فنی- محیط‌زیستی ۱۲ پالایشگاه گاز طبیعی کشور برای سال‌های ۹۴-۱۳۸۸ طبق جدول زیر است:

**جدول ۱. محاسبه متوسط روند تغییرات عملکرد پالایشگاه‌های گازی کشور بر اساس $EEPL_1$**

| میمک (ایلام) | پارسیان | پارس جنوبی ۹- ۱۸ | پارس جنوبی فاز ۶ و ۷ و ۸ | پارس جنوبی فاز ۴ و ۵ | پارس جنوبی فاز ۲ و ۳ | پارس جنوبی فاز ۱ | سرخون و قشم | بیدبلند۱ و ۲ | مسجدسلیمان | خانگیران (هاشمی نژاد) | فجر (کنگان) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۰,۹۴۰ | ۰,۹۹۹ | ۰,۸۴۲ | ۰,۱۶۳ | ۰,۸۷۷ | ۰,۸۷۸ | ۰,۹۰۶ | ۰,۹۹۷ | ۰,۹۷۷ | ۰,۹۵۳ | ۱ | ۰,۹۸۷ |

مشاهده می‌شود پالایشگاه خانگیران (هاشمی‌نژاد) و پارسیان با اختلاف بسیار جزئی با کارایی واحد، بیشترین و بهترین عملکرد را نسبت به پالایشگاه‌های دیگر دارا هستند و این امر بیان‌کننده این موضوع است که پالایشگاه‌های خانگیران و پارسیان توانسته‌اند با یک مقدار مشخص از نهاده‌ها و با بهره‌گیری از حداقل‌سازی نهاده‌ها ورودی به حداکثر ستانده مطلوب دست یابند. در مقابل، کمترین کارایی فنی $EEPL_1$ به میزان ۰/۱۶۳ درصد مربوط به فاز (۶ و ۷ و ۸) پارس‌جنوبی است که بدترین عملکرد فنی- محیط‌زیست DEA در بین پالایشگاه‌های کشور را به دلایلی ازجمله فرسودگی تجهیزات تولیدی و سوء مدیریت‌های متداول در امر تولید اختصاص داده است. به‌طورکلی، تحقیقات به‌دست‌آمده دلالت بر این موضوع است با اصلاح سیاست‌های مدیریتی و برنامه‌ریزی در بخش‌های مختلف تولیدی می‌توان به میزان ۵ درصد بهره‌وری و عملکرد موجود در کل پالایشگاه‌های کشور با کمترین آسیب به محیط‌زیست پیرامون به سمت مرز کارایی سوق داد و از تمام ظرفیت‌های قابل‌دسترس با بیشترین بازدهی بهره‌مند شد.

## ۵. شاخص مالم کوئیست

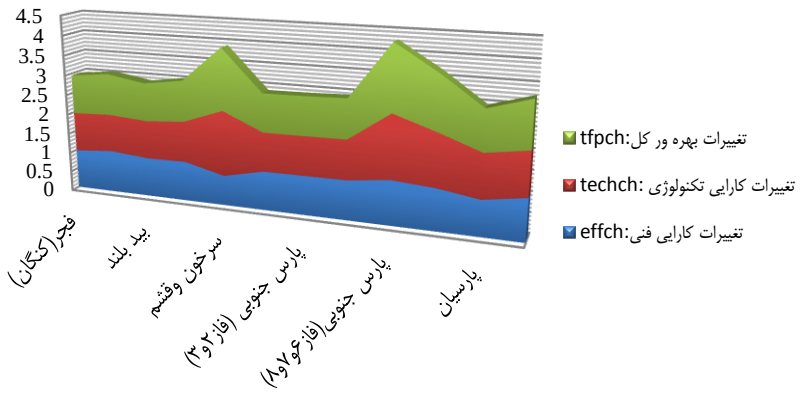
شاخص مالم کوئیست در زمینه پالایشگاه‌های کشور برای به دست آوردن بهره‌وری فنی کل آن‌ها با توجه به تغییرات تکنولوژیکی و تغییرات کارایی فنی آن‌ها مدنظرمی گیرد و داده‌های تجربی مورد استفاده برای سال‌های ۹۴-۱۳۸۸ نیز است.

جدول ۲ شاخص بهره‌وری مالم کوئیست و جدول ۳ نیز مؤلفه‌های مربوط به تغییر آن را در طی دوره‌های تحقیق نیز نشان می‌دهد. در جدول ۲ به‌طور متوسط شاخص بهره‌وری پویا مالم کوئیست به میزان ۱/۱۲۴ درصد افزایش یافته است. به‌عبارت‌دیگر، این مقدار نشان از رشد مثبت در این حوزه انرژی دارد. از این‌رو، 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 ازجمله گاز طبیعی حمایت از رشد این بخش صنعت و آلودگی محیط‌زیست امر بسیار مهم و

جدی تلقی می‌شود.

همان‌طور که در نمودار ۳ نشان داده شده است، روند کلی تغییرات تکنولوژیکی و تغییرات بهره‌وری کل عوامل سازگار و نوسانی است، درحالی‌که تغییر کارایی فنی با میانگین حدود ۹۸/۴ درصد روندی پایدار و خنثی را نشان می‌دهد.

**نمودار ۳. متوسط تغییرات شاخص مالم کوئیست و مؤلفه‌های آن طی سال‌های ۱۳۸۸-۱۳۹٤**




**جدول ۲. روند متوسط شاخص بهره‌وری مالم کوئیست و تجزیه‌وتحلیل نتایج به‌دست‌آمده**

| رتبه بهره‌وری پالایشگاه‌ها TFPCH rank | تغییرات بهره‌وری کل TFPCH (M Index) | تغییرات کارایی مقیاس SECH | تغییرات کارایی خالص PECH | تغییرات کارایی تکنولوژیکی TECHCH | تغییرات کارایی فنی EFFCH | پالایشگاه گاز طبیعی |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ۸ | ۰,۹۷۷ | ۰,۹۹۷ | ۰,۹۹۲ | ۰,۹۸۸ | ۰,۹۸۹ | فجر (کنگان) |
| ۵ | ۱,۰۳۹ | ۱,۰۲۴ | ۱,۰۴۵ | ۰,۹۴۸ | ۱,۰۷۱ | خانگیران (هاشمی‌نژاد) |
| ۱۱ | ۰,۹۵۲ | ۰,۹۹۰ | ۰,۹۹۴ | ۰,۹۶۲ | ۰,۹۸۵ | بیدبلند ۱ و ۲ |
| ۶ | ۱,۰۲۳ | ۱,۰۰۵ | ۰,۹۹۶ | ۱,۰۲۲ | ۱,۰۰۱ | مسجدسلیمان |
| ۲ | ۱,۵۳۱ | ۱,۰۰۰ | ۰,۷۵۱ | ۱,۶۲۹ | ۰,۷۵۱ | سرخون و قشم |
| ۱۲ | ۰,۹۴۹ | ۰,۹۸۹ | ۰,۹۸۴ | ۰,۹۷۱ | ۰,۹۷۳ | پارس جنوبی فاز ۱ |
| ۱۰ | ۰,۹۵۷ | ۰,۹۷۹ | ۱,۰۰۰ | ۰,۹۷۲ | ۰,۹۸۰ | پارس جنوبی |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| فاز ۲و ۳ | | | | | | |
| پارس جنوبی فاز ۴ و ۵ | ۰,۹۸۷ | ۰,۹۸۳ | ۰,۹۹۹ | ۰,۹۸۸ | ۰,۹۷۱ | ۹ |
| پارس جنوبی فاز ۶ و ۷ و ۸ | ۱,۱۰۹ | ۱,۵۶۵ | ۱,۱۱۱ | ۰,۸۷۰ | ۱,۶۱۲ | ۱ |
| پارس جنوبی ۱۸-۹ | ۱,۰۳۶ | ۱,۳۰۰ | ۱,۰۴۲ | ۰,۹۹۴ | ۱,۳۳۴ | ۳ |
| پارسیان | ۰,۸۸۲ | ۱,۰۸۵ | ۰,۸۴۷ | ۱,۰۷۳ | ۰,۹۹۹ | ۷ |
| میمک (ایلام) | ۱,۰۴۸ | ۱,۰۷۶ | ۱,۰۴۹ | ۰,۹۹۹ | ۱,۱۴۰ | ۴ |

توضیح: محاسبات توسط نرم‌افزار لینگو ورژن ۱۷,۱ انجام شد.

طبق نتایج به‌دست‌آمده در جدول ۲، شاخص بهره‌وری کل مالم کوئیست در تمام پالایشگاه‌های گاز طبیعی کشور بیش از۹۵ درصد است. بر این اساس ۶ پالایشگاه که از بین آن‌ها پالایشگاه‌های میمک و فازهای (۱۸-۹) پارس جنوبی ازجمله پالایشگاه‌های جوان هستند، جزء برترین پالایشگاه‌های گاز طبیعی به‌حساب می‌آیند. از سویی فاز (۶ و ۷ و ۸) پارس‌جنوبی نشان از افزایش میزان متوسط شاخص بهره‌وری در این سال‌ها بوده است. در مقابل کمترین مقدار متوسط شاخص بهره‌وری مالم کوئیست (tfpch) به ترتیب ۹۴۹. و ۹۵۲. درصد برای (فاز ۱) پارس‌جنوبی و بیدبلند است که نشان‌دهنده به‌کارگیری کمتری از ابزارهای بهره‌وری و بهینه‌سازی نسبت به دیگر پالایشگاه‌ها است. البته با توجه دقیق‌تر نیز در برخی پالایشگاه‌ها بعضاً در مؤلفه‌های بهره‌وری عملکرد ضعیف‌تری از خود ثبت کرده‌اند ولی توانسته‌اند با به‌کارگیری دیگر عوامل مؤثر تولیدی تأثیر منفی بر شاخص را تعدیل کنند. به‌عبارت‌دیگر، نتایج در جدول دلالت بر ناکارایی برخی مؤلفه‌های شاخص بهره‌وری کل پالایشگاه‌ها دارد؛ به‌طور مثال سرخون و قشم به علت عدم کارایی مناسب فنی به دلیل ناکارایی خالص فنی و ناکارآمدی مقیاس آن است، ولی به دلیل استفاده و روند رو به رشد تکنولوژی در سال‌های مورد بررسی در این پالایشگاه عامل مهمی در تغییر شاخص بهره‌وری کل (مالم کوئیست) در بین پالایشگاه‌ها است. درنهایت در بین ۱۲ پالایشگاه‌های گاز طبیعی فاز (۶ و ۷ و ۸) پارس‌جنوبی باوجود عدم کارایی در مقیاس توانسته با کمک کارآمدی خالص فنی و کارایی تکنولوژی بهترین عملکرد را به خود اختصاص دهد و از مزایای

نوآوری، علم و توسعه در بخش تولیدی بهره لازم را ببرد. البته بدیهی است در پالایشگاه‌های خانگیران (هاشمی‌نژاد) و میمک (ایلام) دستاوردهای بزرگی در تغییر کارایی فنی (effch) به میزان ۱,۰۷ و ۱۰۴.درصدی نسبت به دیگر پالایشگاه‌ها بوده است، این امر مطمئناً به دلیل استراتژی توسعه این بخش در پالایشگاه باوجود شرایط حساس منطقه‌ای و بین‌المللی کشور مورد توجه بوده است.

**جدول ۳. برآورد تغییرات شاخص بهره‌وری مالم کوئیست پالایشگاه‌های گازی طبیعی و مؤلفه‌های آن ۱۳۹٤-۱۳۸۸**

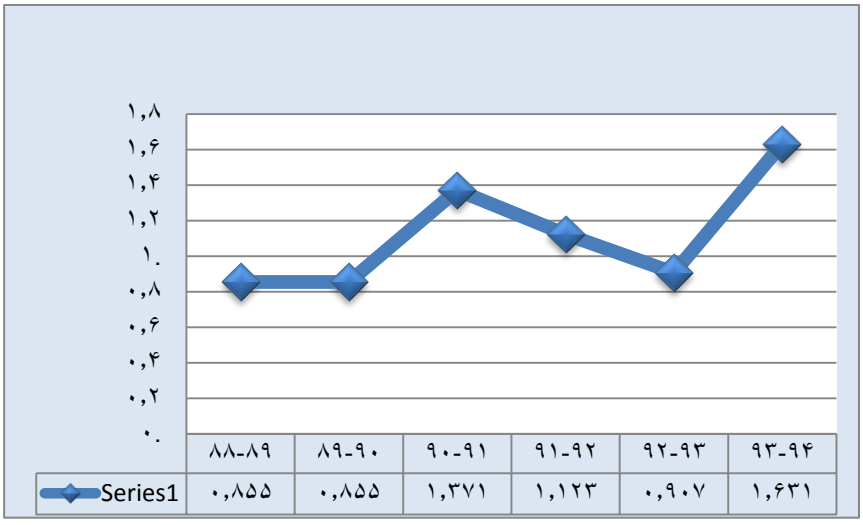
| سال | تغییرات کارایی فنی EFFCH | تغییرات کارایی تکنولوژیکی TECHCH | تغییرات کارایی خالص PECH | تغییرات کارایی مقیاس SECH | تغییرات بهره‌وری کل TFPCH (M Index) |
|---|---|---|---|---|---|
| ۱۳۸۸-۱۳۸۹ | ۰,۸۷۰ | ۰,۹۶۴ | ۰,۹۰۹ | ۱,۰۳۳ | ۰,۸۵۵ |
| ۱۳۸۹-۱۳۹۰ | ۰,۹۳۸ | ۰,۸۸۵ | ۰,۹۴۲ | ۰,۹۹۹ | ۰,۸۵۵ |
| ۱۳۹۰-۱۳۹۱ | ۱,۰۲۵ | ۱,۳۷۶ | ۰,۹۹۴ | ۱,۰۱۹ | ۱,۳۷۱ |
| ۱۳۹۱-۱۳۹۲ | ۱,۰۵۱ | ۱,۰۷۹ | ۱,۰۴۷ | ۱,۰۰۰ | ۱,۱۲۳ |
| ۱۳۹۲-۱۳۹۳ | ۰,۹۷۹ | ۰,۸۹۲ | ۰,۹۸۱ | ۰,۸۴۵ | ۰,۹۰۷ |
| ۱۳۹۳-۱۳۹۴ | ۱,۰۴۱ | ۱,۵۵۴ | ۱,۰۳۰ | ۱,۰۱۴ | ۱,۶۳۱ |
| میانگین | ۰,۹۸۴ | ۱,۱۴۲ | ۰,۹۸۴ | ۰,۹۸۵ | ۱,۱۲۴ |

مأخذ. محاسبات تحقیق

مشاهدات نتایج به‌دست‌آمده در جدول ۳ و ۴ نشان می‌دهد که برخی پالایشگاه‌ها به دلیل ناکارایی و تغییرات کم در مؤلفه‌های بهره‌وری باعث نتایج بد رتبه‌بندی درون شاخص شده‌اند. تغییرات بهره‌وری کل پالایشگاه‌ها (MI) در طول سال ۹۰-۱۳۸۸ در یک‌روند خنثی بوده، ولی در سال‌های بعد با رشد چشمگیری را در برهه‌های زمانی تجربه کرده است. به‌طور مشخص دلیل عقب‌نشینی MI (شاخص بهره‌وری) در سال ۹۴-۱۳۹۳ عملکرد شدیداً کاهشی پالایشگاه‌های سرخون، قشم و فاز (۶ و ۷ و ۸) 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 شده است. در ایران نیز سعی در پیشرفت همگام با جوامع بین‌المللی اقدام به سیاست‌های اصلاحات ساختاری در این بخش صورت گرفته، ولی به دلیل مسائل میدانی و منطقه‌ای وعدم زیرساخت‌های مناسب این تغییرات نیز با روند کندی همراه بوده است. البته می‌توان به‌وضوح بعضی تغییرات عملیاتی و استراتژی‌های راهبردی و کلیدی را مشاهده کرد. توجه داشته باشید که در جدول ۴ تغییرات کارایی خالص فنی (PECH) و کارایی مقیاس (SECH) روند خنثی را داشته‌اند، پس بیشترین تأثیر شاخص بهره‌وری نیز از تغییرات تکنولوژی بوده است.

**نمودار ٤. متوسط تغییرات بهره‌وری کل (MI)**




طبق نمودار ۴ در سال‌های ۹۱-۱۳۹۰ و ۹۴-۱۳۹۳ بالاترین مقدار متوسط بهره‌وری در دوره زمانی مورد بررسی است. همچنین در دوره‌هایی نیز روند خنثی و کاهشی نیز در میزان MI با درجه‌های مختلف مشاهده می‌شود. به‌طورکلی این نکته حائز اهمیت است که عملکرد بهره‌وری کل (شاخص مالم کوئیست 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 است.

## نتیجه‌گیری و پیشنهادی سیاستی

مدل DEA به‌طور گسترده برای اندازه‌گیری کارایی، راندمان و بهینه‌سازی در سطوح مختلف انرژی ازجمله نفت و گاز می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. در این تحقیق از روش تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) متناسب با پالایشگاه‌های گاز طبیعی و شاخص مالم کوئیست اقدام به اندازه‌گیری بهره‌وری و بهینه‌سازی پالایشگاه‌های گاز طبیعی کشور با رویکرد محیط‌زیستی است. بدین منظور بهره‌وری عملکرد مربوط به DEA از پالایش گاز طبیعی که منجر به تولید خروجی مطلوب و نامطلوب بر اساس موارد تجربی و کاربردی مدنظر قرار می‌گیرد و تلاش برای ارزیابی بهره‌وری پالایشگاه‌ها در چارچوب دو خروجی «گاز خالص حاصل از پالایش و گازهای آلاینده حاصل از مراحل تولید است». هدف اصلی این مقاله ارائه مدل برنامه‌ریزی خطی DEA پالایشگاه‌های گاز طبیعی برای اندازه‌گیری کارایی و بهره‌وری عملکرد آن‌ها در تمام سطوح ممکن است و با استفاده از مفهوم فنی و زیست‌محیطی DEA دو مدل شاخص بهره‌وری است. نخستین شاخص $EEPL_1$ تلاش در کاهش نهاده‌های ورودی به‌منظور حفظ و افزایش خروجی مطلوب به‌منظور هدایت به سمت مرز بهترین عملکرد باشد. نتایج حاصل از EEPL1 نشان از عملکرد دو پالایشگاه خانگیران (هاشمی‌نژاد) و پارسیان بر روی مرز کارایی است که در بین تمام پالایشگاه‌ها بهترین عملکرد فنی و زیست‌محیطی واحد و در مقابل فاز ۶ و ۷ و ۸ پارس‌جنوبی به میزان ۰/۱۶۸ بدترین کارایی فنی-محیطی را به دست آورده‌اند و بقیه پالایشگاه‌ها به ترتیب فجر (۰/۹۸۷)، بیدبلند ۱ و ۲ (۰/۹۷۷)، مسجدسلیمان (۰/۹۵۳)، میمک (۰/۹۴۰)، فاز (۱) پارس‌جنوبی (۰/۹۰۶)، فاز ۲ و ۳ پارس‌جنوبی (۰/۸۷۸)، فاز ۴ و ۵ پارس‌جنوبی (۰/۸۷۷)، فاز ۹-۱۸ پارس‌جنوبی (۰/۸۴۲) روند نزولی نسبت به یکدیگر مبتنی‌بر کارایی محیطی دارا هستند. به‌طورکلی نتایج حاصل از EEPL[1] در طی سال‌های مورد بررسی به میزان ۰/۸۷۷ است. تحقیقات در این مدل دلالت بر اصلاح سیاست‌های مدیریتی و

برنامه‌ریزی در بخش‌های تولیدی با نگاه فراتر از جناح‌بندی‌های سیاسی و اجتماعی را می‌طلبد. از سویی ضعف‌های ازجمله بخش خصوصی ضعیف و مالکیت مطلق دولت و کارتل‌های داخلی، 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 آن‌ها به خارج مرزهای کشور وعدم شناسایی موقعیت جغرافیایی و زیست‌بوم در زمان احداث برخی پالایشگاه‌ها می‌توان اشاره کرد. در صنایع بالادستی نفت، گاز، نیروگاه و نیز مدیریت پروژه‌های بزرگ به دلیل تمرکز بر هزینه‌های سرمایه‌ای به نسبت هزینه‌های عملیاتی باید به طراحی و بهینه‌سازی شبکه تولیدی توجه کافی داشت. به‌منظور دستیابی به اهداف اقتصادی و اطمینان از برنامه‌ریزی عرضه- تقاضا و حفاظت از محیط‌زیست در راستای چشم‌اندازهای صاحب‌نظران اقتصادی انرژی قرارگیرد. بهتر است متخصصان انرژی به‌جای فکرکردن به سال جاری و سال بعد به ده سال آینده یا دورتر بیاندیشند تا از انحراف‌ها و غفلت‌های هرچند کوچک در این زمینه که می‌تواند به فجایع بزرگ منجر شود را به حداقل تقلیل دهند. با توجه به موارد ذکرشده اگر به‌طور متوسط ۵ درصد بر میزان عملکرد پالایشگاه‌ها این اصلاحات لحاظ گردد، می‌توان باعث کاهش اختلاف پالایشگاه از مرز کارایی شده و از سویی تمام ظرفیت‌های قابل‌دسترسی آن‌ها با بیشترین بازدهی با حفظ شرایط محیطی مناطق بهره‌مند شد. لازم به ذکر است مدل EEPL2 یک مدل ترکیبی برای پارامترهای مختلف در حوزه‌های پایین‌دستی انرژی با توجه به شرایط تولیدی آن‌ها است؛ به‌طوری‌که اگر میزان ضرایب ورودی یا خروجی مورد متوجه بیشتری قرار بگیرد؛ پس می‌توان تابع هدف را به تعداد هر واحد از آن نیز تعدیل و برآورد دقیق‌تری از نهاده‌ها و ستانده‌های ترکیبی را استخراج کرد. در ادامه با بهره‌گیری از شاخص مالم کوئیست قادر به اندازه‌گیری کارایی مبتنی‌بر این شاخص در چارچوب عوامل مؤثر در واحد مورد بررسی قرار گرفته است.

نتایج برآورد شاخص مالم کوئیست نشان از وجود افزایش رشد بهره‌وری با نوسانات رو به مثبت است. کارایی فنی ۱۲ پالایشگاه گاز طبیعی در طی سال‌های مورد مطالعه به میزان ۰/۹۸۴ به‌دست‌آمده است که نتیجه کارایی خالص فنی (مدیریتی و...) و ۰/۹۸۵ کارایی مقیاس است. با مشاهده متوسط میزان دو کارایی فنی خالص و کارایی مقیاس در طی دوره می‌توان نتیجه ناکارایی فنی متأثر از این دو مؤلفه دانست. از طرفی بهره‌وری کل (MI) پالایشگاه‌ها در خلال سال‌های مورد مطالعه به‌طور متوسط با نرخ ۱/۱۲۴ درصد رشد داشته است. متوسط تغییرات کارایی تکنولوژی به میزان ۱/۱۴۲ نشان از روند مثبت و اثرگذاری به‌مراتب بیشتر نسبت به کارایی فنی به میزان ۰/۹۸۴ دارد و نشان از ضعف و بی‌توجهی در کارایی فنی با روندی خنثی و منفی در واحدهای پالایشگاه‌های کشور است. پالایشگاه‌های گاز طبیعی کشور با بهبود در کیفیت و رشد عملکردی نیازمند توجه بیشتر از بازده نسبت به مقیاس تولید با توجه به کاهش شدت منابع مصرفی است. با توجه به تجزیه‌وتحلیل از تمام پالایشگاه‌ها بهره‌وری عوامل و مؤلفه‌های مؤثر بر شاخص به میزان قابل قبولی تقویت و مثبت شده است.

## پی‌نوشت

۱. در مواردی بهتر است به جای حل مدل اولیه یک مسئله برنامه‌ریزی 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 می‌توان مقدار متغیرهای تصمیم مدل اصلی در حالت بهینه را از روی دوگان آن به دست آورد.

## منابع


آمارنامه شرکت ملی گاز ایران و ترازنامه وزارت نیرو.

امامی‌میبدی، علی (۱۳۸۸). «اندازه‌گیری کارایی فنی و بهره‌وری در نیروگاه‌های بخاری، گازی و سیکل ترکیبی»، ***اقتصاد مقداری*** (بررسی‌های اقتصادی سابق) سال ششم، شماره ۳. ۱۰۳-۷۹.

امامی میبدی علی, کریمیان زهرا, رحمانی صفتی محمدحسین (۱۳۹۰). «اندازه گیری کارائی فنی و بهره وری مجتمع های پتروشیمی ایران» , ***فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی***- سال هشتم ، شماره ۲۹، ۸۱-۶۱ .

امامی میبدی, جایدری, فرزانه (۱۳۹۳). «اندازه گیری زیست کارآیی پالایشگاه های نفت ایران با استفاده از روش تحلیل پوششی داده ها». ***پژوهش‌های رشد و توسعه پایدار*** (پژوهش‌های اقتصادی),سال چهاردهم، شماره ۴، ۹۶-۷۹.

حسینی، امینه، کاوه خلیلی‌دامغانی و علی امامی‌میبدی (۱۳۹۵). «تجزیه‌وتحلیل کارایی فنی- زیست محیطی پالایشگاه‌های نفت ایران توسط یک مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای فازی چند هدفه چند دوره‌ای»، ***مطالعات مدیریت صنعتی***، سال چهاردهم، شماره ۴۲، ۱۶۷-۱۲۳.

درخشان، مسعود (۱۳۹۰)، ***مشتقات و مدیریت ریسک در بازارهای نفت*** (ویرایش دوم)، تهران: مؤسسه مطالعات بین‌المللی انرژی.

ترازنامه انرژی (۱۳۹۴).وزارت نیرو.

Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. ***European journal of operational research***, Vol. 2, No.6, 429-444.

Färe, R., & Grosskopf, S. (1985). A nonparametric cost approach to scale efficiency. The Scandinavian ***Journal of Economics***, 594-604.

Charnes, A., & Zlobec, S. (1989). Stability of efficiency evaluations in data envelopment analysis. ***Zeitschrift für Operations research***, Vol.33, No.3, 167-179.

Färe, R., & Grosskopf, S. (1992). Malmquist productivity indexes and Fisher ideal indexes. ***The Economic Journal***, Vol.102, No.410, 158-160.

Charnes, A., Cooper, W. W., Lewin, A. Y & Seiford, L. M. (Eds). (1994). Data envelopment analysis: Theory, methodology, and applications.***Springer Science & Business Media*** , Boston: Kluwer.

De Lima, R. S. & Schaeffer, R. (2011). "The energy efficiency of crude oil refining in Brazil: A Brazilian refinery plant case", ***Energy***, Vol.36, No.5, 3101-3112.

Haggerty, J. H. (2017). "A Horse That Has Left the Barn: Expanding Geographies of Natural Gas", ***Handbook on the Geographies of Energy***, 57-71.

Li, D. & Li, X. (2017). A new optimization model and a customized solution method for natural gas production network design and operation, ***AIChE Journal***, Vol.63, No.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***, Vol.118, 97-115.

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***, Vol.44, 140-152.

Lv, W., Hong, X., & Fang, K. (2015). Chinese regional energy efficiency change and its determinants analysis: Malmquist index and Tobit model. ***Annals of Operations Research***, Vol.228,No.1, 9-22.

Sueyoshi, T. & Goto, M. (2017). World trend in energy: an extension to DEA applied to energy and environment, ***Journal of Economic Structures***, Vol.6, No.1, 13.

Tone, K. & Tsutsui, M. (2011). "Applying an efficiency measure of desirable and undesirable outputs in DEA to US electric utilities", ***Journal of CENTRUM Cathedra: The Business and Economics Research***

***Journal***, Vol.4, No.2, 236-249.

Zhang, Bing J. et al. (2017). "Operational strategy and planning for raw natural gas refining complexes: Process modeling and global optimization", ***AIChE Journal***, Vol.63, No.2, 652-668.

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

## پیوست: خروجی مدل‌های پژوهش در یک قالب

| متوسط خروجی مدل‌های برنامه‌ریزی خطی(۱۲ پالایشگاه گاز طبیعی) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| شاخص مالم کوئیست (MI) | | | شاخص EEPL (DEA) | | | شاخص |
| پایین‌ترین میزان شاخص (MI) | متوسط میزان شاخص (MI) | بالاترین میزان شاخص (MI) | ناکاراترین عملکرد فنی-زیست محیطی | کارایی متوسط فنی-زیست محیطی | کاراترین عملکرد فنی-زیست محیطی | سال |
| پارسیان | فاز (۶ و ۷ و ۸) پارس جنوبی | مسجدسلیمان | فاز (۶ و ۷ و ۸)(۹-۱۸) پارس جنوبی | فاز (۴ و ۵) پارس جنوبی | خانگیران، سرخون و قشم | ۱۳۸۸-۸۹ |
| ۰,۲۹۰ | ۰.۸۵۵ | ۱,۰۱۹ | ۰,۲۸۵ -۰,۲۷۴ | ۰,۷۸۵ | ۱ | |
| سرخون و قشم | پارسیان | مسجدسلیمان | فاز (۶ و ۷ و ۸) پارس جنوبی | فاز (۱)(۲ و ۳) پارس جنوبی | خانگیران، پارسیان، بیدبلند | ۸۹-۹۰ |
| ۰,۱۹۴ | ۰.۸۷۱ | ۱,۰۸۱ | ۰,۲۸۲ | ۰.۸۷۳ | ۱ | |
| سرخون و قشم | پارسیان | خانگیران | فاز (۶ و ۷ و ۸) پارس جنوبی | فاز (۴ و ۵) پارس جنوبی | خانگیران، پارسیان، فجر، بیدبلند | ۹۰-۹۱ |
| ۱,۰۰۶ | ۱,۱۲۶ | ۱,۳۹۳ | ۰,۰۵۵ | ۰.۸۷۹ | ۱ | |
| فاز (۶ و ۷ و ۸) پارس جنوبی | میمک | خانگیران | فاز (۶ و ۷ و ۸) پارس جنوبی | فاز (۹-۱۸) پارس جنوبی | خانگیران، پارسیان، بیدبلند | ۹۱-۹۲ |
| ۰.۶۹۸ | ۱,۱۹۴ | ۱,۵۶۹ | ۰,۳۳۳ | ۰.۹۰۶ | ۱ | |
| فاز (۶ و ۷ و ۸) پارس‌جنوبی | فاز (۱) پارس جنوبی | فاز (۹-۱۸) پارس‌جنوبی | فاز (۶ و ۷ و ۸) پارس جنوبی | فاز (۹-۱۸) پارس جنوبی | خانگیران، پارسیان، بیدبلند | ۹۲-۹۳ |
| ۰,۰۲۴ | ۰.۹۳۹ | ۱,۸۷۰ | ۰,۱۲۵ | ۰.۸۹۶ | ۱ | |
| فاز (۹-۱۸) پارس‌جنوبی | پارسیان | میمک | فاز (۶ و ۷ و ۸) پارس جنوبی | فاز (۴ و ۵) پارس جنوبی | خانگیران، پارسیان، سرخون وقشم | ۹۳-۹۴ |
| ۰,۷۳۵ | ۱,۳۳۸ | ۱,۶۳۶ | ۰,۰۲۷ | ۰.۸۹۰ | ۱ | |
| – | – | – | فاز (۶ و ۷ و ۸) پارس جنوبی | فاز (۲ و ۳) پارس جنوبی | خانگیران، پارسیان، بیدبلند، میمک | ۹۴-۹۵ |
| – | – | – | ۰,۰۴۶ | ۰.۸۸۷ | ۱ | |