فصلنامه علمی ° پژوهشی مطالعات مدیریت صنعتی ° سال چهاردهم، شماره ۴۲، پاییز ۹۵
صفحات ۱۶۷-۱۲۳

# تجزیه و تحلیل کارایی فنی- زیست محیطی پالایشگاه‌های نفت ایران توسط یک مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه ای فازی چند هدفه چند دوره ای

امینه حسینی،* کاوه خلیلی دامغانی،** علی امامی میبدی***

تاریخ دریافت: ۹٤/٦/۸
تاریخ پذیرش: ۹٤/۱۰/۳۰

## چکیده

*در این مقاله، یک روش برای اندازه گیری کارایی در بخش انرژی ملی ایران پیشنهاد شده است. این پژوهش عملکرد فنی-زیست محیطی پالایشگاه‌های نفت ایران را به عنوان یکی ازعمده ترین تولید کننده‌های، انرژی و انواع سوخت، با استفاده از داده‌های سال ۱۳۸۹تا ۱۳۹۲ ارزیابی می کند. در این مطالعه، یک رویکرد تحلیل پوششی داده‌های شبکه ای فازی، اوزان مشترک، چند هدفه چند دوره ای پیشنهاد و برای ارزیابی عملکرد کارایی فنی-زیست محیطی در حضور خروجی‌های نامطلوب ارزیابی پالایشگاه‌ها توصیه شده است. نوآوری‌های اصلی این مطالعه بصورت زیر خلاصه شده اند و عبارتند از: (۱) پیشنهاد یک مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه ای، اوزان مشترک، چند هدفه چند دوره ای به منظور تعیین اوزان مشترک ورودی و خروجی، فقط با یک بار اجرا، (۲) محاسبه امتیاز کارایی بلند مدت در طول چند دوره برنامه ریزی با ترکیب ماهیت دینامیک ورودی وخروجی‌ها، (۳) دست یافتن به یک راه حل سازشکارانه با استفاده از برنامه ریزی ریاضی فازی، برای پرداختن به برنامه ریزی ریاضی چند هدفه، (۴) پیشنهاد برنامه ریزی ریاضی خطی برای رسیدن به نقطه بهینه سرتاسری کارایی، (۵) افزایش قدرت تفکیک در مدل‌های DEA ، (۶) کاهش زمان انجام محاسبات مدلسازی و روش حل، (۷) ترکیب هر دو معیار فنی و زیست محیطی با در نظر گرفتن خروجی نامطلوب در ارزیابی عملکرد پالایشگاه‌های نفت؛ تجزیه تحلیل مطالعه موردی ارائه شده، اثر بخشی و قابلیت اجرای روش ارائه شده در مقایسه با مدل‌های کلاسیک موجود می‌باشد.*

***واژگان کلیدی :*** *کارایی فنی-زیست محیطی، پالایشگاه نفت، DEA اوزان مشترک، DEA چندهدفه، DEA چند دوره ای.*

---

*دانش آموخته کارشناسی ارشد، دپارتمان مهندسی صنایع، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران
**استادیار، دپارتمان مهندسی صنایع، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران
***دانشیار، دپارتمان اقتصاد، دانشکده اقتصاد، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران

**مقدمه**

یکی از مسایلی که در سال‌های اخیر پیش آمده است مسائل مربوط به آلودگی محیط زیست می‌باشد. در واقع استفاده بیش از حد از منابع طبیعی جهت رشد و توسعه اقتصادی از یک سو و آلودگی ناشی از فرایند تولید از سوی دیگر موجب خسارتهای جبران ناپذیری بر محیط زیست شده است. برای رفع این مشکلات ضروری است تا در فرآیند تولید علاوه بر اینکه باید به افزایش ستانده با سطح معینی از نهاده‌ها توجه کنیم، می بایست به بعد زیست محیطی فرآیند تولیدی نیز اهمیت داد و یا افزایش ستانده باید به همراه کاهش نهاده و نیز کاهش آلودگی و ضایعات زیست محیطی مورد توجه قرار گیرد. به عبارت دیگر در فرآیند تولید باید به دنبال بالابردن کارایی محیط زیست بود. تاکید بر کارایی زیست محیطی مقیاس واقعی‌تری را برای ارزیابی بنگاههای تولیدی فراهم می‌کند. ارزیابی و مقایسه عملکرد واحدهای مشابه قسمت مهمی از مدیریت یک سازمان پیچیده است (سئیوشی و سکیتانی، ۲۰۰۵)[1].

تحلیل پوششی داده‌ها یکی از تکنیک‌های قدرتمند مدیریتی است که ابزاری در اختیار مدیران قرار می‌دهد تا بتوانند به وسیله آن عملکرد شرکت خود را در قبال سایر رقبا محک بزنند و بر اساس آن نتایج برای آینده ای بهتر تصمیم گیری کنند. این ابزار برای اولین بار توسط چارنز، کوپر و رودرز در سال ۱۹۸۷ ارائه شد و کارایی نسبی واحدها (DMU) که دارای ورودی وخروجی مشابه هستند را اندازه گیری کرده و بر اساس این کارایی، واحدها با عملکرد کارا و نا کارا را مشخص می‌کند(چارنز، کوپر و رودز، ۱۹۷۸)[2]. سادگی فهم و اجرای روش تحلیل پوششی داده‌ها و در کنار آن دقت بالا و کاربرد وسیع آن در زمینه‌های مختلف سیاسی، فرهنگی، اقتصادی و اجتماعی باعث شده تا پژوهشگران زیادی از این روش برای دست یافتن به اهداف خود استفاده کنند. اما عمده این پژوهش‌ها بر روی مدل‌های DEA یک هدفه در محیط ایستا تمرکز دارد که در آن داده‌ها مشخص بوده و در دوره

1. Sueyoshi and Siktani, 2005

2. Charnes, cooper and Rhodes, 1978

ارزیابی عملکرد ثابت می‌مانند. در مدل‌های DEA یک هدفه تنها یک جنبه از کارایی (افزایش در میزان خروجی‌ها و یا کاهش در میزان ورودی‌ها) در هر مدل مورد بررسی قرار می‌گیرد و همچنین در این مدل‌ها امکان اعمال علایق و نظرهای تصمیم گیرنده (DM) در نتایج مدل‌ها وجود ندارد. امروزه مدل‌های DEA چند هدفه سعی دارد اهداف متعددی را بطور هم زمان مورد توجه قرار داده و امکان بررسی کارایی واحدهای مختلف از جنبه‌های دیگر با استفاده از داده‌های کمی، کیفی و همچنین اعمال نظر DM در نتایج مسیر نماید(خلیلی دامغانی و توانا، ۲۰۱۳).

## اهمیت پژوهش بر عملکرد صنعت پالایش نفت در ایران

در کشور ایران به لحاظ دارا بودن میادین سرشار نفتی و گازی، بخش عظیمی از انرژی اولیه توسط نفت و گاز طبیعی تأمین می‌گردد. تاریخچه صنعت پالایش نفت خام در ایران به سال ۱۲۹۱ بر می‌گردد که اولین پالایشگاه یعنی پالایشگاه آبادان فعالیت خود را آغاز کرد. میزان تولید انرژی اولیه کشور توسط نفت خام و گاز طبیعی در سال ۱۳۸۴ به ترتیب ۱۵۸۲/۹ و ۶۱۴/۸ (میلیون بشکه معادل نفت خام) بوده که در سال ۱۳۹۱ به مقدار ۱۲۰۹/۷ و ۹۸۵/۲۴ رسیده است. در واقع در سال‌های ۱۳۸۴ و ۱۳۹۱ سهم نفت خام در تولید انرژی اولیه کشور ۷۱/۰۹ و ۵۴/۵۱ درصد بوده است؛ در این میان سهم گاز طبیعی در طی این سال‌ها معادل ۲۷/۶۱ و۴۴/۴ درصد بوده است(ترازنامه انرژی، ۱۳۹۱) . همان طور که ملاحظه می‌شود با توسعه و بهره برداری از مخازن گازی کشور سهم نفت خام در سال‌های اخیر رو به کاهش و جایگزینی با گاز طبیعی است اما نفت خام همچنان به عنوان بالاترین حامل انرژی در کشور مطرح است. از این مقدار تولید نفت خام، بخش زیادی به صورت خام و بدون هیچگونه فرآوری صادر می‌شود، در حالی که با انجام عملیات پالایش و جداسازی بر روی نفت خام ارزش افزوده فرآورده‌های حاصل از آن به مراتب افزایش می‌یابد و ضمن تأمین نیازهای داخلی به این محصولات می‌توان بخشی از نیاز بازارهای بین المللی را نیز بر طرف نمود و درآمد به مراتب بالاتری را در این بخش عاید کشور کرد.

اما ایران طی سال‌های اخیر با بهره گیری از توان کامل ۹ پالایشگاه خود، هم چنان واردکننده برخی از فرآورده‌های نفتی کلیدی بوده است. در سال ۱۳۹۱ واردات فرآورده‌های عمده نفتی شامل بنزین موتور (۱/۵ میلیون لیتر در روز)، بنزین هواپیما ۱۰۰ LL ( ۱/۲ هزار لیتر در روز)، گاز مایع ( ۴۳۳ تن در روز)، نفت گاز (۰/۱ میلیون لیتر در روز) بوده است. در این میان میزان صادرات فرآورده‌های عمده نفتی شامل: نفت کوره و نفت گاز، به ترتیب معادل ۱۶/۷ و ۱/۸ میلیون لیتر در روز بوده است (ترازنامه انرژی، ۱۳۹۱). به این ترتیب با ادامه روند مصرف فعلی فرآورده‌های نفتی و نحوه عملکرد جاری پالایشگاه‌های کشور، بخش عمده ای از درآمدهای ارزی حاصل از صدور نفت خام، به تأمین هزینه‌های واردات فرآورده‌های نفتی اختصاص خواهد یافت. به همین دلیل موضوع سنجش عملکرد پالایشگاه‌ها به عنوان رکن اصلی این تبدیل و فرآوری، در این مهم نقشی حیاتی دارد و منجر به کاهش اتلاف انرژی و ارز آوری بالاتر می گردد.

جهت تولید فرآورده‌های نفتی توسط پالایشگاه‌ها و تامین حرارت مورد نیاز در صنعت پالایش نفت خام نیاز به احتراق سوختهای مختلفی از جمله گاز طبیعی، گازهای پالایشگاهی، گاز مایع، سوخت مایع سبک و سوخت مایع سنگین می‌باشد. از احتراق هریک از سوختهای فوق مجموعه ای از گازهای آلاینده محیط زیست تشکیل می گردد. جهت آشنایی با روند رشد و مقادیر تولید گازهای آلاینده در پالایشگاه‌های نفت کشور، در جدول ۱ میزان انتشارگازهای آلاینده ناشی از احتراق سوخت در صنعت پالایش نفت طی سالهای ۱۳۹۰-۱۳۸۳ ارائه می گردد.

**جدول ۱. انتشار گازهای آلاینده پالایشگاههای نفت ایران (واحد: هزار تن درسال)**

| سال | 1383 | 1384 | 1385 | 1386 | 1387 | 1388 | 1389 | 1390 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| دي اكسيد كربن | 11,671 | 11,100 | 12,634 | 12,930 | 12,816 | 11,923 | 11,786 | 11,786 |
| مونو اكسيد كربن | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.4 | 0.3 | 0.3 | 0.4 | 0.3 |
| اكسيدهاي نيتروژن | 19.8 | 19 | 21.2 | 21.8 | 21.6 | 20.3 | 20.3 | 19.8 |
| دي اكسيد گوگرد | 13.9 | 14.8 | 23.3 | 22.9 | 16.1 | 16.2 | 13.1 | 14.6 |
| هيدرو كربورهاي نسوخته | 0.7 | 0.7 | 0.8 | 0.9 | 0.6 | 0.7 | 1.1 | 0.9 |
| ذرات معلق | 0.9 | 0.9 | 1.3 | 1.3 | 0.9 | 0.9 | 1 | 1 |

ماخذ: ترازنامه هیدروکربوری ۱۳۹۰

همانگونه که جدول ۱ نشان می‌دهد انتشار مواد آلاینده ناشی از احتراق حاملهای انرژی در صنعت پالایش نفت کشور در دوره زمانی فوق روبه افزایش بوده است و بیشترین حجم آلاینده مربوط به گاز دی اکسید کربن می‌باشد.

با این توضیحات در این پژوهش به دنبال یافتن پاسخ‌هایی مناسب برای سئوالاتی نظیر: چگونه می‌توان نقاط ضعف مدل‌های کلاسیک DEA را به منظور ارزیابی عملکرد فرایندهایی با ساختار دینامیک چند دوره ای بهبود داد؟ معیارهای اصلی به منظور اندازه گیری عملکرد فنی- زیست محیطی پالایشگاه‌های نفت ایران کدامند؟ عملکرد فنی- زیست محیطی پالایشگاه‌های نفت ایران چگونه است؟ پالایشگاه‌های کارا و ناکارا در طول یک افق برنامه ریزی چند دوره ای کدامند؟ می‌باشیم.

لذا در این تحقیق به ارزیابی عملکرد پالایشگاه‌های نفت ایران، بر اساس مدل ارائه شده توسط جعفری مقدم و قصیری (۲۰۱۱)، با یک رویکرد تحلیل پوششی داده‌های اوزان مشترک فازی چندهدفه چند دوره ای خواهیم پرداخت. این مدل نقاط ضعف مدل‌های DEA را از بین می‌برد و قدرت تفکیک واحدهای کارا از واحدهای ناکارا، را در مدل‌های DEA افزایش می‌دهد. علاوه بر این با بدست آوردن اوزان مشترک ورودی و خروجی، امکان ارزیابی عملکرد DMUها، در حالی که داده‌ها به طور مدوام در چند دوره و در ساختار دینامیک در حال تغییر هستند، فراهم می‌شود و حجم محاسبات مورد نیاز نیز کاهش می‌یابد.

ساختار این مقاله به این صورت تنظیم شده است. مرور ادبیات از تحقیقات گذشته در بخش ۲. بررسی مدل پیشنهادی تحلیل پوششی داده‌های شبکه ای اوزان مشترک چند هدفه چند دوره ای در بخش ۳. بررسی مطالعه موردی، شامل ورودی‌ها و خروجی‌ها و سنجش داده‌ها در بخش ۴. بخش ۵ به بحث در مورد نتایج و تجزیه و تحلیل آماری از عملکرد پیشنهادی تخصیص داده شده است. ودر نهایت در بخش ۶ به نتیجه گیری خواهیم رسید.

## مروری بر تحقیقات گذشته

در سال ۱۹۵۷ اصول نظری اندازه گیری عملکرد کارایی توسط فارل ارائه شد. اگر چه این اصول قوی و قابل اطمینان بودند، ولی دسترسی عملی به روش اندازه گیری کارایی برای سال‌ها به طول انجامید. در سال ۱۹۷۷، تجزیه تحلیل مرز تصادفی برای اندازه گیری ناکارآمدی مورد استفاده قرار گرفت. در سال ۱۹۸۷، روشهای DEA ، به عنوان یک روش برنامه ریزی خطی برای اندازه گیری عملکرد DMUهای همگن (مشابه)، با چندین ورودی و خروجی پیشنهاد شد (چارنز و همکاران، ۱۹۷۸).

## برنامه‌های اخیر مدل‌های DEA

قابل ذکر است که مدل‌های DEA یک ابزار قدرتمند مدیریتی است و بطور متعدد از کاربرد مدل‌های DEA در تولید، خدمات، انتخاب پروژه، انتخاب سرمایه گذاری، تجزیه و تحلیل نمونه کارها، بانکداری، اقتصاد، بیمه، بهداشت و درمان و برنامه‌های انرژی در سال‌های اخیر گزارش شده است.

ابطحی و خلیلی دامغانی (۲۰۱۱)، یک فرمول ریاضی برای اندازه گیری عملکرد چابکی در زنجیره تامین با استفاده از تحلیل پوششی داده‌های تک مرحله ای فازی ارائه دادند. خلیلی دامغانی و همکاران (۲۰۱۱)، یک روش برای اندازه گیری کارایی چابکی در زنجیره تامین با استفاده از یک فرایند شبیه سازی رتبه بندی از فواصل امتیاز کارایی بدست آوردند. ابطحی و خلیلی دامغانی (۲۰۱۱)، از فرمول پیشنهادی برای اندازه گیری کارایی چابکی در زنجیره تامین با استفاده از یک فرایند شبیه سازی رتبه بندی فواصل امتیاز کارایی استفاده کردند. ابطحی و خلیلی دامغانی (۲۰۱۲a)، یک رویکرد DEA دو مرحله ای فازی برای ارزیابی عملکرد در زنجیره تامین پیشنهاد کردند. آنها از توصیفات زبانی با مجموعه‌های فازی برای مدل سازی معیارهای کیفی و مبهم در ارائه روش فازی دو مرحله ای خود برای اندازه گیری عملکرد چابکی دز زنجیره تامین ای که طراحی کرده بودند، استفاده کردند.

خلیلی دامغانی و تقوی فرد (۲۰۱۲b)، یک فرآیند عمومی که در آن بصورت تک زمانه[1] (JIT) ، اقدامات به شاخص‌های چابکی تغییر داده می‌شد و شاخص‌های چابکی به اندازه-گیری عملکرد در زنجیره تامین تبدیل می گردید. آنها یک مدل تحلیل پوششی داده‌های سه مرحله‌ای[2] (TSDEA) را برای اندازه گیری کارایی نسبی که از روند فوق و روندهای شعاعی، توسعه دادند. آنها عدم قطعیت معیارها در فرآیندها را از طریق توصیفات زبانی در مجموعه‌های فازی مدل کردند.

خلیلی دامغانی وحسین زاده لطفی (۲۰۱۲)، یک فرمول اندازه گیری عملکرد که در آن از مدل DEA ورودی گرای فازی و شاخص بهره وری مالم کوئیست استفاده شده پیشنهاد کردند. برای مطالعه موردی روش پیشنهادی در اندازه گیری کارایی، یک مورد واقعی از مرکز پلیس راهنمایی و رانندگی ایران، به کار گرفته شد. خلیلی دامغانی و همکاران (۲۰۱۲)، از داده‌های ترکیبی، بر اساس پرسشنامه، در یک رویکرد جدید DEA دو مرحله ای برای سنجش عملکرد چابکی استفاده کردند و اثر بخشی رویکرد خود را در زنجیره تامین نشان دادند. خلیلی دامغانی و تقوی فرد (۲۰۱۳)، حساسیت و تجزیه تحلیل پایداری مدل‌های DEA دو مرحله ای با داده‌های فازی را نشان دادند. آنها چندین مدل برای نشان دادن شعاع پایداری در مسائل DEA ، با توجه به تغییرات ورودی و خروجی و عدم قطعیت ارائه دادند.

خلیلی دامغانی و توانا (۲۰۱۳)، مدل‌های DEA شبکه ای برای اندازه گیری چابکی در زنجیره تامین و عدم اطمینان از داده‌های ورودی و خروجی با روش پارمترهای توصیفات زبانی با مجموعه‌های فازی را پیشنهاد کردند. مدل DEA پیشنهادی برای اندازه گیری عملکرد چابکی در یک مطالعه موردی در دنیای واقعی در صنایع لبنی مورد استفاده قرار گرفت.

توانا و همکاران (۲۰۱۳)، یک مدل تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) با ابهام و عدم صراحت در توابع هدف با استفاده از برنامه ریزی ریاضی خطی چندهدفه فازی را که با ابهام در داده‌های ورودی وخروجی با مجموعه‌های فازی مدل سازی شده بود، پیشنهاد دادند. برای نشان دادن

1. Just-in-time

2 .Three-stage data envelopment analysis

کاربرد مدل پیشنهادی و اثر بخشی از روش‌ها و الگوریتم‌ها از مدل پیشنهادی بر روی مطالعه موردی مربوط به انتخاب پروژه با تکنولوژی بالا در ناسا (NASA) ، مورد استفاده قرار گرفت.

خلیلی دامغانی و همکاران (۲۰۱۴)، چندین مدل تحلیل پوششی داده‌های فازی به منظور ارزیابی کارایی چابکی از فرآیند زنجیره تامین در شرایط عدم قطعیت را پیشنهاد کردند. آنها همچنین یک معیار زنجیره تامین چابک [1] (ASC) از طریق یک مدل مفهومی را نیز معرفی کردند. ابهام و عدم قطعیت از معیارهای ASC از طریق مجموعه‌های فازی مورد بررسی قرار گرفت.

توانا وخلیلی دامغانی (۲۰۱۴)، یک مدل DEA فازی دو مرحله ای برای محاسبه امتیاز کارایی DMUها و زیر DMUها را پیشنهاد کردند و از رویکرد تئوری بازیها (رهبر ° پیرو ) استکلبرگ[2] برای اولویت بندی تفکیک پی درپی امتیاز کارایی DMUها در مجموعه نمرات کارایی زیر DMUها استفاده کردند. آنها روش دو مرحله ای را برای حل مسائل بزرگ در صنعت بانکداری ارائه کردند.

توانا و همکاران (۲۰۱۴)، دو روش متفاوت از تحلیل پوششی داده‌های فازی، به منظور ارزیابی کارایی نسبی واحدهای تصمیم گیرنده را پیشنهاد کردند. مدل‌های DEA فازی اصلاح شده با استفاده از اهمیت نسبی معیارها و الویت بندی روابط در میان اوزان ورودی و خروجی‌های بدست آمده واز طریق یک فرآیند شبکه ای اصلاح شده (ANP[3]) که با رویکرد دیمتل[4] پشتیبانی می‌شوند.

خلیلی دامغانی و شهمیر (۲۰۱۵)، یک روش DEA شبکه ای به منظور ارزیابی کارایی تولید و توزیع برق در فرآیندهایی در حضور خروجی نامطلوب و داده‌های غیر قطعی را پیشنهاد کردند. در فاز تولید نیروگاه، مصرف سوخت‌هایی مانند نفت و گاز برای تولید برق استفاده

1. Agile supply chain (ASC)
2. Stakelberg
3. Analytical network prosses
4. DEMATEL

می‌شود و در فاز توزیع، شرکت‌های برق منطقه ای انتقال برق به مشتریان خانگی، کشاورزی و صنایع توزیع شده است. خلیلی دامغانی و همکاران (۲۰۱۵)، یک روش DEA سفارشی برای حل مسائل بازگشت به مقیاس ثابت (RS)[1]، در نیروگاه سیکل ترکیبی و در حضور داده‌های غیر قطعی و خروجی نامطلوب، ارائه دادند. یک نیرو گاه سیکل ترکیبی یک DMU در نظر گرفته می‌شود که برای تولید برق، سوخت‌هایی مصرف می‌کند و در اثر این فرآیند گازهای گلخانه ای تولید می‌گردد. اندازه گیری کارایی بازه ای، با عدم اطمینان از ورودی و خروجی با داده‌های بازه ای و در حضور خروجی نامطلوب و یک محک علمی برای افزایش کارایی DMUها از طریق اعمال یک مطالعه ۶ ساله بر روی ۱۷ نیروگاه سیکل ترکیبی در ایران صورت گرفته است.

اخیرا خلیلی دامغانی و همکاران (۲۰۱۵)، یک رویکرد تحلیل پوششی داده‌های چند مرحله ای دینامیک (DMS-DEA)[2] به منظور ارزیابی کارایی مصرف انرژی در تولید پنبه ارائه کرده اند. در مدل ارائه شده مزارع که با مصرف منابع ( مانند کود، بذر، سموم دفع آفات، و ...) به تولید پنبه می‌انجامد به عنوان DMUها (واحدهای تصمیم گیرنده ) فرض شده اند. ورودی‌هایی که در دوره برنامه ریزی مصرف نمی شوند به دوره بعد در افق برنامه ریزی انتقال داده می‌شوند. در ابتدا یک مدل DMS-DEA با هدف کارایی کل DMUها با ورودی‌های دینامیک، در دنیای واقعی، در مصرف انرژی، در صنعت پنبه مورد استفاده قرار گرفت.

## مدل‌های DEA چندهدفه و اوزان مشترک

امروزه مدل‌های DEA چند هدفه به منظور ارزیابی کمی وکیفی بسیار مورد توجه واقع شده اند. اما این مدل‌ها در یک فضای ایستا ارائه شده اند. به همین علت در این مقاله با ارائه مدل‌های DEA چند هدفه در فضای دینامیک فازی که بیشتر مناسب برای پرداختن به مطالعه موردی در این تحقیق است، نقطه ضعف وارده براین مدل‌ها رفع گردیده است.

1. Return to scale

2. Dynamic multi-stage DEA

(گلانی،۱۹۹۸[1]) ، مدل‌های DEA چند هدفه ای ارائه داد که در آن ارزیابی عملکرد بر اساس نظر DM (تصمیم گیرنده) صورت می‌گیرد که برای حل مدل از روش فعل وانفعالی استفاده شده است. (تاناسو لیس و دایسون، ۱۹۹۲[2]) و (لینز وهمکاران[3]، ۲۰۰۴)، مدل‌هایی ارائه کردند که امکان ارزیابی توام دو جنبه کارایی (افزایش در میزان خروجی‌ها و یا کاهش در میزان ورودی‌ها ) در آن فراهم شده است. (ژئو[4]، ۱۹۹۶)، مدل‌های DEA چند هدفه غیر شعاعی ارائه کرده است که امکان در نظر گرفتن نظرها و علایق DM در آن وجود دارد. (هالم وهمکاران،[5] ۱۹۹۹)، ساختار مدل‌های DEA چند هدفه را با هم مقایسه کرده اند و دریافتند که DEA خود یک مدل چند هدفه است. (لی و ریوس[6] ، ۱۹۹۹) ، مدل‌های DEA چند معیاره ای ارائه کردند که در آن سعی بر بهبود توزیع وزن‌های متناظر با پارامترهای خروجی و ورودی مدل‌های DEA بوده است.( شیانگ و تی زنگ،۲۰۰۰و یو و همکاران[7]،۲۰۰۴)، مدل‌های DEA چندهدفه ای ارائه کرده اند که در آن توابع هدف مدل با توجه به منطق فازی تعریف می‌شود .در مدل یو و همکاران امکان استفاده از داده‌های غیر دقیق نیز وجود دارد . (چن[8]، ۲۰۰۵) مدل‌های چند هدفه ای ارائه کرد که در آن امکان تعریف محدودیت‌ها بر اساس معیارهای دلخواه DM فراهم شده است. (لزانو و ویلا[9]،۲۰۰۷)، رویه دو مرحله ای ارائه کرده اند که در مرحله اول از تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و با توجه به نظرها و علایق DM ، وزن‌های متناظر با پارامترهای ورودی و خروجی به دست آمده و در مرحله دوم DEA چند هدفه بر اساس وزن‌های تعیین شده و با استفاده از

1. Golany
2. Thanassoulis, E. Dyson, R.G.
3. Lins, M.E. Meza, L.A. Silva, M.D.
4. Zhu
5. Halme, M. Joro, T. Korhonen, P. Salo, S. Wallenius, J.
6. Li, X.B. Reeves, G.R.
7. Chiang, C.I. Tzeng, G.H.
8. Chen, Y.
9. Lozano, S. Villa, G.

روش فعل وانفعالی اجرا می‌شود.( وانگ وهمکاران[1]،۲۰۰۷) و (یانگ وهمکاران[2]،۲۰۰۸)، ساختار مدل DEA و مدل‌های چند هدفه را مقایسه کرده اند و به این نتیجه دست یافته اند که ساختار دو مدل مشابه و یکی مکمل دیگری است. همچنین آنها مدل‌های DEA چند هدفه بر اساس محدودیت‌های مدل DEA یک هدفه ارائه کرده اند که در آن امکان اعمال نظرهای DM وجود دارد. سنگو پتا اولین[3] مدل DEA دینامیکی را در سال ۱۹۹۵ ارائه و آن‌ها را طی مقالاتی در سال ۱۹۹۶ و در سال ۱۹۹۹ در مجلات معتبر علمی منتشر ساخت.

(النجار و الجایباجی[4]،۲۰۱۲)، کارایی نسبی یک نمونه از پالایشگاه‌های نفت را در عراق در طی یک دوره دو ساله ۲۰۱۰-۲۰۰۹ با استفاده از رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) مورد ارزیابی قرار دادند. براساس نتایج به دست آمده در سال ۲۰۰۹ ، ۵۰٪ پالایشگاه‌ها و در سال ۲۰۱۰ ، ۵۸٪ آن‌ها کارا عمل کرده اند. بازدهی کلی پالایشگاه‌های مورد مطالعه در طی این سال‌ها به ترتیب ۸۲٪ و ۸۷٪ بوده است. اگر چه نتایج حاصل از مقاله حاضر پالایشگاه‌های محدودی را مورد بررسی قرار داده است، اما با توجه به اینکه روش DEA می‌تواند باعث توجه سیاست گذاران در کاربرد این روش به منظور بهبود کارایی دیگر واحدهای تصمیم گیری شود؛ بسیار ارزشمند است.

(ویجایاکومار، گوماتی[5]، ۲۰۱۳)، با استفاده از روش DEA و شاخص مالم کوئیست به بررسی منابع و فاکتورهای رشد بهره وری کل و ارزیابی کارایی و عملکرد ۷ پالایشگاه نفت منتخب هند طی دوره زمانی ۲۰۱۱- ۱۹۹۶ پرداخته اند. تجزیه و تحلیل‌ها حاکی از آن است که تمام شرکت‌های مورد بررسی روند تقریبا مشابهی را در بهبود بهره وری از خود نشان داده اند. اما در زمینه تغییرات کارایی، چهار شرکت دارای تغییرات کارایی منفی در طول دوره مطالعه بوده اند. در مجموع اثر اصلاحات اقتصادی بر بهره وری کل عوامل قابل توجه بوده و تغییر

1. Wong, B.Y.H. Luque, M. Yang, J.B.
2. Yang, J.B. Wong, B.Y.H. Xu, D.L. Stewart, T.J.
3. Sengupta, J.K.
4. Al-Najjar, M. Al-Jaybajy, A.
5. Vijayakumar, A., Gomathi.

TFP برای تمام شرکت‌ها ۸/۶ درصد برآورد شده است. از نتایج آشکار است که هند از محیط آزاد اقتصادی و فن آوری، در بهبود بهره وری صنعت مورد نظر سود برده است.

با توجه به برترین مطالعات قبلی انجام شده، تاکنون هیچگونه تحقیقی در صنایع پالایش نفت وجود ندارد که در آن عملکرد پالایشگاه‌ها در یک محیط دینامیک چند دوره ای از طریق روش اوزان مشترک بکار گرفته در تحلیل پوششی داده‌ها، اندازه گیری شده باشد. بنابراین در این مطالعه قصد داریم، یک مدل اندازه گیری دینامیک چند دوره ای از طریق اوزان مشترک در تحلیل پوششی داده‌ها، بر روی یک مطالعه موردی واقعی درایران، در طول یک دوره ۴ ساله برنامه ریزی ارائه دهیم.

## ارائه مدل پیشنهادی تحلیل پوششی داده‌های شبکه ای اوزان مشترک فازی چند هدفه چند دوره ای

### مدل کلاسیک DEA

اولین مدل CCR ، توسط چارنز و همکاران (۱۹۸۷) پیشنهاد شده است که در اینجا بصورت مختصر به بازنگری این مدل در نظر گرفته شده است. $DMU_j \quad , \quad j = ۱,....n$ با مصرف m ورودی مشخص شده $X_{ij} \quad , \quad i = ۱,....,m$ به تولید s خروجی مشخص شده $Y_{rj} \quad , \quad r = ۱,....,s$ می‌پردازد. اگر وزن ( اهمیت نسبی ) ورودی i را با $V_i$ و وزن خروجی r را با $U_r$ نشان بدهیم، آن گاه مدل ورودی-محور بازده به مقیاس ثابت (CRS)[1] ، مدل DEA برنامه ریزی خطی به منظور ارزیابی امتیاز کارایی نسبی $DMU_o$ ارائه شده توسط چارنز و همکران (۱۹۸۷)، به شرح زیر می‌باشد:

$$Max \quad Z_o = \sum_r u_r \times y_{ro} \qquad (۱)$$

s.t.

1. Constant return to scale

$$\sum_r u_r\, y_{rj} - \sum_i v_i\, x_{ij} \le ۰, \quad j = ۱...n \qquad (۲)$$

$$\sum_i v_i x_{io} = ۱ \qquad (۳)$$

$$v_i \ge \varepsilon \ge ۰, \quad i = ۱... m \qquad (۴)$$

$$u_r \ge \varepsilon \ge ۰, \quad r = ۱... s \qquad (۵)$$

که در آن $\varepsilon$ مقداری غیر ارشمیدسی است. $DMU_o$ کارا است اگر تابع هدف مرتبط با آن برابر ۱، و در غیر این صورت ناکارا است. مدل (۱)، یک مدل تک هدفه در فضای ایستا است که با داده‌های قطعی در طول یک دوره زمانی مشخص برای ارزیابی کارایی نسبی DMUها، استفاد ه می‌شود.

## مفاهیم مقدماتی از مجموعه‌های فازی

در سال ۱۹۶۵، پرفسور لطفی زاده مقاله خود را با عنوان« مجموعه‌های فازی » منتشر ساخت. مفهوم مربوط، به مسائل احتمالی در مدل سازی سیستم‌هاست. لطفی زاده مجموعه‌های فازی را به عنوان مجموعه ای با مرزهای مبهم وغیر دقیق تعریف کرد. او این مفهوم را این گونه بیان می‌کند : عضویت در یک مجموعه فازی یک موضوع قطعی یا غیر قطعی نیست، بلکه عضویت به جای درجه بیان می‌شود [1](دبویس ۱۹۸۰ – کافمن ۱۹۹۱-کلیر ۱۹۹۵-زیمرمن ۱۹۹۱).

فرض کنید X یک فضایی از مقدار حقیقی مثبت در ارتباط با یک متغیر و x یک عضو (عنصر ) از X است . مجموعه فازی A در X به صورت یک مجموعه از زوج‌های مرتب تعریف می‌شود (کلیر ۱۹۹۵).

$$\tilde{A} = \{x, \mu_{\tilde{A}}(x) \mid x \in X\}, \quad ۰ \le \mu_{\tilde{A}}(x) \le 1 \qquad (۶)$$

1. Dubois-kaufmann ˚ klir ˚ zimmerman.

$\alpha-cut$ از مجموعه $\tilde{A}$، مجموعه قطعی $A^{\alpha}$ است که شامل تمام عناصر از X است که درجه عضویت آنها در A بزرگتر از عدد خاص $\alpha$ است (کلیر ۱۹۹۵) :

$$A^{\alpha}=\{x \mid \mu(x)\geq\alpha\} \qquad (۷)$$

اگر $\tilde{A}$ و $\tilde{B}$ دو مجموعه فازی تعریف شده در X باشند سپس تابع عضویت $(\tilde{A}\cap\tilde{B})_{(x)}$ برای همه عناصر X x ، به صورت زیر بیان می‌شود:

$$\mu_{\tilde{A}\cap\tilde{B}}(x)=Min\ (\mu_{\tilde{A}}(x),\mu_{\tilde{A}}(x)) \qquad (۸)$$

### ۳-۳- مدل پیشنهادی در فضای ایستا

مدل کلاسیک CCR-DEA به مدل (۱۲)- (۹) تبدیل شده است:

$$Max \quad \left\{ z_1=\frac{\sum_r u_r\, y_{r1}}{\sum_i v_i x_{i1}}, z_2=\frac{\sum_r u_r\, y_{r2}}{\sum_i v_i x_{i2}}, \ldots, z_n=\frac{\sum_r u_r\, y_{rn}}{\sum_i v_i x_{in}} \right\} \qquad (۹)$$

s.t.

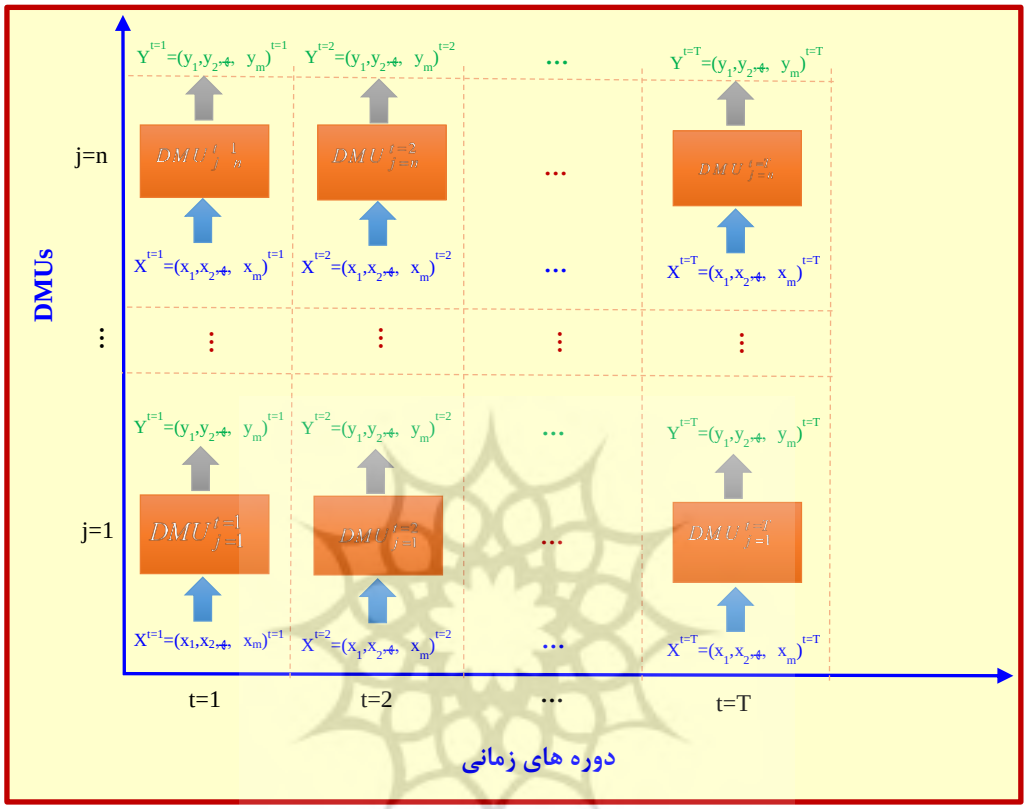
$$\frac{\sum_r u_r y_{rj}}{\sum_i v_i x_{ij}}\leq 1 \quad , j=1,\ldots,n \qquad (۱۰)$$

$$v_i\geq\varepsilon\geq 0 \quad , \quad i=1,\ldots,m \qquad (۱۱)$$

$$u_r\geq\varepsilon\geq 0 \quad , r=1\ldots s \qquad (۱۲)$$

همه نمادها در مدل (۱۲)- (۹)، شبیه مدل (۵)- (۱) می‌باشند. مدل (۱۲)- (۹)، یک مدل DEA اوزان مشترک چند هدفه می‌باشد که به محاسبه امتیاز کارایی DMUها در یک فضای قطعی می‌پردازد. ما قصد داریم این مدل را برای یک وضعیت دینامیک چند دوره ای توسعه

بدهیم. در یک مدل دینامیک، فرض بر این است که $(t = ۱,...,T)$ دوره زمانی وجود دارد. نمودار (۱) ارائه ساختار چند دوره ای DMUها می‌باشد.




نمودار ۱. ارائه ساختار دینامیک چند دوره ای DMUها

بر اساس توضیحات فوق مدل DEA اوزان مشترک دینامیک چند دوره ای بصورت مدل (۱۶)- (۱۳)، ارائه می‌شود:

$$Max \left\{ z_1^t = \frac{\sum_r u_r^t \times y_{r1}^t}{\sum_i v_i^t \times x_{i1}^t},\ z_2^t = \frac{\sum_r u_r^t \times y_{r2}^t}{\sum_i v_i^t \times x_{i2}^t},\ ...,\ z_n^t = \frac{\sum_r u_r^t \times y_{rn}^t}{\sum_i v_i^t \times x_{in}^t} \right\}, t = 1,...,T \qquad (۱۳)$$

s.t.

$$\frac{\sum_r u_r^t \times y_{rj}^t}{\sum_i v_i^t \times x_{ij}^t} \le ۱ \quad , j = ۱,...,n; \quad t = ۱,...,T \qquad (۱۴)$$

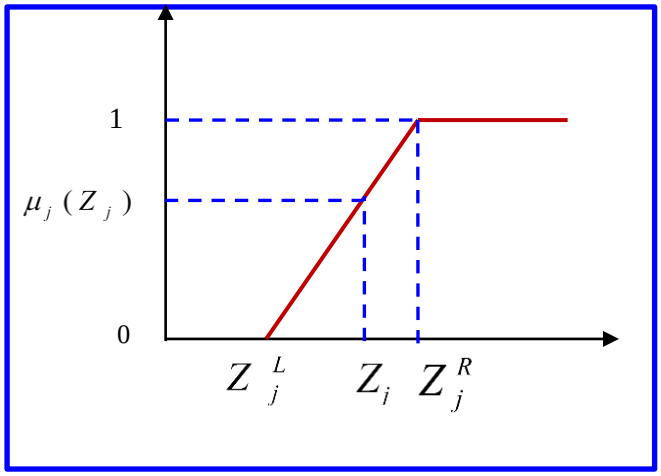
$$v_i^t \ge \varepsilon \ge ۰ \quad , \quad i = ۱,...,m, \quad t = ۱,...,T \qquad (۱۵)$$

$$u_r^t \ge \varepsilon \ge ۰ \quad , r = ۱... s, \quad t = ۱,...,T \qquad (۱۶)$$

که در آن T تعداد دوره‌های زمانی است ، $(t = ۱,...,T)$ و $X_{ij}^t$ ورودی i ام از $DMU_j$ در دوره زمانی t است. $Y_{rj}^t$ خروجی r ام از $DMU_j$ در دوره زمانی t است. $V_{ij}^t$ وزن متناظر با ورودی i ام از $DMU_j$ در دوره زمانی t است. $U_{rj}^t$وزن متناظر با خروجی r ام از $DMU_j$ در دوره زمانی t است.

به منظور حل مدل (۱۶)- (۱۳)، روش پیشنهادی چند هدفه فازی زیمرمن (۱۹۹۱)، توصیه شده است. فرض کنید $Z_j^L$ , $Z_j^R$ به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار کارایی برای تابع هدف $Max\ Z_j$ می‌باشند بطوریکه درجه عضویت تابع هدف مربوط به ترتیب ۱ و ۰ می‌باشد. نمودار شماره (۲) ارزش $Z_j^L$ , $Z_j^R$ و مقدار عضویت مربوط به آنها را نشان می‌دهد. قابل ذکر است $Z_j^L$ , $Z_j^R$ می‌توانند بر پایه دو اصل ، ترجیحات تصمیم گیرنده در کران بالا و پایین امتیاز کارایی در هر DMU و براساس بهینه سازی تک هدفه از هر DMU ، تعیین شوند.

پرتال جامع علوم انسانی




نمودار۲. مقدار عضویت توابع خطی برای تابع هدف MAX

فرض کنید $\mu_j^T(Z_j^T)=\alpha, t=1,...,T$ ، تابع هدف $Z_j^t, t=1,...,T$ را می‌توان به صورت ترکیب محدب $Z_j^L, Z_j^R$ نوشت و یا به عبارتی به صورت $Z_j^t=\alpha.z_j^{tR}+(1-\alpha).z_j^{tL}$, t=1,...,T, $0\le\alpha\le1$ نوشت. سپس مدل (۱۶)-(۱۳)، را به صورت مدل (۲۰)-(۱۷)، باز نویسی کرد.

$$Max\ \{Min\quad \mu_j^t(z_j^t)\}\ ,\ t=1,...,T;\quad j=1...n \qquad (۱۷)$$

s.t.

$$\frac{\sum_r u_r^t \times y_{rj}^t}{\sum_i v_i^t \times x_{ij}^t} \le 1 \quad ,\ j=1,...,n;\quad t=1,...,T \qquad (۱۸)$$

$$v_i^t \ge \varepsilon \ge 0 \quad ,\quad i=1,...,m,\quad t=1,...,T \qquad (۱۹)$$

$$u_r^t \ge \varepsilon \ge 0 \quad ,r=1...\ s,\quad t=1,...,T \qquad (۲۰)$$

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

در نتیجه آشکار است در مدل‌های DEA ، $Z_j^{Rt} = 1, t=1,...,T$ و $Z_j^{Lt} = 0, t=1,...,T$ بنابراین به فرض اینکه $\mu_j^t(z_j^t) = \alpha.z_j^{tR} + (1-\alpha).z_j^{tL}$ ، از مدل مدل (۲۰)- (۱۷)، به مدل (۲۵)- (۲۱)، می‌رسیم.

$$Max \ \left\{\alpha.z_j^{tR} + (1-\alpha).z_j^{tL}\right\} \ , t = 1,...,T; \quad j = 1...n \tag{۲۱}$$

s.t.

$$\frac{\sum_r u_r^t \times y_{rj}^t}{\sum_i v_i^t \times x_{ij}^t} \le 1 \quad , j = 1,...,n; \quad t = 1,...,T \tag{۲۲}$$

$$\frac{\sum_r u_r^t \times y_{rj}^t}{\sum_i v_i^t \times x_{ij}^t} \ge \alpha.z_j^{tR} + (1-\alpha).z_j^{tL} \quad , j = 1,...,n; \quad t = 1,...,T \tag{۲۳}$$

$$v_i^t \ge \varepsilon \ge 0 \quad , \quad i = 1,...,m, \quad t = 1,...,T \tag{۲۴}$$

$$u_r^t \ge \varepsilon \ge 0 \quad , r = 1... \ s, \quad t = 1,...,T \tag{۲۵}$$

از آنجا که در مدل (۲۵)- (۲۱)، مقدار تابع هدف در بازه [0,1] قرار می‌گیرد، بنابراین می‌توان مدل (۲۵)- (۲۱) را به مدل (۳۱)- (۲۶)، کاهش داد.

$$Max \ \alpha \tag{۲۶}$$

s.t.

$$\sum_r u_r^t \times y_{rj}^t - \sum_i v_i^t \times x_{ij}^t \le 0 \quad , j = 1,...,n; \quad t = 1,...,T \tag{۲۷}$$

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

$$\sum_r u_r^t \times y_{rj}^t - \alpha \sum_i v_i^t \times x_{ij}^t \geq 0 \quad , j = 1,...,n; \quad t = 1,...,T \tag{۲۸}$$

$$v_i^t \geq \varepsilon \geq 0 \quad , \quad i = 1,...,m, \quad t = 1,...,T \tag{۲۹}$$

$$u_r^t \geq \varepsilon \geq 0 \quad , r = 1 ... \ s, \quad t = 1,...,T \tag{۳۰}$$

$$0 \leq \alpha \leq 1 \tag{۳۱}$$

مدل (۳۱)- (۲۶)، یک مدل غیر خطی است و با توجه به اینکه $\alpha \sum_i v_i^t \times x_{ij}^t$ غیر خطی است ، بنابراین نمی توان به راحتی به جواب بهینه سرتاسری دست یافت. از این رو تغییر متغیر (۳۲)، را به منظور ایجاد مدل خطی انجام می‌دهیم.

$$\mu_i^t = \alpha v_i^t, \quad i = 1,...,m, \quad t = 1,...,T \tag{۳۲}$$

سر انجام مدل (۳۹)- (۳۳)، به منظور محاسبه امتیاز کارایی DMUهای پیشنهادی، در یک محیط فازی دینامیک چند دوره ای از طریق اوزان مشترک پیشنهاد می‌شود.

$$Max \ \alpha \tag{۳۳}$$

s.t.

$$\sum_r u_r^t \times y_{rj}^t - \sum_i v_i^t \times x_{ij}^t \leq 0 \quad , j = 1,...,n; \quad t = 1,...,T \tag{۳۴}$$

$$\sum_r u_r^t \times y_{rj}^t - \sum_i \mu_i^t \times x_{ij}^t \geq 0 \quad , j = 1,...,n; \quad t = 1,...,T \tag{۳۵}$$

$$\mu_i^t \leq v_i^t, \quad i = 1,...,m, \quad t = 1,...,T \tag{۳۶}$$

$$v_i^t \geq \varepsilon \geq ۰ \quad , \quad i = ۱, \ldots, m, \quad t = ۱, \ldots, T \tag{۳۷}$$

$$u_r^t \geq \varepsilon \geq ۰ \quad , r = ۱ \ldots \ s, \quad t = ۱, \ldots, T \tag{۳۸}$$

$$۰ \leq \alpha \leq ۱ \tag{۳۹}$$

مدل (۳۹)- (۳۳)، یک مدل برنامه ریزی خطی است و نقطه بهینه سرتاسری را می‌توان به راحتی با استفاده از نرم افزارهای OR[1] بدست آورد. خواص مدل پیشنهادی (۳۹)- (۳۳)، به شرح زیر عمل می‌کند:

دست یافتن به مقدار کارایی چند دوره بصورت هم زمان.

توجه به ماهیت دینامیک ورودی وخروجی‌ها.

دست یابی به مجموعه اوزان مشترک برای ورودی و خروجی تمام DMUها.

برنامه ریزی ریاضی چند هدفه با استفاده از عملگرهای Max-Min فازی.

## ٤- داده‌ها و متغیرهای تحقیق و روش تحقیق

در این مطالعه، کارایی ۹پالایشگاه نفت ایران (آبادان، تهران، اصفهان، تبریز، شیراز، کرمانشاه، لاوان، اراک، بندرعباس) ، طی دوره زمانی ۱۳۹۲-۱۳۸۹ با استفاده از مدل پیشنهادی (۳۹)- (۳۳)، مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

هر پالایشگاه یک DMU در نظر گرفته می‌شود که با مصرف ورودی‌ها، خروجی‌هایی را تولید می‌کند. در این مطالعه مهمترین و تاثیر گذارترین ورودی‌ها و خروجی‌ها در اندازه‌گیری کارایی پالایشگاه‌ها، با همکاری مشاور صنعتی از جانب شرکت ملی پخش و پالایش و مشاوره ای که با متخصصان صنعت پالایش نفت صورت گرفت انتخاب شدند. از

1. Operations Research

آنجا که از شاخص نسبت مجموع فرآورده‌های سبک به مجموع فرآورده‌های سنگین، به عنوان ستانده مدل استفاده شده است ؛ لیکن در انتخاب متغیرهای تحقیق حاضر جهت بازنگری که در مطالعات قبلی صورت گرفت، مشخص گردید که بالاتر بودن شاخص نسبت مجموع فرآورده‌های سبک به مجموع فرآورده‌های سنگین به دو عامل مهم ارتباط دارد:

۱) درجه پیچیدگی نلسون[۱] : شاخص درجه پیچیدگی نلسون بیانگر میزان سرمایه گذاری‌های انجام شده در پالایشگاه و توان تولید محصولات سبکتر و ایجاد ارزش افزوده بالاتر توسط آن پالایشگاه است.

۲) شاخص API : مشخصه ای است که نشان دهنده سبکی یا سنگینی خوراک نفت خام هر پالایشگاه است.[۲]

بالاتر بودن میزان هر یک از دو شاخص فوق باعث می‌شود نسبت فرآورده سبک به فرآورده سنگین نیز افزایش یابد. از این رو چنانچه از شاخص نسبت فرآورده سبک به فرآورده سنگین به عنوان ستانده استفاده شود جهت بالاتر رفتن دقت مطالعه بهتر است. متقابلا شاخص‌های ساختار پالایشگاه (درجه پیچیدگی نلسون) وکیفیت خوراک نفت خام ورودی هر پالایشگاه (درجه API) نیز به عنوان نهاده وارد مدل شود تا انتخاب متغیرها منطقی باشد. به عبارت دیگر اگر تنها از شاخص نسبت فرآورده سبک به سنگین به عنوان ستانده استفاده شود بالاتر بودن شاخص فوق ممکن است به اشتباه منجر به بالاتر نشان دادن میزان

---

۱ . ضریب پیچیدگی نلسون در سال ۱۹۶۰ ، توسط Wilbur L.Nelson بر اساس قیمت های نسبی اجزاء تشکیل دهنده پالایشگاه تعیین شد. نلسون عدد ۱ را به واحد تقطیر اولیه نسبت داد و به ترتیب به واحدهای دیگر بر اساس قیمت آن ها یا هزینه سرمایه گذاری های انجام شده در آن ها نسبت به واحد تقطیر اولیه اعدادی تعلق می‌گیرد. در نهایت درجه پیچیدگی هر پالایشگاه از مجموع درجه پیچیدگی واحدهای مختلف آن به دست می‌آید. این ضریب برای پالایشگاه Hydroskimming در حدود ۲ برای پالایشگاههای ساده بین ۳ تا ٤ ، برای پالایشگاه دارای واحد cracking تا ۵ ، برای پالایشگاههای دارای واحدهای Vdu و cat.cracking ، ۷ الی ۸ و برای نوع مدرن بالاتر از ۱۰ تعیین شده است.

۲. بالاتر بودن این شاخص نفت خام سبکتر است و ارزش بیشتری دارد. نفت خام با درجه API ۳٤ یا بیشتر ، نفت خام سبک نامیده می‌شود. درجه ۳۳-۳۱ نفت خام متوسط و درجه ۳۰ یا کمتر نفت خام سنگین نامیده می‌شود.

کارایی شود، در حالیکه این صرفا ناشی از کیفیت بالای خوراک نفت خام یا پیچیده‌تر بودن ساختار پالایشگاه بوده است و به معنای کاراتر بودن پالایشگاه نیست. از سوی دیگر از آنجا که در بازه زمانی تحقیق حاضر به دلیل انجام طرحهای توسعه و نوسازی پالایشگاهها تغییراتی در ساختار برخی پالایشگاه‌ها رخ داده است و درجه پیچیدگی نلسون پالایشگاه‌های نفت ایران در سالهای مورد مطالعه تغییر یافته است، از این رو یکسان فرض نمودن شاخص نلسون هر پالایشگاه درهمه سال‌ها امری نادرست می‌باشد به همین دلیل تغییرات درجه پیچیدگی در این سال‌ها با توجه به قرارد[۱] و دسترسی به اطلاعات پخش و پالایش لحاظ گردیده است.

در نهایت ورودی و خروجی پالایشگاه در این تحقیق به شرح زیر می‌باشد:

ورودی‌های پالایشگاه شامل سه دسته اصلی می‌شوند:

- ***ورودی‌های انرژیک:*** ۱) خوراک[۲] ($m^3$)، ۲) انرژی مصرفی[۳](kcal)، ۳) سوخت[۴] (TJ ارزش حرارتی تولیدی).
- ***ورودی‌های غیر انرژیک:*** کارکنان[۵] (واحد:نفر).
- ***ورودی‌های فنی:*** ۱) درجه پیچیدگی (واحد:ضریب پیچیدگی نلسون)، ۲) کیفیت خوراک نفت خام و میعانات گازی پالایشگاه[۶] (API).

---

۱. قابل ذکر است که این مقاله بخشی از پایانامه کارشناسی ارشد خانم امینه حسینی بوده که مورد حمایت مادی و معنوی وزارت نفت قرار گرفته است.

۲. خوراک بصورت میانگین سالیانه برحسب متر مکعب در روز که برابر است با حاصل جمع خوارک نفت خام، خوراک میعانات گازی. MTBEمصرفی وبنزین سوپر که جهت افزایش عدد اکتان که در برخی پالایشگاهها استفاده می‌شود و سایر مواد افزودنی .

۳. برحسب کیلو کالری در سال است که برابر است با خوراک ماهیانه هر پالایشگاه در انرژی مصرفی به ازای هرمتر مکعب خوراک (خوارک نفت خام ,خوراک میعانات گازی).

٤. سوخت بصورت KJ در روز که برابر است با مجموع گاز طبیعی و گازهای پالایشی و گاز مایع و سوخت مایع سبک (نفت گاز) و سوخت مایع سنگین (نفت کوره ).

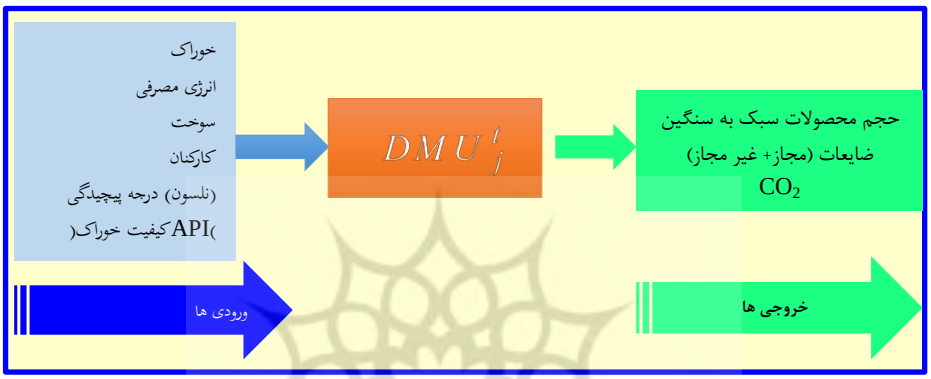
۵. کارکنان برابر است با مجموع کارگران(رسمی, پیمانی, قراردادی ) + کارمندان (رسمی, پیمانی, قراردادی, تحت پوشش ,قرارداد معین).

6. American Petroleum Instiute (API).

خروجی‌های پالایشگاه شامل دو دسته اصلی می‌شوند:

- ***خروجی‌های انرژیک:*** محصولات پالایشگاه هستند که به فرم نسبت حجم محصولات سبک به حجم محصولات سنگین [۱] ($m^3$) در نظر گرفته شده است.
- ***خروجی‌های غیر انرژیک*** [۲]**:** ۱) درصد ضایعات ( مجاز+ غیر مجاز)، ۲) ($kg CO_2$) [۳]

شکل (۳)، نمایش شماتیک یک پالایشگاه به عنوان DMU در دوره زمانی $t$ می‌باشد.




**نمودار ۳. نمایش شماتیک یک پالایشگاه (DMU)**

تمام اطلاعات داده‌ها بصورت سالیانه در نظر گرفته شده است. اطلاعات مورد نیاز برای این پژوهش از طریق واحدهای برنامه ریزی تلفیقی، هماهنگی تولید و امور مالی شرکت ملی پخش و پالایش ایران و ترازنامه‌های هیدروکربوری سالهای مورد مطالعه جمع آوری شده

---

۱. محصولات سبک برحسب مترمکعب در روز در فرآیند پالایش نفت عبارتند از: گاز به پتروشیمی , هیدروژن به پتروشیمی, گاز مایع, بنزین پایه ,نفتای ممزوج, نفتای سبک, نفتای سنگین, پلافرمیت (به پتروشیمی ),حلالها, سوخت سبک (JP4) سوخت سنگین (ATK), نفت سفید, نفت سفید صنعتی, نفت گاز ,گاز اتان ارسالی به پتروشیمی, پنتان (به پتروشیمی ),فرآورده های نیمه نهایی.

محصولات سنگین بر حسب تن در روز در فرآیند پالایش عبارتند از : روغن خام ,آیزوریسایکل, مالچ, نفت کوره سبک ,نفت کوره سنگین ,وکیوم باتوم (VB) و انواع قیر .

۲ .این دو خروجی به علت نامطلوب بودن در مدل به عنوان ورودی در نظر گرفته می‌شوند.

۳. برای بدست آوردن میزان گاز آلاینده $CO_2$ منتشر شده میزان هریک از سوخت های مصرفی را که برحسب TJ محاسبه می‌نماییم. بعد آنها را در ضریب انتشار آلاینده که به تفکیک برای هر سوخت آورده خواهد شد، ضرب کرده و میزان گاز انتشاری به دست می‌آید .

است. میزان انتشار گاز $CO_2$ (خروجی نامطلوب) بسیار به نوع سوخت مورد استفاده در پالایشگاه مرتبط می‌باشد. برای محاسبه $CO_2$ ساطع شده از سوخت هر پالایشگاه، مقدار هریک از سوخت‌های مصرفی در پالایشگاه بر حسب میلیون بی تی یو محاسبه شده و سپس به ترا ژول تبدیل شده و در نهایت عدد بدست آمده از هر سوخت را در ضریب انتشار $CO_2$ که در جدول (۲) بصورت جداگانه ذکر شده ضرب می‌کنیم تا میزان گاز انتشاری از هر سوخت مصرفی پالایشگاه برحسب کیلو گرم بدست آید .

جدول ۲. ضریب انتشار $CO_2$ سوخت‌های پالایشگاهی

| نوع سوخت | ضریب انتشار (KG/ TJ) |
|---|---|
| نفت گاز | ۷٤۱۰۰ |
| نفت کوره | ۷۷٤۰۰ |
| گاز طبیعی | ٥٦۱۰۰ |
| گاز پالایشگاه | ٥۱۳۰۰ |
| گاز مایع | ٦۳۱۰۰ |

ماخذ: اطلاعات وب سایت IPCC

## نتیجه‌گیری و بحث

مدل ارائه شده با استفاده از نرم افزار LINGO11 کد گذاری شده است. مقدار تابع هدف $\alpha =$۰.۵۹۵۷۱۰ می‌باشد. این بدان معنی است که Max سطح رضایت توابع عضویت کارایی تمام DMUها (پالایشگاه‌ها) برابر $\alpha =$۰.۵۹۵۷۱۰ می‌باشد. از سوی دیگر مدل ارائه شده، اوزان مشترک ورودی و خروجی را در یک فضای دینامیک محاسبه کرده است. با استفاده از این وزن مشترک کمترین میزان کارایی پالایشگاه‌ها ۰,۵۹۵۷۱۰ می‌باشد. اوزان مشترک بدست آمده از RUN مدل پیشنهادی برای هر سال برنامه ریزی در جدول (۳) ارائه شده است.

**جدول ۳ . اوزان مشترک ورودی و خروجی‌ها در دوره برنامه ریزی**

| | | اوزان | ۱۳۸۹ | ۱۳۹۰ | ۱۳۹۱ | ۱۳۹۲ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **ورودی** | خوراک | V1 | 2.05431E-05 | 0.000001 | 0.3700119 | 1.21E-05 |
| | درجه پیچیدگی | V2 | 0.04179511 | 0.000001 | 0.000001 | 0.3257306 |
| | API | V3 | 0.002652613 | 0.04822507 | 4044.995 | 0.2100995 |
| | انرژی مصرفی | V4 | 3.33658E-06 | 1.52798E-06 | 0.000001 | 1.00E-06 |
| | *ضایعات | V5 | 0.01594156 | 0.000001 | 19983.19 | 0.7850978 |
| | سوخت | V6 | 0.000001 | 0.000001 | 0.000001 | 1.00E-06 |
| | کارکنان | V7 | 0.000001 | 0.000322617 | 5.274407 | 2.29E-05 |
| | $CO_2$* | V8 | 6.82E-06 | 1.00E-06 | 1.00E-06 | 1.00E-06 |
| **خروجی** | نسبت حجم محصولات سبک به سنگین | U1 | 0.9619022 | 0.9895983 | 65692.31 | 4.048667 |
| | *خروجی نامطلوب | | | | | |

**امتیازهای کارایی از طریق مدل ارائه شده برای تمام پالایشگاه‌ها در طول دوره برنامه ریزی طی سال‌های ۱۳۹۲-۱۳۸۹ محاسبه شده است. علاوه بر این مدل کلاسیک CCR-DEA ارائه شده توسط چارنز و همکاران (۱۹۸۷) نیز در LINGO11 کد گذاری شده است. امتیاز کارایی از مدل ارائه شده و مدل کلاسیک CCR-DEA ارائه شده توسط چارنز و همکاران (۱۹۸۷) با هم مقایسه گردید و هر دو نتایج در جدول ۴ ارائه شده است.**

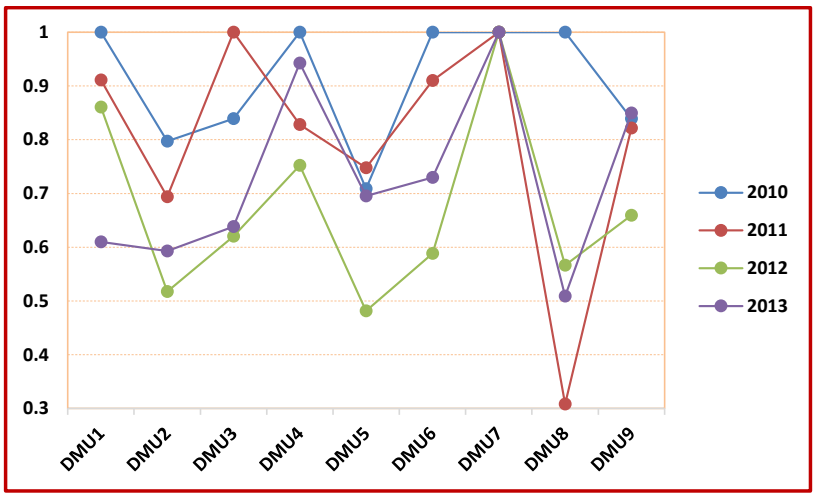
**جدول ٤. مقایسه نتایج حاصل از مدل ارائه شده و مدل CCR-DEA**

| DMU | | امتیاز کارایی حاصل از مدل کلاسیک CCR-DEA | | | | | امتیاز کارایی حاصل از مدل پیشنهادی | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ۱۳۸۹ | ۱۳۹۰ | ۱۳۹۱ | ۱۳۹۲ | کل دوره‌ها | ۱۳۸۹ | ۱۳۹۰ | ۱۳۹۱ | ۱۳۹۲ | کل دوره‌ها |
| $DMU_1$ | آبادان | ۱,۰۰ | ۰,۹۱ | ۰,۸٦ | ۰,٦۱ | ۰,۸٤٥ | ۰,٦۱ | ۰,٦۰ | ۰,٦۰ | ۰,٦۰ | ۰,٦۰۲٥ |
| $DMU_2$ | تهران | ۰,۸۰ | ۰,٦۹ | ۰,٥۲ | ۰,٥۹ | ۰,٦٥ | ۰,٦۰ | ۰,٦۹ | ۰,۸٦ | ۰,۷٥ | ۰,۷۲٥ |
| $DMU_3$ | اصفهان | ۰,۸٤ | ۱,۰۰ | ۰,٦۲ | ۰,۹٤ | ۰,۷۷٥ | ۰,٦۰ | ۰,۷۲ | ۰,٦۳ | ۰,۷٦ | ۰,٦۷۷٥ |
| $DMU_4$ | تبریز | ۱,۰۰ | ۰,۸۳ | ۰,۷٥ | ۰,۹٤ | ۰,۸۸ | ۱,۰۰ | ۰,۹۲ | ۱,۰۰ | ۱,۰۰ | ۰,۹۸ |

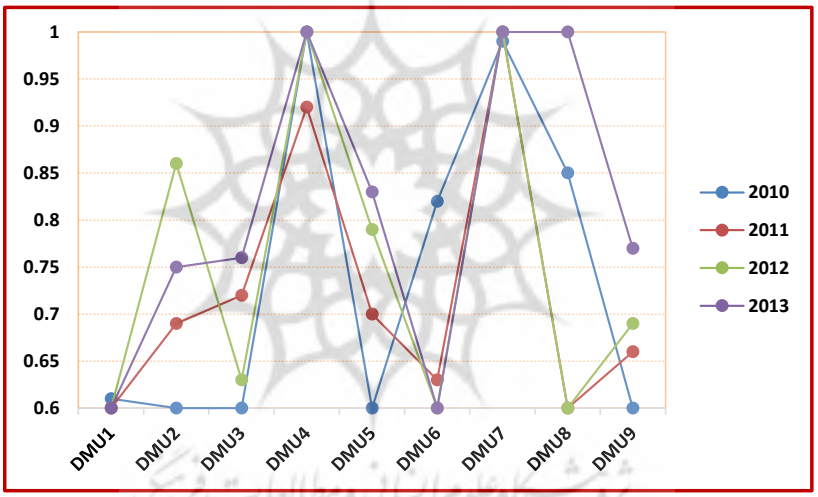
| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $DMU_5$ | شیراز | ۰,۷۱ | ۰,۷۵ | ۰,٤۸ | ۰,۷۰ | ۰,٦٦ | ۰,٦۰ | ۰,۷۰ | ۰,۷۹ | ۰,۸۳ | ۰,۷۳ |
| $DMU_6$ | کرمانشاه | ۱,۰۰ | ۰,۹۱ | ۰,۵۹ | ۰,۷۳ | ۰,۸۰۷۵ | ۰,۸۲ | ۰,٦۳ | ۰,٦۰ | ۰,٦۰ | ۰,٦٦۲۵ |
| $DMU_7$ | لاوان | ۱,۰۰ | ۱,۰۰ | ۱,۰۰ | ۱,۰۰ | ۱,۰۰ | ۰,۹۹ | ۱,۰۰ | ۱,۰۰ | ۱,۰۰ | ۰,۹۹۷۵ |
| $DMU_8$ | اراک | ۱,۰۰ | ۰,۳۱ | ۰,۵۷ | ۰,۵۱ | ۰,۵۹۷ | ۰,۸۵ | ۰,٦۰ | ۰,٦۰ | ۱,۰۰ | ۰,۷٦۲۵ |
| $DMU_9$ | بنـــدر عباس | ۰,۹۱ | ۰,۸۲ | ۰,٦٦ | ۰,۸۵ | ۰,۸۰۸ | ۰,٦۰ | ۰,٦٦ | ۰,٦۹ | ۰,۷۷ | ۰,٦۳ |

امتیاز کارایی از مدل کلاسیک CCR-DEA چارنز و همکاران (۱۹۸۷)، و مدل پیشنهادی در شکل ۴ رسم شده اند. با توجه به نتایج ارائه شده با مدل پیشنهادی در سال ۱۳۸۹ تنها پالایشگاه کارا ، پالایشگاه تبریز، با کارایی ۱ بوده است و کمترین میزان کارایی را تهران، اصفهان، شیراز و بندرعباس با کارایی ۰,۶ دارند. در سال ۱۳۹۰ تنها پالایشگاه کارا پالایشگاه لاوان بوده و تبریز که در سال گذشته کارا بوده، میزان کارایی آن به ۰,۹۲ کاهش یافته است. در این سال کمترین میزان کارایی را پالایشگاه آبادان و اراک با میزان کارایی ۰,۶ دارند. در سال ۱۳۹۱ دو پالایشگاه تبریز و اراک هم زمان کارا شده اند و دارای کارایی ۱ هستند و لاوان که در سال گذشته کارا بوده هم چنان کارا باقی مانده است. در این سال کمترین میزان کارایی مربوط به پالایشگاه اراک و آبادان با میزان کارایی ۰,۶ بوده است. در سال ۱۳۹۲ سه پالایشگاه تبریز، لاوان و اراک، کارا می‌باشند و دارای کارایی ۱ هستند. پالایشگاه لاوان و تبریز که در سال گذشته کارا بودند هم چنان کارا باقی مانده اند. در این سال کمترین میزان کارایی مربوط به پالایشگاه آبادان و اراک با میزان کارایی ۰,۶ می‌باشد.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی




(a) مدل کلاسیک CCR-DEA



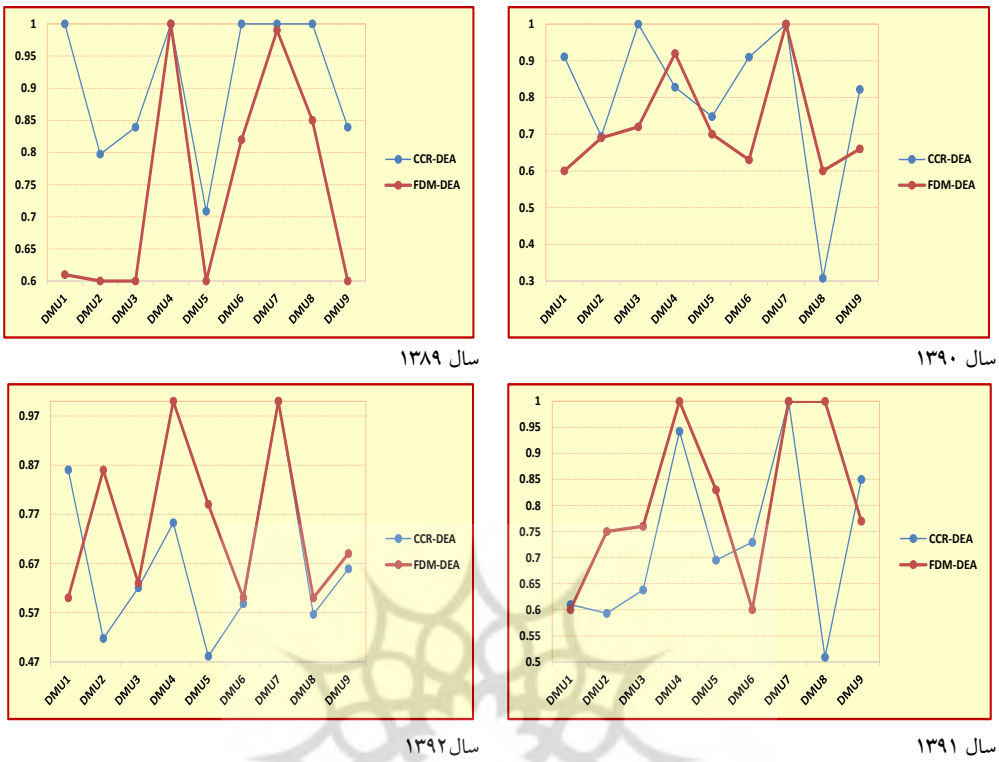

(b) مدل FDM-DEA پیشنهادی

**نمودار ٤. نمایش نتایج مدل کلاسیک CCR-DEA در مقایسه با مدل پیشنهادی**

همانطور که در جدول ۴ و نمودار۴ مشاهده می‌شود واحدهای کارا در مدل پیشنهادی در مدل اصلی CCR-DEA نیز کارا هستند که این بیانگر عملکرد صحیح مدل پیشنهادی است. از طرفی مدل پیشنهادی تعداد واحداهای کارای کمتری نسبت به مدل اصلی DEA ارائه

کرده است. این موضوع نشان دهنده بهبود توان افتراق در مدل پیشنهادی است. منظور از توان افتراق در واقع تفکیک بین واحدهای کارا و ناکارا در مدل‌های DEA است. یکی از معایبی که بر مدل‌های اصلی DEA وارد شده است توان افتراق ضعیف است. این نقص در مواقعی رخ می‌دهد که تعداد DMUهای تحت بررسی در مقایسه با تعداد پارامترهای خروجی و ورودی مدل به اندازه کافی بزرگ نیست و این موضوع منجر به ارایه تعداد زیادی از واحدها به عنوان واحدهای کارا خواهد بود . در نتیجه اگر مدلی بتواند رویه سختگیرانه تری را ارایه نماید به نحوی که تعداد پارامترهای ورودی و خروجی مدل روی تعداد واحدهای کارا تاثیر کمتری داشته باشد، آن مدل توان افتراق را بهبود داده است. دلیل اصلی این مشکل در مدل‌های اصلی DEA به نحوه تشکیل مرز کارایی برمی گردد. در این مدل‌ها مرز کارایی با توجه به داده‌های مرتبط با DMUهای موجود تشکیل می‌شود که به این مرز اصطلاحا مرز کارایی مطلوب گفته می‌شود. بنابراین این موضوع در مدل‌های اصلی DEA به ارائه واحدهای کارای زیادی منجر می‌شود. اما مدل پیشنهادی در این تحقیق، ابتدا بدون در نظر گرفتن واحدها بهترین مرز کارایی را تشکیل و سپس مقایسه‌ها را براساس آن مرز انجام می‌دهد. در واقع مدل پیشنهادی رویه سختگیرانه تری را برای تشکیل مرز کارایی در نظر گرفته است که این امر به بهبود توان افتراق مدل منجر خواهد شد. چند هدفه بودن مدل و در نتیجه توجه به نظرهای DM (تصمیم گیرنده) در تعیین میزان تغییرات در داده‌ها در دوره‌های آتی و گذشته، دینامیک مدل، تعیین امتیاز کارایی در واحدهای مختلف بطور هم زمان، حل یک مدل بجای $n \times t$ مدل ($n$ =تعداد DMUها ) و در نتیجه کاهش زمان مورد نیاز برای آماده سازی و اجرای مدل پیشنهادی وکاهش خطای انسانی و سادگی و قابل فهم بودن مدل از دیگر مزایای مدل پیشنهادی است.

شکل ۵ نمایش امتیاز کارایی از هر دو روش، در هر دوره برنامه ریزی است، از سوی دیگر، شکل ۵ مقایسه عملکرد هر دو روش بصورت کامل و نقطه به نقطه می‌باشد.




نمودار ۵ . مقایسه امتیاز کارایی در دو مدل

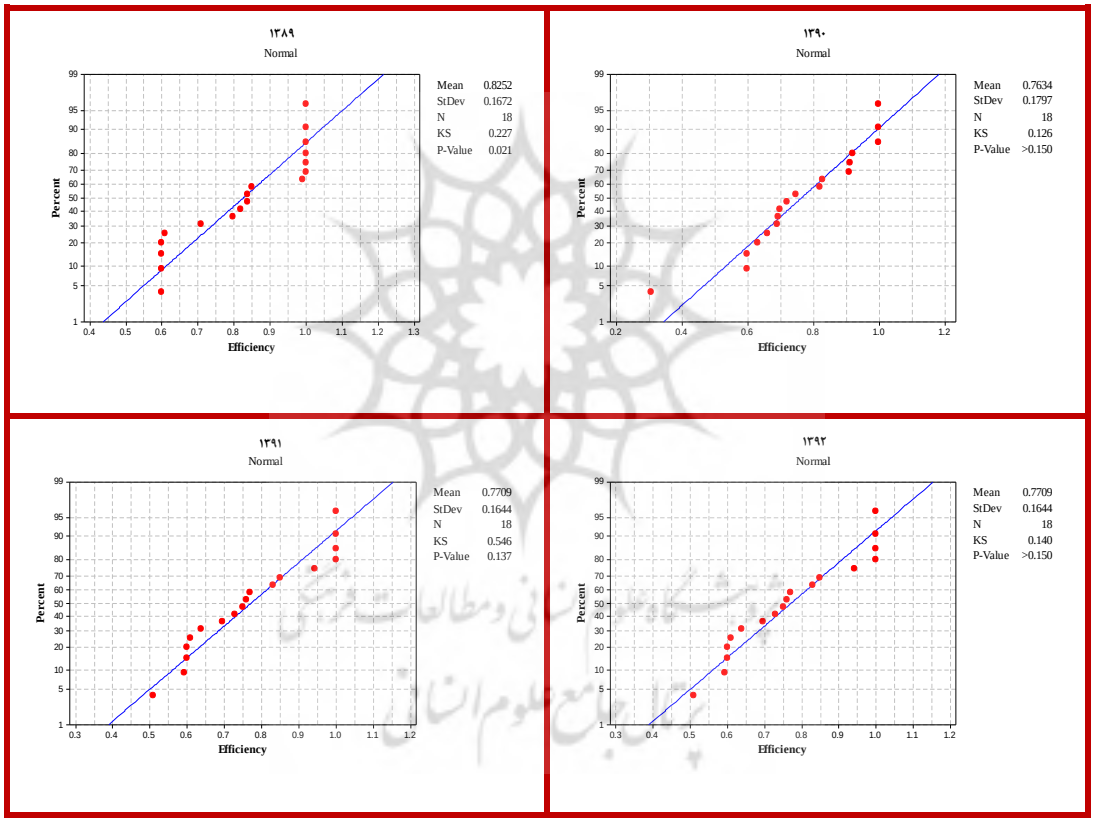
می توان از شکل ۵ به این نتیجه رسید که عملکرد مدل پیشنهادی به نحوی با عملکرد مدل CCR-DEA برابر است، در حالی که مدل پیشنهادی زمان محاسبات را کاهش می‌دهد و باعث افزایش قدرت تفکیک واحدهای کارا از ناکارا و بهبود وزن ورودی و خروجی‌ها می گردد.

از سوی دیگر مزایای دیگر استفاده از مدل پیشنهادی، محاسبه اوزان مشترک بر اساس برنامه ریزی خطی چند هدفه در طول چند دوره برنامه ریزی است. چند هدفه بودن مدل و در نتیجه توجه به نظرهای تصمیم گیرنده[1] (DM) در تعیین میزان تغییرات در داده‌ها در دوره‌های آتی وگذشته، دینامیک مدل، تعیین امتیاز کارایی در DMUهای مختلف، بطور هم زمان، حل یک مدل به جای $n \times T$ مدل (n تعداد DMUها و T تعداد دوره‌های برنامه ریزی است) از مزایای مدل پیشنهادی است.

1. Decision Maker

## تجزیه و تحلیل آماری از عملکرد مدل پیشنهادی

اگر چه هریک از مزایای فوق بصورت مستقل و جدا گانه به اندازه کافی برای توجیه مدل پیشنهادی مناسب است، تجزیه و تحلیل آماری به منظور نشان دادن برتری میانگین عملکرد مدل پیشنهادی در مقایسه با مدل کلاسیک CCR-DEA می‌باشد. در ابتدا از آزمون کلموگروف اسمیرنف برای بررسی کارایی بدست آمده از دو روش که توسط توزیع نرمال برازش داده شده، مورد استفاده قرار می گیرد. شکل ۶ نتایج بدست آمده از آزمون نرمال در نمرات کارایی دو روش را برای هر سال نشان می‌دهد




**نمودار ٦ . آزمون نرمال کلمو گروف اسمیرنف**

با توجه به نتایج حاصل از آزمون کلموگروف اسمیرنف بدست آمده در شکل ۵ در سال ۱۳۸۹ ، $P-Value \leq ۰.۰۵$ شده است، بنابراین کارایی روش پیشنهادی در سال ۱۳۸۹ در جدول ۵ ارائه شده است.

**جدول۵ . نتایج آزمون کروسکال والیس برای سال ۱۳۸۹**

| Kruskal-Wallis Test | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Group | N | Median | Ave Rank | Z |
| CCR-DEA Model | 9 | 1.0000 | 12.2 | 2.12 |
| Proposed Model | 9 | 0.6100 | 6.8 | -2.12 |
| Overall | 18 | - | 9.5 | - |
| H = 4.49 DF = 1 P = 0.034 | | | | |
| H = 4.72 DF = 1 P = 0.030 (adjusted for ties) | | | | |

همانطور که مشاهده می‌شود می‌توان از جدول ۵ به این نتیجه رسید که وزن مقدار $P-Value \leq ۰.۰۵$ شده است، بنابراین فرض صفر، یعنی برابری میانگین دو روش رد می‌شود. به عبارت دیگر، میانگین امتیاز کارایی از مدل ارائه شده و مدل کلاسیک CCR-DEA متفاوت است.

براساس شکل ۶ ، نتایج آزمون کلموگروف اسمیرنف ، امتیاز کارایی در سال‌های ۱۳۹۲-۱۳۹۱-۱۳۹۰ از توزیع نرمال پیروی می‌کنند. بنابراین از آزمون آنالیز واریانس (جدول ANOVA) برای مقایسه امتیاز کارایی در طول این سال‌ها استفاده می‌شود. نتایج آزمون ANOVA برای سال‌های ۱۳۹۲-۱۳۹۱-۱۳۹۰، در جدول ۶ ارائه شده است.

**جدول ٦. نتایج ANOVA برای سال‌های۱۳۹۲-۱۳۹۱-۱۳۹۰**

| جدول آنالیز واریانس | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| سال ۱۳۹۰ | | | | | |
| Source | Degree of freedom | Sum of square | Mean square | F | P-value |
| Group | 1 | 0.0272 | 0.0272 | 0.84 | 0.374 |
| Error | 16 | 0.5219 | 0.326 | - | - |
| Total | 17 | 0.5492 | - | - | - |
| S = 0.1806 R-Sq = 4.96% R-Sq(adj) = 0.00% | | | | | |
| سال ۱۳۹۱ | | | | | |
| Source | Degree of freedom | Sum of square | Mean square | F | P-value |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Group | 1 | 0.0307 | 0.0307 | 1.15 | 0.271 |
| Error | 16 | 0.4287 | 0.0268 | - | - |
| Total | 17 | 0.4594 | - | - | - |
| S = 0.1637 R-Sq = 6.68% R-Sq(adj) = 0.85% | | | | | |
| **سال ۱۳۹۲** | | | | | |
| Source | Degree of freedom | Sum of square | Mean square | F | P-value |
| Group | 1 | 0.0307 | 0.0307 | 1.15 | 0.343 |
| Error | 16 | 0.4287 | 0.0268 | - | - |
| Total | 17 | 0.4594 | - | - | - |
| S = 0.1637 R-Sq = 6.68% R-Sq(adj) = 0.85% | | | | | |

می توان از جدول ۶ به این نتیجه رسید که چون برای همه سال‌های ۱۳۹۲-۱۳۹۱-۱۳۹۰ ارزش $P-Value>۰.۰۵$ شده است بنابراین فرض صفر رد نمی شود. از سوی دیگر هیچ شواهدی برای رد برابری میانگین بدست آمده توسط دو روش در سال‌های ۱۳۹۲-۱۳۹۱-۱۳۹۰ ، وجود ندارد. در فاصله اطمینان ۰,۹۵ برای تمامی دوره‌های برنامه ریزی محاسبه شده و نتایج در جدول ۷ ارائه شده است.

**جدول ۷. محاسبه فاصله اطمینان**

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev-

```
Level          N     Mean      StDev  +---------+---------+---------+---------
CCR-DEA        9   0.8023     0.2127          (-----------*-----------)
Proposed Model 9   0.7244     0.1414  (-----------*-----------)
                                      Pooled StDev = 0.1806
                                     +---------+---------+---------+---------
                                    0.60      0.70      0.80      0.90
```

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev-

```
Level          N     Mean      StDev  ---+---------+---------+---------+------
CCR-DEA        9   0.7297     0.1674  (-------------*--------------)
Proposed Model 9   0.8122     0.1599          (--------------*-------------)
                                      Pooled StDev = 0.1637
                                     ---+---------+---------+---------+------
                                      0.640     0.720     0.800     0.880
```

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev-

```
Level            N     Mean      StDev ---+---------+---------+---------+------
CCR-DEA          9   0.7297     0.1674 (-----------*-----------)
Proposed Model   9   0.8122     0.1599          (-----------*-----------)
                                        Pooled StDev = 0.1637
                                    ---+---------+---------+---------+------
                                     0.640     0.720     0.800     0.880
```

در هر سه دوره ۱۳۹۲-۱۳۹۱-۱۳۹۰ در سطح اطمینان ۰,۹۵ فرض صفر، یعنی برابری میانگین‌های دو جامعه پذیرفته می‌شود.

## تفسیر امتیازهای کارایی در هردو روش

جدول ۸ امتیاز کارایی هر دو مدل در هر سال از دوره برنامه ریزی و همچنین میانگین امتیاز کارایی پالایشگاه را در هر سال برنامه ریزی نشان می‌دهد. در سال ۱۳۸۹ می‌توان دید امتیاز کارایی در هر دو مدل (کلاسیک CCR-DA و مدل پیشنهادی FDMDEA) در پالایشگاه کرمانشاه و لاوان و اراک بیشتر از میانگین امتیاز کارایی تمام پالایشگاه‌هاست و امتیاز کارایی در پالایشگاه تهران و اصفهان و پالایشگاه شیراز کمتر از میانگین کارایی تمام پالایشگاه‌هاست.

در سال ۱۳۹۰ می‌توان دید که امتیاز کارایی در هر دو مدل در پالایشگاه تبریز و اصفهان بیشتر از امتیاز کارایی تملم پالایشگاه‌هاست و امتیاز کارایی اراک لاوان و تهران کمتر از میانگین کارایی تمام پالایشگاه‌هاست.

در سال ۱۳۹ می‌توان دید امتیاز کارایی در هر دو مدل در پالایشگاه تبریز بیشتر از میانگین کارایی پالایشگاه‌ها ست و امتیاز کارایی پالایشگاه بندر عباس، اراک، کرمانشاه و اصفهان کمتر از میانگین کارایی تمام پالایشگاه‌ها ست.

در سال ۱۳۹۲ می‌توان دید امتیاز کارایی در هر دو مدل در پالایشگاه تبریز بیشتر از میانگین کارایی تمام پالایشگاه‌هاست و امتیاز کارایی کارایی پالایشگاه‌های اصفهان، تهران و آبادان کمتر از میانگین کارایی تمام پالایشگاه‌هاست.

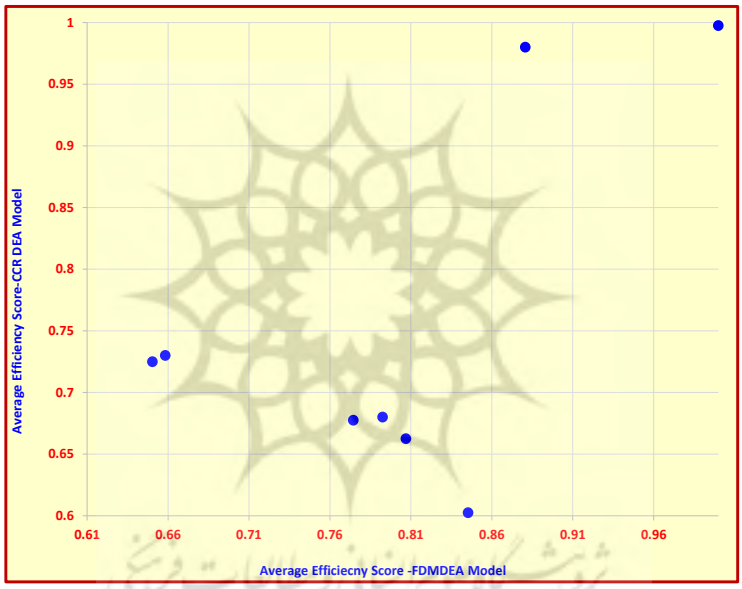
**جدول ۸ . بهترین وبدترین پالایشگاه‌ها برای هر دور وش برای هرسال**

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **سال ۱۳۸۹** | | | | | | | | | | |
| | **آبادان** | **تهران** | **اصفهان** | **تبریز** | **شیراز** | **کرمانشاه** | **لاوان** | **اراک** | **بندر عباس** | **میانگین** |
| | **DMU1** | **DMU2** | **DMU3** | **DMU4** | **DMU5** | **DMU6** | **DMU7** | **DMU8** | **DMU9** | |
| FDM-DEA | 0.61 | 0.6 | 0.6 | 1.00 | 0.6 | 0.82 | 0.99 | 0.85 | 0.6 | 0.74 |
| CCR | 1.00 | 0.8 | 0.84 | 1.00 | 0.709 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.902 | 0.92 |
| **سال ۱۳۹۰** | | | | | | | | | | |
| FDM-DEA | 0.6 | 0.69 | 0.72 | 0.92 | 0.7 | 0.63 | 1.00 | 0.6 | 0.66 | 0.72 |
| CCR | 0.91 | 0.69 | 1.00 | 0.83 | 0.75 | 0.91 | 1.00 | 0.31 | 0.82 | 0.8 |
| **سال ۱۳۹۱** | | | | | | | | | | |
| FDM-DEA | 0.6 | 0.86 | 0.63 | 1 | 0.79 | 0.6 | 1.00 | 0.6 | 0.69 | 0.75 |
| CCR | 0.86 | 0.52 | 0.62 | 0.75 | 0.48 | 0.59 | 1.00 | 0.57 | 0.666 | 0.67 |
| **سال ۱۳۹۲** | | | | | | | | | | |
| FDM-DEA | 0.6 | 0.75 | 0.76 | 1.00 | 0.83 | 0.6 | 1.00 | 1 | 0.77 | 0.81 |
| CCR-DEA | 0.61 | 0.59 | 0.64 | 0.94 | 0.7 | 0.73 | 1.00 | 0.51 | 0.85 | 0.73 |
| **میانگین برنامه ریزی هر دوره** | | | | | | | | | | |
| FDM-DEA | 0.603 | 0.725 | 0.678 | 0.98 | 0.73 | 0.663 | 0.998 | 0.763 | 0.68 | 0.76 |
| CCR-DEA | 0.845 | 0.65 | 0.774 | 0.9 | 0.658 | 0.807 | 1.00 | 0.596 | 0.808 | 0.78 |

بطور متوسط مشاهده می‌شود میانگین امتیاز کارایی در هر دو مدل در پالایشگاه لاوان و تبریز بزرگتر از میانگین، میانگین امتیاز کارایی تمام پالایشگاه‌هاست. همچنین میانگین امتیاز کارایی پالایشگاه‌های تهران، شیراز و اصفهان کمتر از میانگین، میانگین امتیاز کارایی تمام پالایشگاه‌هاست. ترسیم امتیاز کارایی به دست آمده توسط دو روش، تفاسیر جالبی به همراه دارد. امتیاز کارایی CCR-DEA می‌تواند به عنوان امتیاز کارایی کوتاه مدت فرض شود، زیرا مدل CCR-DEA کلاسیک را باید برای هر دوره برنامه ریزی به صورت مجزا، اجرا کرد. بنابراین مدل CCR-DEA کلاسیک نمی تواند اثر بلند مدت و یا برنامه ریزی چند

دوره ای و تغییرات ورودی و خروجی‌ها را در طول چند دوره در نظر بگیـرد. در مقابـل مـدل FDM-DEA می‌تواند تاثیرات طولانی مدت، تغییرات در ورودی و خروجی‌ها در طول تمام دوره‌های برنامه ریزی را در محاسبه امتیاز کارایی فقط با یـک بـار اجـرا در نظـر بگیـرد. مـدل FDM-DEA پیشنهادی را می‌توان به صورت متوسط عملکرد یـک پالایشـگاه در طـول افـق برنامه ریزی فرض کرد، در حـالی کـه مـدل CCR-DEA کلاسـیک را مـی‌تـوان بـه عنـوان کارایی کوتاه مدت یک پالایشگاه در نظر گرفت .

شکل ۷ ترسیم میانگین امتیاز کارایی در طول دوره برنامه ریزی برای هـر دو مـدل CC-R-DEA کلاسیک و FDM-DEA پیشنهادی، برای تمام پالایشگاه‌هاست.



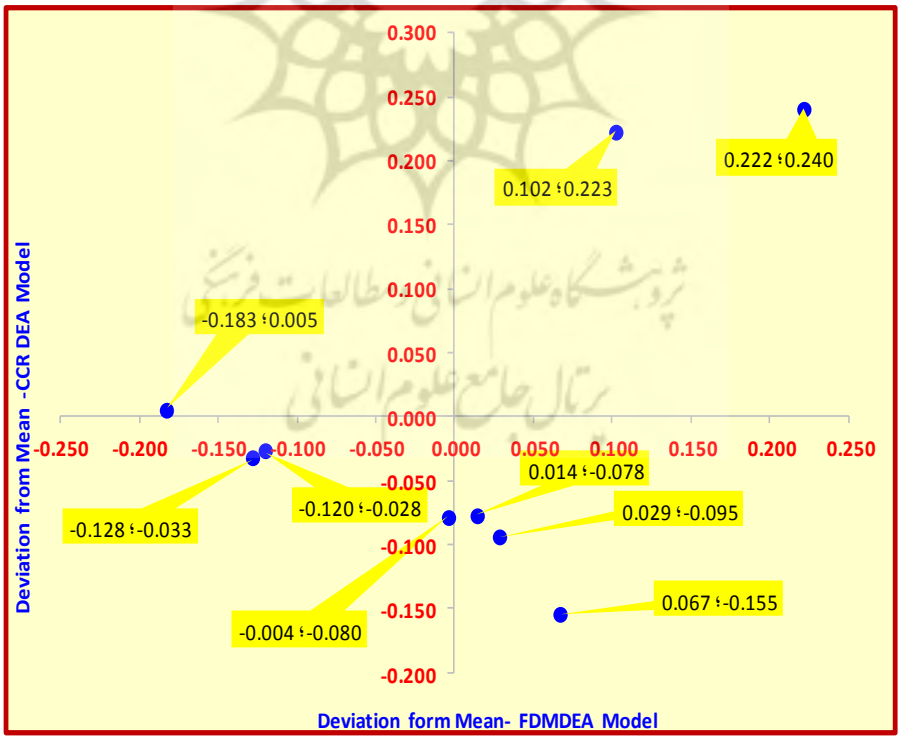

نمودار۷ . میانگین امتیاز کارایی : بلند مدت در مقابل کوتاه مدت

در شکل ۷ در حدود ٪۷۰ از تمام پالایشگاه‌ها در مدل کلاسـیک CCR-DEA کلاسـیک (کوتاه مدت) امتیاز کـارایی کمتـر از حـد میـانگین داشـته انـد. عـلاوه بـر ایـن حـدود ٪۷۰ از پالایشگاه‌ها در مدل FDM-DEA (بلند مدت) امتیاز کارایی بیشتر از حد میانگین داشته انـد . این بدان معنی است که اگر چه میانگین امتیاز کارایی در کوتـاه مـدت در هـر دوره زمـانی از

برنامه ریزی در بسیاری پالایشگاه‌ها کم بوده است، اما عملکرد بلند مدت پالایشگاه‌ها ، برای طولانی مدت قابل قبول بوده است.

متاسفانه هیچ دسته بندی به منظور تجزیه و تحلیل بیشتر بر اساس شکل ۷ وجود ندارد و این ضعف به دلیل این است که در شکل ۷ هیچ نقطه مرجعی برای مقایسه وجود ندارد. در شکل ۸ اطلاعات و تفاسیر قابل قبول تری وجود دارد. شکل ۸ ترسیم انحراف از میانگین امتیاز کارایی‌ها در طول دوره برنامه ریزی و میانگین ازمیانگین امتیاز کارایی در هر دو مدل CCR-DEAو FDM-DEA برای همه پالایشگاه‌هاست. محور افقی در شکل ۸ انحراف از میانگین امتیاز کارایی بدست آمده توسط مدل CCR-DEA را نشان می‌دهد. قابل ذکر است، امتیاز کارایی بدست آمده توسط مدل CCR-DEA به عنوان کارایی کوتاه مدت در نظر گرفته شده است. محور عمودی در شکل ۸ انحراف از میانگین امتیاز کارایی، با مدل FDM-DEA است. امتیاز کارایی با مدل FDM-DEA، به عنوان امتیاز کارایی بلند مدت فرض شده است.

نمودار ۸. انحراف از میانگین کارایی : کوتاه مدت در مقابل بلند مدت



در ناحیه اول هر دو انحراف بدست آمده توسط مدل CCR-DEA و FDM-DEA بیشتر از حد میانگین است. این ناحیه در قسمت بالا- سمت راست شکل ۸ واقع شده است. در واقع این بدان معناست که هر دو امتیاز کارایی کوتاه مدت و بلند مدت در این گونه پالایشگاهها بیشتر از حد میانگین بوده است. دو پالایشگاه لاوان و تبریز در این ناحیه قرار دارند. یعنی این دو پالایشگاه هم در عملکرد کوتاه مدت و هم در عملکرد بلند مدت از عملکرد قابل اطمینان برخوردار بوده اند.

در ناحیه دوم انحراف کارایی بدست آمده توسط مدل CCR-DEA ، کمتر از حد میانگین است در حالی که انحراف کارایی بدست آمده توسط مدل FDM-DEA بیشتر از حد میانگین است. این ناحیه در قسمت بالا-سمت چپ شکل ۸ واقع شده است. فقط پالایشگاه اراک در این ناحیه قرار دارد. این بدان معناست که امتیاز کارایی کوتاه مدت پالایشگاه اراک ضعیف تر از میانگین در حالی که امتیاز کارایی بلند مدت بیشتر از حد میانگین کارایی است.

در ناحیه سوم انحراف بدست آمده توسط مدل CCR-DEA بیشتر از میانگین، در حالی که انحراف بدست آمده توسط مدل FDM-DEA کمتر از حد میانگین است. این ناحیه در پایین- سمت چپ شکل ۸ قرار دارد. سه پالایشگاه آبادان، کرمانشاه و بندر عباس در این ناحیه واقع شده و این بدان معناست که امتیاز کارایی این پالایشگاهها در کوتاه مدت بهتر از حد میانگین و در بلند مدت ضعیف تر از حد میانگین بوده است.

در ناحیه چهارم هر دو انحراف کارایی بدست آمده توسط مدل CCR-DEA و FDM-DEA کمتر از میانگین است. این ناحیه در پایین-سمت چپ شکل ۸ قرار دارد. هر دو پالایشگاه تهران و شیراز، در این ناحیه قرار دارد و این بدان معناست که این دو پالایشگاه هم در کوتاه مدت و هم در بلند مدت امتیاز کارایی ضعیف تر از میانگین داشته اند.

علاوه بر این کنترل حرکت در شکل ۷، بطور قطع می‌تواند دوره متناوبی از برنامه ریزی درآینده و تجزیه تحلیل مناسبی از عملکرد پالایشگاه‌ها در آینده را فراهم کند.

## نتیجه گیری و پیشنهادات برای تحقیقات بیشتر

رشد اقتصادی به عنوان اصلی ترین مؤلفه توسعه، بدون بهبود شرایط انسانی و زیست محیطی که دو عنصر اساسی فرآیند دستیابی به توسعه پایدار می‌باشند؛ قابل دستیابی نخواهد بود. لذا وضعیت تولید و مصرف انرژی و تأثیری که بر محیط زیست خواهد داشت، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می باشد. با توجه به افزایش روز افزون نگرانی جهان امروز در رابطه با مسایل زیست محیطی در مطالعات دهه‌های اخیر ارزیابی کارایی زیست محیطی صنایع از جمله صنعت پالایش نفت اهمیت زیادی داشته و لازم است همزمان با کارایی فنی، کارایی زیست محیطی نیز مورد بررسی قرار گیرد. در اقتصاد ایران، بخش انرژی از دیرباز نقش مهم و تعیین کننده ای داشته است. علاوه بر تولید و صادرات نفت خام، دیگر فعالیت‌های مربوط به انرژی همانند پالایشگاه‌های نفت، گاز، نیروگاه‌های برق و ... سهم و نقش بسزایی را از نظر سرمایه گذاری، تولید و اشتغال در اقتصاد ایران دارند.

همان طور که می‌دانیم، پالایشگاه‌ها ضمن آن که بالاترین مصرف کننده انرژی هستند، تبدیل کننده و تولید کننده انرژی نیز به شمار می‌آیند. جایگاه و نقش استراتژیک پالایشگاه‌های نفت در تأمین نیازهای انرژی بخش‌های مختلف اقتصادی و توسعه ملی، ضرورت بررسی کارایی اقتصادی را در ساختار پالایشگاه‌های نفت در چارچوب یک برنامه ریزی علمی بلندمدت آشکار می‌سازد. بدون شک هر گونه بهبود در وضعیت کارایی و بهره وری این پالایشگاه‌ها و نزدیک تر شدن آن‌ها به وضعیت مطلوب موجب کاهش مسائل مبتلابه صنعت نفت، صرفه جویی در مصرف نهاده‌ها، افزایش بازدهی عوامل تولید، کاهش هزینه‌های تولید و به تبع آن کاهش قیمت محصولات بخش‌های مختلف اقتصادی و افزایش سودآوری و بهبود وضع زندگی مردم می گردد.

اندازه گیری کارایی معمولا شامل چندین معیار با اهمیت نسبی مختلف است. بنابراین برنامه ریزی DEA را می‌توان به عنوان یک ابزار مناسب برای رسیدن به هدف بکار گرفت. از این رو، در این مقاله از یک مدل DEA شبکه ای فازی اوزان مشترک چند هدفه چند دوره ای برای اندازه گیری کارایی نسبی فنی- زیست محیطی در پالایشگاه‌های ایران استفاده شده است. عملکرد مدل پیشنهادی در مقابل مدل کلاسیک DEA در یک دوره زمانی ۱۳۹۲-۱۳۸۹ انجام گرفته است.

نتایج نشان می‌دهد که متوسط کارایی پالایشگاه‌های ایران در طی دوره مورد مطالعه با استفاده از مدل پیشنهادی از ٪۷۶ تجاوز نکرده است. در فاز مدل سازی پژوهش حاضر چندین مزیت دارد. از طرفی مدل ارائه شده در مقایسه با مدل کلاسیک CCR-DEA چندین مزیت دارد که به این شرح می‌باشند: : (۱) چند هدفه بودن و در نتیجه توجه به نظرهای تصمیم گیرنده (DM) در تعیین میزان تغییرات در دوره آتی وگذشته ، (۲) دینامیک بودن مدل و تعیین امتیاز کارایی واحدها بطور هم زمان ، (۳) بهبود و افزایش قدرت تفکیک در مدل DEA از طریق محاسبه اوزان مشترک ، (۴) حل یک مدل بجای $n\times T$ مدل (که در آن n تعداد DMUهاست و t تعداد دوره‌های برنامه ریزی است) ، (۵) جلوگیری از به ناحق کارا شدن DMUهای ناکارا ، (۷) کاهش زمان مورد نیاز برای آماده سازی و اجرای مدل ، (۸) دستیابی به ماهیت چند هدفه در مدل ارائه شده از طریق برنامه ریزی ریاضی فازی ، (۹) اعمال و تغییر متغیر مناسب در ساخت مدل پیشنهادی به منظور دستیابی به یک برنامه ریزی خطی مناسب تا به راحتی به جواب بهینه سرتاسری دست یابیم.

در مرحله تعریف مسائله، پژوهش حاضر با در نظر گرفتن معیارهایی به منظور محاسبه کارایی فنی- زیست محیطی که به حقیقت نزدیکتر باشد، توسعه یافته است. در مطالعات قبلی انجام شده، نسبت حجم محصولات سبک به حجم محصولات سنگین به عنوان ورودی مدل نادیده گرفته شده است و همچنین شاخص‌های دیگری مانند : (الف) نوع خوراک پالایشگاه (API) ، (ب) $CO_2$ ناشی از سوخت‌های پالایشگاهی به عنوان خروجی نامطلوب و (ج) تغییرات در درجه پیچیدگی پالایشگاه‌ها در طول سال برنامه ریزی در این مطالعه. در این

تحقیق همه شاخص‌ها به منظور محاسبه و اندازه گیری کارایی عادلانه و نزدیکتر به حقیقت در نظر گرفته شده اند. از این رو نتایج این مطالعه کاملا با تحقیقات قبلی متفاوت است. با توجه به عدم دسترسی به اطلاعات پالایشگاه‌ها، مطالعات قبلی تنها از اطلاعات ترازنامه ای در تحقیقات خود بهره برده اند که به همین دلیل در تحقیقات آنها از تمامی ورودی و خروجی‌های موثر در محاسبه کارایی، لحاظ نشده است.

در این تحقیق به ارزیابی کارایی فنی- زیست محیطی بین پالایشگاه‌های نفت ایران پرداختیم. در تحقیقات بعدی به انجام تحقیقات جامعی که به ارزیابی عملکرد پالایشگاه‌های نفت ایران در مقایسه با پالایشگاه‌های نفت خاورمیانه و سایر کشورهای جهان پرداخته شود، توصیه می-گردد.

## تشکر و قدردانی

این تحقیق به عنوان یکی از نتایج و خروجی‌های یک قرار داد پژوهشی با شماره قرار داد K-006-93 با شرکت ملی پالایش و پخش فرآورده‌های نفتی ایران انجام گردید.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

## منابع APA

ترازنامه هیدروکربوری کشور سال ۱۳۹۱-۱۳۹۰-۱۳۸۶ (موسسه مطالعات بین المللی انرژی ) "وزارت نفت معاونت برنامه ریزی و نظارت بر منابع هیدروکربوری".

تراز نامه انرژی ۱۳۹۱-۱۳۹۰ (وزارت نیرو).

شرکت ملی پالایش وپخش فرآورده‌های نفتی ایران "مدیریت برنامه ریزی تلفیقی" ، "مدیریت هماهنگی تولید " ، "مدیریت امور مالی " ،(اطلاعات مربوط به پالایشگاه‌ها وگزارشات سالیانه پالایشگاه‌های نفت ایران - گزارشات حسابرس مستقل و بازرس قانونی شرکت‌های پالایش سهامی عام و خاص به انضمام صورتهای مالی سال مالی منتهی به اسفند ماه۱۳۹۲-۱۳۹۱-۱۳۹۰-۱۳۸۹ .

Abtahi, A.R., Khalili-Damghani, K. (2011). Fuzzy data envelopment analysis for measuring agility performance of supply chains. International Journal of Modelling in Operations Management, 1(3), 263-288.

Al-Najjar, M., Al-Jaybajy, A. (2012). Application of Data Envelopment Analysis to Measure the Technical Efficiency of Oil Refineries: A Case Study. International Journal of Business Administration, 3(5), 64-77.

Jafarian-Moghaddam, A.R., Ghoseiri, K. (2011). Fuzzy dynamic multi-objective Data Envelopment Analysis model. *Expert Systems with Applications*, 38, 850˚855.

Banker, R.D, Charnes, A, Cooper, W.W. (1984). Some models for estimating technical and scale inefficiency in data envelopment analysis. *Management Science*, 30, 36-51.

Charnes. A., Cooper. W.W., Rhodes, E. (1978). Measuring the Efficiency of Decision Making Units. European Journal of Operational Research, 2, 429-444.

Cooper, W.W., Seiford, L.M., Tone, K. (2007). *Data Envelopment Analysis: A Comprehensive text with models, applications, references and DEA-Solver software*, Springer, New York.

Chen, Y. (2005). On Preference Structure in Data Envelopment Analysis. International Journal of Information Technology and Decision Making, 4(3), 411-431.

Chiang, C.I., Tzeng, G.H. (2000). *A multiple objective programming approach to data envelopment analysis*, In Shi, Y., Zeleny, M. (eds.), New Frontier of Decision Making for the Information Technology Era, World Scientific: pp. 270-285.

Dubois, D., Prade, H. (1980). Fuzzy Sets and Fuzzy Logic: Theory and Applications. Academic press, New York.

Emrouznejad, A., Parker, B.R., Tavares, G. (2008). Evaluation of research in efficiency and productivity: A survey and analysis of the first 30 years scholarly literature in DEA. *Socio-Economic Planning Sciences*, 42, 151-157.

Farrell, M. J. (1957). The measurement of productive efficiency. Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General), 120 (3), 253-290.

Golany, B. (1988). An Interactive MOLP Procedure for the Extension of DEA to Effectiveness Analysis. Journal of the Operational Research Society, 39 (8), 725-734.

Halme, M., Korhonen, T., Salo, P., Wallenius, J. (1999). A Value Efficiency Approach to Incorporating Preference Information in Data Envelopment Analysis. *Management Science*, 45(1), 103-115.

Korhonen, T., Wallenius, J. (1998). Structural Comparison of Data Envelopment Analysis and Multiple Objective Linear Programming. *Management Science*, 44(7), 962-970.

Kaufmann, A., Gupta, M.M. (1991). *Introduction to Fuzzy Arithmetic: Theory and Applications*, International Thomson Computer Press, London.

Kabnurkar, A. (2001). *Mathematical modeling for data envelopment analysis with fuzzy restrictions on weights*. Doctoral Dissertation, Dep. Of Industrial and Systems Engineering, Polytechnic Institute and State University of Virginia.

Khalili-Damghani, K., Abtahi, A.-R. (2011). Measuring efficiency of just in time implementation using a fuzzy data envelopment analysis approach: real case of Iranian dairy industries. International Journal of Advanced Operations Management, 3(3/4), 337-354.

Khalili-Damghani, K., Taghavifard, M., Olfat, L., Feizi, K. (2011). A hybrid approach based on fuzzy DEA and simulation to measure the efficiency of agility in supply chain: real case of dairy industry. International Journal of Management Science and Engineering Management, 6, 163-172.

Khalili-Damghani, K., Taghavifard, M. (2012a). A fuzzy two-stage DEA approach for performance measurement: real case of agility performance in dairy supply chains. International Journal of Applied Decision Sciences, 5(4), 293-317.

Khalili-Damghani, K., Taghavifard, M. (2012b). A three-stage fuzzy DEA approach to measure performance of a serial process including JIT practices, agility indices, and goals in supply chains. International Journal of Services and Operations Management, 13(2), 147-188.

Khalili-Damghani, K., Taghavifard, M., Olfat, L., Feizi, K. (2012). Measuring agility performance in fresh food supply chains: an ordinal two-stage data envelopment analysis. International Journal of Business Performance and Supply Chain Modelling, 4(3/4), 206-231.

Khalili-Damghani, K., Hosseinzadeh-Lotfi, F. (2012). Performance measurement of police traffic centres using fuzzy DEA-based Malmquist productivity index. International Journal of Multicriteria Decision Making, 2(1), 94-110.

Khalili-Damghani, K., Taghavifard, B. (2013). Sensitivity and stability analysis in two-stage DEA models with fuzzy data. International Journal of Operational Research, 17(1), 1-37.

Khalili-Damghani, K., Sadi-Nezhad, S., Hosseinzadeh-Lotfi, F. (2014). *Supply Chain Management under Fuzziness*, Springer Berlin Heidelberg, pp. 167-198.

Khalili-Damghani, K., Shahmir, Z. (2015). Uncertain network data envelopment analysis with undesirable outputs to evaluate the efficiency of electricity power production and distribution processes. *Computers & Industrial Engineering*, 88, 131˚150.

Khalili-Damghani, K., Tavana, M., Haji-Saami, E. (2015). A data envelopment analysis model with interval data and undesirable output

for combined cycle power plant performance assessment. *Expert Systems with Applications*, 42(2), 760˚773.

Khalili-Damghani, K., Tavana, M., Santos-Arteaga, F.J., Mohtasham, S. A Dynamic Multi-Stage Data Envelopment Analysis Model with Application to Energy Consumption in the Cotton Industry. *Energy Economics, In Press, Accepted Manuscript*, doi: 10.1016/j.eneco.2015.06.020.

Khalili-Damghani, K. Tavana, M. (2013). A new fuzzy network data envelopment analysis model for measuring the performance of agility in supply chains. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 69, 291˚318.

Klir, G.J., Yuan, B. (1995). *Fuzzy Sets and Fuzzy Logic: Theory and Applications*, Prentice-Hall, International Inc.

Lozano, S., Villa, G. (2007). Multi objective target setting in data envelopment analysis using AHP, *Computers and Operations Research*, 36, 549-564.

Lins, M.E., Meza, L.A., Silva, M.D. (2004). A multi-objective approach to determine alternative targets in data envelopment analysis, Journal of the Operational Research Society, 55, 1090-1101.

Li, X.B., Reeves, G.R. (1999). A multiple criteria approach to data envelopment analysis. European Journal of Operational Researches, 115, 507-517.

Sengupta, J.K. (1995). *Dynamics of Data Envelopment Analysis: Theory of Systems Efficiency*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands

Sengupta, J.K. (1996a). Dynamics data envelopment analysis. International Journal of Systems Science, 27, 277-284.

Sengupta, J.K. (1996b). Dynamic aspects of data envelopment analysis. *Economics Notes*, 25, 143-164.

Sengupta, J.K. (1999). A dynamic efficiency model using data envelopment analysis. International Journal of Production Economics, 62, 209-218.

Sueyoshi, T., Sekitani, K. (2005). Returns to scale in dynamic DEA. European Journal of Operational Research, 161, 536-544.

Tavana, M., Khalili-Damghani, K. (2014). A new two-stage Stackelberg fuzzy data envelopment analysis model**.** *Measurement*, 53, 277˚296.

Tavana, M., Khalili-Damghani, K., Rahmatian, R. (2014). A hybrid fuzzy MCDM method for measuring the performance of publicly held pharmaceutical companies. *Annals of Operations Research*, 226 (1), 589-621.

Tavana, M., Khalili-Damghani, K., Sadi-Nezhad, S. (2013). A fuzzy group data envelopment analysis model for high-technology project selection: A case study at NASA. *Computers & Industrial Engineering*, 66, 10˚23.

Thanassoulis, E., Dyson, R.G. (1992). Estimating preferred target input-output levels using data envelopment analysis. European Journal of Operational Researches, 56, 80-97.

Vijayakumar, A., Gomathi, P. (2013). Productivity Growth in Indian Oil Refineries: Efficiency Improvement or Technical Improvement. Journal of Humanities And Social Science, 9(2), 103-114.

Wong, B.Y.H., Luque, M., Yang, J.B. (2007). Using interactive methods to solve DEA Problem with value judgments. *Computers and Operations Research*, 36, 623-636

Yu, J.R., Tzeng, Y.C., Tzeng, G.H., Yu, T.Y., Sheu, H.J. (2004). A Fuzzy Multiple Objective Programming To DEA With Imprecise Data. International Journal of Uncertainty, Fuzziness and knowledge-Based Systems, 12, (5), 591-600.

Yang, J.B., Wong, B.Y.H., Xu, D.L., Stewart, T.J. (2008). Integrated DEA-oriented performance assessment and target setting using interactive MOLP methods. European Journal of Operational Research, 195, 205-222.

Zhu, J. (1996). Data Envelopment Analysis with Preference Structure. Journal of the Operational Research Society, 47, 136-150

Zimmerman, H.J. (1991). *Fuzzy Set Theory and Its Applications*, second ed., Kluwer Academic Publishers, Boston.