

## اندازه‌گیری کارآیی، بهره‌وری و رتبه‌بندی پالایشگاه‌های گاز ایران با استفاده از تکنیک تحلیل پوششی داده‌های دومرحله‌ای

حبیب قیصری<sup>۱</sup>، قاسم فرج پورخاناپشتانی<sup>۲\*</sup>، محمد علی عالمی<sup>۳</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی صنایع، واحد پرند، دانشگاه آزاد اسلامی، پرند، ایران

۲- استادیار گروه مهندسی صنایع، واحد پرند، دانشگاه آزاد اسلامی، پرند، ایران

۳- استادیار گروه مهندسی صنایع، واحد پرند، دانشگاه آزاد اسلامی، پرند، ایران

رسید مقاله: ۲۷ فروردین ۱۳۹۶

پذیرش مقاله: ۱ شهریور ۱۳۹۶

### چکیده

پالایشگاه‌های گاز از جمله صنایع مهم و اساسی به شمار می‌روند و نقش تعیین‌کننده‌ای در رشد و توسعه‌ی اقتصادی ایفا می‌کنند و بر همین اساس، بسیاری از پژوهشگران بر روی رتبه‌بندی و ارزیابی عملکرد این واحدها متمرکز بوده‌اند. یکی از مهم‌ترین روش‌های سنجش کارایی، تکنیک تحلیل پوششی داده‌هاست که از دسته‌ی روش‌های غیر پارامتری به حساب می‌آید. پژوهش جاری، با استفاده از مدل پوششی CCR ورودی محور دومرحله‌ای و به کارگیری خروجی نامطلوب در کنار خروجی‌های مطلوب به ارزیابی کارایی ۱۱ پالایشگاه گاز ایران در طی سال‌های ۱۳۹۴-۱۳۹۲ می‌پردازد. بر طبق نتایج و از آنجایی که تعدادی از پالایشگاه‌ها در مرز کارا قرار دارند، برای رتبه‌بندی میان واحدهای کارآ از روش اندرسون پیترسون استفاده شده است. در این بین، فاز ۹ و ۱۰ پالایشگاه پنجم عسلویه به عنوان کارآی قوی شناسایی گردید. در نهایت به علت آنکه داده‌های مورد ارزیابی مربوط به سه سال متوالی از ۱۳۹۲ تا ۱۳۹۴ می‌باشند، برای بررسی پیشرفت یا پسرفت کارایی پالایشگاه‌ها، از شاخص مالم کوئیست چند مرحله‌ای استفاده شده و بهره‌وری واحدها در سال‌های مذکور پایش می‌شود تا بدین وسیله نتیجه‌ی تصمیمات و عملکرد مدیران بر کارایی پالایشگاه‌ها مشخص گردد.

**کلمات کلیدی:** کارایی، تحلیل پوششی داده‌های دومرحله‌ای، پالایشگاه گاز، شاخص مالم کوئیست.

### ۱ مقدمه

مهم‌ترین مساله برای مدیران در رابطه با واحدهای تصمیم‌گیرنده برای هدایت آن‌ها، اطلاع از عملکرد واحدها می‌باشد. پیچیدگی اطلاعات، حجم بسیار زیاد عملکرد، اثرات عوامل بیرونی، اثر واحدهای رقیب بر عملکرد، محدود بودن واحدها در رابطه با تصمیم‌گیری‌های مناسب، تغییرات ناگهانی خط‌مشی به علت

برخوردهای انفعالی با مشکلات حاد (مانند بیکاری و...) از جمله عواملی است که مدیر بدون برخورد علمی نمی‌تواند از کارکرد واحدهای تحت امر مطلع باشد و تصمیم‌گیری مناسبی را در جهت بهبود کارایی و بهره‌وری اتخاذ نماید. میزان پیشرفت با پسرفت یک واحد تصمیم‌گیرنده اولین بار با ایده‌ی تقسیم کارآیی زمان حال به کارآیی زمان گذشته مطرح گردید که به دلیل مشکلات زیاد، شاخص بهره‌وری مالم کوئیست که نشان‌دهنده‌ی پیشرفت و پسرفت واحدهای تصمیم‌گیرنده می‌باشد معرفی گردید.

پالایشگاه‌های گاز از جمله صنایع مهم و استراتژیک در هر کشوری به شمار می‌روند و نقش تعیین‌کننده‌ای در توسعه‌ی اقتصادی ایفا می‌کنند. به همین علت بررسی عملکرد و سنجش کارایی پالایشگاه‌ها در این پژوهش مورد توجه قرار گرفته است. انتخاب درست مدل ارزیابی و تعیین صحیح معیارهایی که باید مورد بررسی قرار گیرند از مهمترین اصول در این زمینه می‌باشد. یکی از ابزارهای مناسب و کارآمد در این زمینه، تحلیل پوششی داده‌ها می‌باشد که به عنوان یک روش غیر پارامتری برای محاسبه‌ی کارایی واحدهای تصمیم‌گیرنده استفاده می‌شود. به کارگیری مدل تحلیل پوششی داده‌ها علاوه بر تعیین میزان کارایی نسبی، نقاط ضعف سازمان را در شاخص‌های مختلف تعیین کرده و با ارائه‌ی میزان مطلوب آن‌ها، خط‌مشی سازمان را به سوی ارتقای کارایی و بهره‌وری مشخص می‌کند. همچنین الگوهای کارا که ارزیابی واحدهای ناکارا بر اساس آن‌ها انجام گرفته‌است به واحدهای ناکارا معرفی می‌شوند. الگوهای کارا واحدهایی هستند که با ورودی‌های مشابه با واحد ناکارا خروجی‌های بیش‌تر داشته‌اند و یا همان خروجی‌ها را با ورودی‌های کم‌تر تولید استفاده نموده‌اند. از جمله روش‌های متنوع در تحلیل پوششی داده‌ها، روش DEA دو مرحله‌ای می‌باشد که به خوبی قادر است با در نظر گرفتن تولیدات میانی و ورودی‌های مشترک، کارایی کل هر واحد و ارتباط بین مراحل آن را بسنجد. امروزه روش تحلیل پوششی داده‌ها به صورت ترکیبی با سایر روش‌ها از جمله شاخص مالم کوئیست برای محاسبات کارایی و بهره‌وری به کار برده می‌شود، و به کمک این روش‌ها توانایی بررسی کارایی و بهره‌وری سازمان‌ها وجود خواهد داشت برای ارائه‌ی یک گزارش کامل از فعالیت‌های انجام شده و معرفی مدل پیشنهادی، سایر بخش‌های این مقاله به شرح زیر می‌باشد:

در بخش دوم، مبانی نظری تحقیق از جمله مفهوم تحلیل پوششی داده‌های دو مرحله‌ای و شاخص بهره‌وری و پیشینه تحقیق معرفی خواهد شد. در بخش سوم مدل مورد ارزیابی در این پژوهش بیان می‌شود. در بخش چهارم به بیان تجزیه و تحلیل پرداخته می‌شود و در نهایت در فصل پنجم نتیجه‌گیری و پیشنهادات آتی را در بر خواهد گرفت.

## ۲ مبانی نظری تحقیق

### ۲-۱ تحلیل پوششی داده‌های دومرحله‌ای

روش کلاسیک تحلیل پوششی داده‌ها توسط فارل [۱] ابداع و به وسیله چارنر و همکاران توسعه داده شد [۲]. روش کلاسیک، سازمان‌ها را به صورت جعبه سیاه در نظر گرفته و محاسبات خود را به ورودی‌های اولیه و خروجی‌های نهایی محدود کرده و از فرآیندهای داخلی غفلت می‌ورزد؛ لذا برای برطرف نمودن این مشکل

مدل‌های مختلفی تحت عنوان تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای ارائه گردید. برای اولین بار فار و گراسکوف [۳] مقاله‌ای تحت عنوان تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای ارائه نمودند. برای یکی از حالات شبکه‌ای، تحلیل پوششی داده‌های دو مرحله‌ای حالت سری مورد بررسی قرار می‌گیرد.

مدل ارتباطی تحلیل پوششی داده‌های دو مرحله‌ای، در واقع اصلاح شده‌ی مدل تحلیل پوششی داده‌ها با لحاظ کردن دو زیر فرآیند در داخل فرآیند کل است. کارایی فرآیندهای تصمیمی که می‌توانند به دو مرحله تقسیم شوند برای شناسایی دلایل ناکارایی برای کل فرآیند و نیز برای هر مرحله به صورت مستقل با استفاده از روش تحلیل پوششی متداول اندازه‌گیری شده‌اند. تحت این چهارچوب، کارایی فرآیند کل می‌تواند به کارایی‌های دو زیر فرآیند تجزیه شود. مدل تحلیل پوششی داده‌های متداول برای اندازه‌گیری کارایی واحد تصمیم‌گیری  $k$  ام تحت فرض بازده به مقیاس ثابت مدل CCR به صورت رابطه‌ی (۱) تعریف می‌شود.

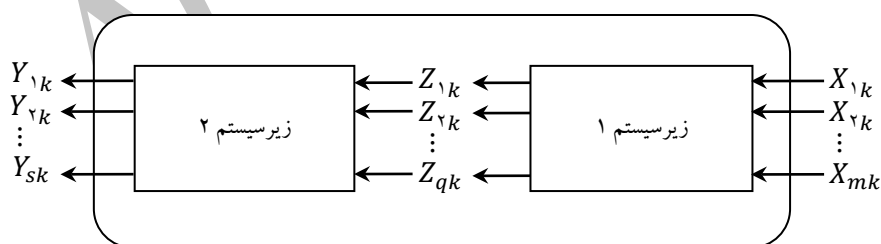
$$E_k = \max \frac{\sum_{r=1}^s u_r Y_{rk}}{\sum_{i=1}^m v_i X_{ik}} \quad (1)$$

s.t.

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_r Y_{rk}}{\sum_{i=1}^m v_i X_{ik}} \leq 1, \quad k=1, \dots, n$$

$$u_r, v_i \geq \varepsilon, \quad r=1, \dots, s, \quad i=1, \dots, m$$

که در آن  $X_{ik}$  و  $Y_{rk}$  به ترتیب ورودی  $i$  ام و خروجی  $r$  ام واحد تصمیم‌گیری  $z$  ام هستند. هر واحد تصمیم‌گیری،  $m$  ورودی را برای تولید  $s$  خروجی به کار می‌گیرد.  $E_k$  نیز، کارایی نسبی واحد تصمیم‌گیری  $k$  ام است؛ که برای آن،  $E_k = 1$  نشان دهنده‌ی کارایی واحد بوده و  $E_k < 1$  نیز نشان دهنده‌ی عدم کارایی آن می‌باشد. حال فرض کنید مجموعه‌ای دارای دو زیرفرآیند باشد، همان‌طور که از شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱. یک فرآیند دو مرحله‌ای با ورودی  $X$ ، خروجی  $Y$  و محصولات فرعی  $Z$

فرآیند کل از  $m$  ورودی  $X_{ik}$  برای تولید  $s$  خروجی  $Y_{rk}$  استفاده می‌کند. متفاوت از فرآیند تولید یک مرحله‌ای مرسوم، حالت دو مرحله‌ای شامل دو زیر سیستم بوده و محصولات فرعی  $Z_{pk}$  اصل فعالیت زیرسیستم اول می‌باشد. نکته‌ی قابل توجه اینکه، محصولات میانی  $Z_{pk}$  خروجی‌های مرحله ۱ و نیز ورودی‌های مرحله ۲ می‌باشند.

کائو و هوانگ [۴] بیان می‌کنند که براساس این مفهوم، روش محاسبه کارایی کل  $E_k$  و لحاظ کردن ارتباط رشته‌ای دو زیر فرآیند این است که محدودیت‌های نسبی هر زیر فرآیند به مدل (۱) اضافه شوند. در این راستا، مدل (۲) نشان دهنده‌ی مدل دو مرحله‌ای تحلیل پوششی داده‌ها می‌باشد.

$$E_k = \max \frac{\sum_{r=1}^s u_r Y_{rk}}{\sum_{i=1}^m v_i X_{ik}}$$

s.t.

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_r Y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i X_{ij}} \leq 1, \quad j=1, \dots, n$$

$$\frac{\sum_{p=1}^q w_p Z_{pj}}{\sum_{i=1}^m v_i X_{ij}} \leq 1, \quad j=1, \dots, n$$

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_r Y_{rj}}{\sum_{p=1}^q w_p Z_{pj}} \leq 1, \quad j=1, \dots, n$$

$$u_r, v_i, w_p \geq \varepsilon, \quad r=1, \dots, s, \quad i=1, \dots, m, \quad p=1, \dots, q$$
(۲)

مدل (۲) یک برنامه کسری خطی است که می‌تواند به مدل خطی مدل (۳) تبدیل شود:

$$E_k = \max \sum_{r=1}^s u_r Y_{rk}$$

s.t.

$$\sum_{i=1}^m v_i X_{ij} = 1, \quad j=1, \dots, n$$

$$\sum_{r=1}^s u_r Y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i X_{ij} \leq 0, \quad j=1, \dots, n$$

$$\sum_{p=1}^q w_p Z_{pj} - \sum_{i=1}^m v_i X_{ij} \leq 0, \quad j=1, \dots, n$$

$$\sum_{r=1}^s u_r Y_{rj} - \sum_{p=1}^q w_p Z_{pj} \leq 0, \quad j=1, \dots, n$$

$$u_r, v_i, w_p \geq \varepsilon, \quad r=1, \dots, s, \quad i=1, \dots, m, \quad p=1, \dots, q$$
(۳)

که در آن:

$v_i$ : وزن داده شده به ورودی  $i$

$u_r$ : وزن داده شده به خروجی  $r$

$w_p$ : وزن داده شده به متغیر میانجی  $p$

$X_{ij}$ : مقدار ورودی  $i$  از واحد  $j$

$Y_{rj}$ : مقدار خروجی  $r$  از واحد  $j$

$Z_{pj}$ : مقدار متغیر میانجی  $p$  از واحد  $j$

که در این مدل، محدودیت  $\sum_{r=1}^s u_r Y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i X_{ij} \leq 0$ ,  $j=1, \dots, n$  زاید بوده و می توان آن را از مدل حذف نمود. در ادامه فرم دوگان مدل (۳) به صورت زیر است:

$$E_k = \min \theta - \varepsilon \left( \sum_{i=1}^m s_i^v + \sum_{p=1}^q s_p^w + \sum_{r=1}^s s_r^u \right)$$

*s.t.*

$$\theta X_{ik} - \sum_{j=1}^n \alpha_j X_{ij} - \sum_{j=1}^n \beta_j X_{ij} - s_i^v = 0, \quad i = 1, 2, \dots, m,$$

$$\sum_{j=1}^n \beta_j Z_{pj} - \sum_{j=1}^n \gamma_j Z_{pj} - s_p^w = 0, \quad p = 1, 2, \dots, q, \quad (4)$$

$$\sum_{j=1}^n \alpha_j Y_{rj} - \sum_{j=1}^n \gamma_j Y_{rj} - s_r^u = Y_{rk}, \quad r = 1, 2, \dots, s,$$

$$\alpha_j, \beta_j, \gamma_j, s_i^v, s_p^w, s_r^u \geq 0, \quad j = 1, 2, \dots, n; \quad r = 1, 2, \dots, s; \quad i = 1, 2, \dots, m; \quad p = 1, 2, \dots, q,$$

$$u_r, v_i, w_p \geq \varepsilon \quad r = 1, 2, \dots, s; \quad i = 1, 2, \dots, m; \quad p = 1, 2, \dots, q.$$

در واقع حل مدل (۴) معادل این است که ابتدا مدل (۳) حل شود و مقدار  $\theta^*$  بهینه به دست آید و سپس مدل زیر حل شود که از طریق مدل (۵) می توان مجموعه های مرجع و همچنین مقادیر کمکی ورودی ها و خروجی ها را به دست آورد.

$$= \max \sum_{i=1}^m s_i^v + \sum_{p=1}^q s_p^w + \sum_{r=1}^s s_r^u$$

*s.t.*

$$\sum_{j=1}^n \alpha_j X_{ij} - \sum_{j=1}^n \beta_j X_{ij} + s_i^v = \theta^* X_{ik}, \quad i = 1, 2, \dots, m,$$

$$\sum_{j=1}^n \beta_j Z_{pj} - \sum_{j=1}^n \gamma_j Z_{pj} - s_p^w = 0, \quad p = 1, 2, \dots, q, \quad (5)$$

$$\sum_{j=1}^n \alpha_j Y_{rj} + \sum_{j=1}^n \gamma_j Y_{rj} - s_r^u = Y_{rk}, \quad r = 1, 2, \dots, s,$$

$$\alpha_j, \beta_j, \gamma_j, s_i^v, s_p^w, s_r^u \geq 0, \quad j = 1, 2, \dots, n; \quad r = 1, 2, \dots, s; \quad i = 1, 2, \dots, m; \quad p = 1, 2, \dots, q.$$

## ۲-۲ شاخص بهره وری مالیم کوئیست

امروزه، روش های اقتصادسنجی و برنامه ریزی خطی از مهم ترین روش های بررسی بهره وری عوامل تولید در واحدهای اقتصادی هستند. شاخص بهره وری مالیم کوئیست نیز از جمله ابزارهای موجود در روش های برنامه ریزی خطی برای سنجش بهره وری کل عوامل تولید است.

شاخص مالیم کوئیست، تفکیک بهره وری کل را به دو جز عمده ی آن؛ یعنی تغییرات تکنولوژیکی و تغییرات کارایی میسر ساخته است [۵]. این شاخص ابتدا در سال ۱۹۵۳ توسط شخصی به نام مالیم کوئیست در زمینه تئوری مصرف با استفاده از تابع فاصله بیان شد [۶]. سپس در سال ۱۹۸۲ توسط کیو و همکاران در چارچوب تئوری تولید مطرح گردید [۷]. سپس فار و همکارانش در سال ۱۹۹۲ برای محاسبه شاخص

مالم کوئیست از روش تحلیل پوششی داده‌ها استفاده کردند [۸]. بر این اساس مشخص گردید توابع مسافت عوامل تولید، همان معکوس مقادیر کارایی مورد نظر فارل می‌باشند که با لحاظ نمودن مقادیر کارایی حاصل از تحلیل پوششی داده‌ها محاسبه بهره‌وری به روش جدید امکان پذیر است در این روش شاخص مالم کوئیست بر اساس مقادیر کارایی که از طریق مدل تحلیل پوششی داده‌ها به دست می‌آید قابل محاسبه است. مزیت شاخص بهره‌وری حاصل از روش مالم کوئیست این است که این شاخص، رشد بهره‌وری را از طریق مقایسه نسبت خروجی به ورودی شرکت برای حرکت‌های مرز کارا محاسبه می‌کند. فرض کنید تعداد واحدهای تصمیم‌گیرنده برابر  $n$  بوده و  $X_j^t = (X_{1j}^t, \dots, X_{mj}^t)$  و  $Y_j^t = (Y_{1j}^t, \dots, Y_{mj}^t)$  به ترتیب بردارهای ورودی و خروجی واحد تصمیم‌گیرنده  $j$  ام در زمان  $t$  و  $X_j^{t+1} = (X_{1j}^{t+1}, \dots, X_{mj}^{t+1})$  و  $Y_j^{t+1} = (Y_{1j}^{t+1}, \dots, Y_{mj}^{t+1})$  به ترتیب بردارهای ورودی و خروجی واحد مزبور در زمان  $t+1$  می‌باشد ( $j=1, 2, \dots, n$ ). بر اساس شاخص بهره‌وری مالم کوئیست، رشد بهره‌وری واحد تصمیم‌گیرنده  $j$  ام در زمان  $t+1$  نسبت به  $t$  از یکی با روش‌های ذیل محاسبه می‌گردد [۹].

$$M_k = \left[ \frac{D_k^t(X_k^t, Y_k^t)}{D_k^{t+1}(X_k^{t+1}, Y_k^{t+1})} \times \frac{D_k^{t+1}(X_k^{t+1}, Y_k^{t+1})}{D_k^t(X_k^t, Y_k^t)} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (6)$$

$$M_k = \frac{D_k^{t+1}(X_k^{t+1}, Y_k^{t+1})}{D_k^t(X_k^t, Y_k^t)} \left[ \frac{D_k^t(X_k^t, Y_k^t)}{D_k^{t+1}(X_k^{t+1}, Y_k^{t+1})} \times \frac{D_k^t(X_k^t, Y_k^t)}{D_k^{t+1}(X_k^{t+1}, Y_k^{t+1})} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (7)$$

برای محاسبه شاخص بهره‌وری دو مرحله‌ای مانند روش قبل عمل کرده و تنها به جای مدل یک مرحله‌ای برای محاسبه توابع مسافت در دوره‌های زمانی مختلف، از مدل دومرحله‌ای استفاده می‌شود.

در ادامه، مدل‌هایی که برای محاسبه توابع مسافت در مدل دومرحله‌ای به کار می‌روند معرفی خواهند شد.

لازم به ذکر است که مدل‌های فوق، فرم دوگان توابع مسافت می‌باشند.

کارایی واحد تصمیم‌گیرنده  $k$  ام با مختصات لحظه  $t$  نسبت به مجموعه امکان تولید لحظه  $t$  از حل مساله

زیر به دست می‌آید:

$$E_k^t(X_k^t, Y_k^t) = \max \sum_{r=1}^s u_r Y_{rk}^t$$

*s.t.*

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

$$\sum_{p=1}^q w_p Z_{pj}^t - \sum_{i=1}^m v_i X_{ik}^t \leq 0, \quad j=1, \dots, n \quad (8)$$

$$\sum_{r=1}^s u_r Y_{rj}^t - \sum_{p=1}^q w_p Z_{pj}^t \leq 0, \quad j=1, \dots, n$$

$$u_r, v_i, w_p \geq \varepsilon, \quad r=1, \dots, s; \quad i=1, \dots, m; \quad p=1, \dots, q$$

فرض کنید  $(u_r^*, v_i^*, w_p^*)$  جواب بهینه‌ی مدل (۸) باشد. در چنین حالتی، کارایی مراحل اول و دوم و کارایی تجمعی واحد تصمیم گیرنده‌ی  $k$  ام در لحظه‌ی  $t$  نسبت به مجموعه امکان تولید لحظه  $t$  از رابطه‌ی (۹) حاصل می‌شود.

$$e_k^{\lambda,t}(t) = \frac{w^* Z_k^t}{v^* X_k^t}, e_k^{\gamma,t}(t) = \frac{u^* Y_k^t}{w^* X_k^t}, e_k^{\alpha,t}(t) = \frac{u^* Y_k^t}{v^* X_k^t} \quad (9)$$

کارایی واحد  $k$  ام با مختصات لحظه‌ی  $t$  نسبت به مجموعه امکان تولید لحظه  $t+1$  از حل مسأله‌ی موجود در رابطه‌ی (۱۰) قابل دسترسی خواهد بود.

$$E_k^{t+1}(X_k^t, Y_k^t) = \max \sum_{r=1}^s u_r Y_{rk}^t$$

*s.t.*

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

$$\sum_{p=1}^q w_p Z_{pj}^{t+1} - \sum_{i=1}^m v_i X_{ij}^{t+1} \leq 0, \quad j=1, \dots, n \quad (10)$$

$$\sum_{r=1}^s u_r Y_{rj}^{t+1} - \sum_{p=1}^q w_p Z_{pj}^{t+1} \leq 0, \quad j=1, \dots, n$$

$$u_r, v_i, w_p \geq \varepsilon, \quad r=1, \dots, s; \quad i=1, \dots, m; \quad p=1, \dots, q$$

فرض کنید  $(u_r^*, v_i^*, w_p^*)$  جواب بهینه‌ی مدل (۱۰) باشد. در این صورت، کارایی مراحل اول و دوم و همچنین کارایی تجمعی واحد تصمیم گیرنده‌ی  $k$  ام در لحظه‌ی  $t$  نسبت به مجموعه‌ی امکان تولید لحظه‌ی  $t+1$  از رابطه‌ی زیر حاصل می‌شود.

$$e_k^{\lambda,t+1}(t) = \frac{w^* Z_k^t}{v^* X_k^t}, e_k^{\gamma,t+1}(t) = \frac{u^* Y_k^t}{w^* X_k^t}, e_k^{\alpha,t+1}(t) = \frac{u^* Y_k^t}{v^* X_k^t} \quad (11)$$

کارایی واحد تصمیم گیرنده‌ی  $k$  ام با مختصات لحظه‌ی  $t+1$  نسبت به مجموعه امکان تولید لحظه‌ی  $t$  از حل مسأله‌ی زیر به دست می‌آید.

$$E_k^{t+1}(X_k^{t+1}, Y_k^{t+1}) = \max \sum_{r=1}^s u_r Y_{rk}^{t+1}$$

*s.t.*

$$\sum_{i=1}^m v_i X_{ik}^{t+1} = 1$$

$$\sum_{p=1}^q w_p Z_{pj}^t - \sum_{i=1}^m v_i X_{ij}^t \leq 0, \quad j=1, \dots, n, \quad (12)$$

$$\sum_{r=1}^s u_r Y_{rj}^t - \sum_{p=1}^q w_p Z_{pj}^t \leq 0, \quad j=1, \dots, n,$$

$$u_r, v_i, w_p \geq \varepsilon, \quad r=1, \dots, s; \quad i=1, \dots, m; \quad p=1, \dots, q.$$

فرض کنید  $(u_r^*, v_i^*, w_p^*)$  جواب بهینه‌ی مدل (۱۲) باشد. کارایی مراحل اول و دوم و کارایی تجمعی واحد تصمیم‌گیرنده‌ی  $k$  ام در لحظه‌ی  $t+1$  نسبت به مجموعه امکان تولید لحظه‌ی  $t$  از رابطه زیر حاصل می‌شود.

$$e_k^{\lambda, t}(t+1) = \frac{w^* Z_k^{t+1}}{v^* X_k^{t+1}}, e_k^{\tau, t}(t+1) = \frac{u^* Y_k^{t+1}}{w^* Z_k^{t+1}}, e_k^{a, t+1}(t+1) = \frac{u^* Y_k^{t+1}}{v^* X_k^{t+1}} \quad (13)$$

کارایی واحد تصمیم‌گیرنده‌ی  $k$  ام با مختصات لحظه‌ی  $t+1$  نسبت به مجموعه امکان تولید لحظه‌ی  $t+1$  از حل مسأله‌ی زیر به دست می‌آید.

$$E_k^{t+1}(X_k^{t+1}, Y_k^{t+1}) = \max \sum_{r=1}^s u_r Y_{rk}^{t+1} \\ s.t. \\ \sum_{i=1}^m v_i X_{ik}^{t+1} = 1 \\ \sum_{p=1}^q w_p Z_{pj}^{t+1} - \sum_{i=1}^m v_i X_{ij}^{t+1} \leq 0, j = 1, \dots, n, \\ \sum_{r=1}^s u_r Y_{rj}^{t+1} - \sum_{p=1}^q w_p Z_{pj}^{t+1} \leq 0, j = 1, \dots, n, \\ u_r, v_i, w_p \geq \varepsilon, r = 1, \dots, s; i = 1, \dots, m; p = 1, \dots, q. \quad (14)$$

فرض کنید  $(u_r^*, v_i^*, w_p^*)$  جواب بهینه‌ی مدل (۱۴) باشد. کارایی مراحل اول و دوم و کارایی تجمعی واحد تصمیم‌گیرنده‌ی  $k$  ام در لحظه‌ی  $t+1$  نسبت به مجموعه امکان تولید لحظه‌ی  $t+1$  از رابطه‌ی زیر حاصل می‌شود.

$$e_k^{\lambda, t+1}(t+1) = \frac{w^* Z_k^{t+1}}{v^* X_k^{t+1}}, e_k^{\tau, t+1}(t+1) = \frac{u^* Y_k^{t+1}}{w^* Z_k^{t+1}}, e_k^{a, t+1}(t+1) = \frac{u^* Y_k^{t+1}}{v^* X_k^{t+1}} \quad (15)$$

بنابراین، شاخص بهره‌وری مالم کوئیست مرحله اول در زمان‌های  $t+1$  نسبت به  $t$  از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید.

$$M_k^{\lambda} = \frac{E_k^{\lambda, t+1}(X_k^{t+1}, Y_k^{t+1})}{E_k^{\lambda, t}(X_k^t, Y_k^t)} \left[ \frac{E_k^{\lambda, t}(X_k^{t+1}, Y_k^{t+1})}{E_k^{\lambda, t+1}(X_k^{t+1}, Y_k^{t+1})} \times \frac{E_k^{\lambda, t}(X_k^t, Y_k^t)}{E_k^{\lambda, t+1}(X_k^t, Y_k^t)} \right]^{\frac{1}{\tau}} \quad (16)$$

در این شرایط، یکی از سه حالت زیر به وجود خواهد آمد.

الف) اگر  $M_k^{\lambda} > 1$  آنگاه مولفه اول واحد تصمیم‌گیرنده‌ی  $k$  ام در لحظه‌ی  $t+1$  نسبت به لحظه‌ی  $t$  پیشرفت دارد.

ب) اگر  $M_k^{\lambda} < 1$  آنگاه مولفه اول واحد تصمیم‌گیرنده‌ی  $k$  ام در لحظه‌ی  $t+1$  نسبت به لحظه‌ی  $t$  پسرفت دارد.



ج) اگر  $M_k^1 = 1$  آنگاه مولفه اول واحد تصمیم گیرنده  $k$  ام در لحظه  $t+1$  نسبت به لحظه  $t$  نه پیشرفت دارد نه پسرفت.

شاخص بهره وری مالم کوئیست مرحله دوم در زمان های  $t+1$  نسبت به  $t$  از رابطه زیر به دست می آید:

$$M_k^r = \frac{E_k^{r,t+1}(X_k^{t+1}, Y_k^{t+1})}{E_k^{r,t}(X_k^t, Y_k^t)} \left[ \frac{E_k^{r,t}(X_k^{t+1}, Y_k^{t+1})}{E_k^{r,t+1}(X_k^{t+1}, Y_k^{t+1})} \times \frac{E_k^{r,t}(X_k^t, Y_k^t)}{E_k^{r,t+1}(X_k^t, Y_k^t)} \right]^{\frac{1}{r}} \quad (17)$$

که در آن یکی از سه حالت زیر به وجود خواهد آمد:

الف) اگر  $M_k^r > 1$  آنگاه مولفه دوم واحد تصمیم گیرنده  $k$  ام در لحظه  $t+1$  نسبت به لحظه  $t$  پیشرفت دارد.

ب) اگر  $M_k^r < 1$  آنگاه مولفه دوم واحد تصمیم گیرنده  $k$  ام در لحظه  $t+1$  نسبت به لحظه  $t$  پسرفت دارد.

ج) اگر  $M_k^r = 1$  آنگاه مولفه دوم واحد تصمیم گیرنده  $k$  ام در لحظه  $t+1$  نسبت به لحظه  $t$  نه پیشرفت دارد و نه پسرفت.

شاخص بهره وری مالم کوئیست تجمعی در زمان های  $t+1$  نسبت به  $t$  از رابطه زیر به دست می آید.

$$M_k^r = \frac{E_k^{a,t+1}(X_k^{t+1}, Y_k^{t+1})}{E_k^{a,t}(X_k^t, Y_k^t)} \left[ \frac{E_k^{a,t}(X_k^{t+1}, Y_k^{t+1})}{E_k^{a,t+1}(X_k^{t+1}, Y_k^{t+1})} \times \frac{E_k^{a,t}(X_k^t, Y_k^t)}{E_k^{a,t+1}(X_k^t, Y_k^t)} \right]^{\frac{1}{r}} \quad (18)$$

در این حالت یکی از سه حالت زیر به وجود خواهد آمد:

الف) اگر  $M_k^a > 1$  آنگاه واحد تصمیم گیرنده  $k$  ام (تجمعی) در لحظه  $t+1$  نسبت به لحظه  $t$  پیشرفت دارد.

ب) اگر  $M_k^a < 1$  آنگاه واحد تصمیم گیرنده  $k$  ام (تجمعی) در لحظه  $t+1$  نسبت به لحظه  $t$  پسرفت دارد.

ج) اگر  $M_k^a = 1$  آنگاه واحد تصمیم گیرنده  $k$  ام (تجمعی) در لحظه  $t+1$  نسبت به لحظه  $t$  نه پیشرفت دارد و نه پسرفت.

همچنین شاخص بهره وری مالم کوئیست به دو جزء تقسیم می گردد، که اولین جزء؛ یعنی  $TEC$ ، تغییر در کارایی عملکردی را اندازه می گیرد و جزء دوم؛ یعنی  $FS$ ، جهش (انتقال) در مرز تکنولوژی میان دو دوره  $t$  و  $t+1$  را اندازه گیری می کند.  $TEC > 1$  بیانگر این است که کارایی واحد مورد نظر بیش تر شده و مقدار کوچک تر از ۱ نیز نشانگر کاهش مقدار کارایی آن واحد است. به علاوه، اگر کارایی واحد تغییری نکند  $TEC$  برابر با یک می باشد. به صورت مشابه،  $FS > 1$  نشان دهنده جهش مثبت یا پیشرفت تکنولوژی و مقدار کوچکتر از ۱ نیز نشانگر جهش منفی یا پسرفت تکنولوژی است. عدم جهش در مرز فناوری نیز با مقدار ۱ منعکس می شود [۱۰].

$$TEC = \frac{E_k^{t+1}(X_k^{t+1}, Y_k^{t+1})}{E_k^t(X_k^t, Y_k^t)} \quad (19)$$

$$FS = \left[ \frac{E_k^t(X_k^{t+1}, Y_k^{t+1})}{E_k^{t+1}(X_k^{t+1}, Y_k^{t+1})} \times \frac{E_k^t(X_k^t, Y_k^t)}{E_k^{t+1}(X_k^t, Y_k^t)} \right] \quad (20)$$

## ۳-۲ پیشنهادی تحقیق

از روش تحلیل پوششی داده‌ها در بخش‌ها و نهادهای مختلف دولتی و خصوصی برای اندازه‌گیری کارایی استفاده شده است. از این روش در خصوص صنعت گاز و پالایشگاه‌ها به طور موفقیت‌آمیزی در حوزه‌های مختلف استفاده شده است که در این بخش به معرفی و بررسی آن‌ها پرداخته می‌شود.

ایزدی [۱۱] در تحقیق خود به بررسی کارایی و بهره‌وری ۹ پالایشگاه کشور برای سال‌های ۱۳۸۶-۱۳۸۰ بر پایه‌ی مدل خروجی محور و نرم‌افزار Windeap با توجه به فرض بازده به مقیاس متغیر (VRS) پرداخته است. نتایج حاصل نشان‌گر این است که پالایشگاه تهران در سال‌های ۱۳۸۰ و ۱۳۸۱ و پالایشگاه بندرعباس در اکثر سال‌ها کم‌ترین میزان کارایی را داشته‌اند. همچنین از نظر بهره‌وری، تغییرات بهره‌وری کل از سال ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۶ روند ملایم افزایشی داشته است.

امامی میبیدی و همکاران [۱۲] در مقاله‌ای با عنوان اندازه‌گیری کارایی و بهره‌وری در پالایشگاه‌های گاز طبیعی ایران، به بررسی کارایی پالایشگاه‌ها و بهره‌وری آن‌ها توسط شاخص مالم کوئیست طی سال‌های ۸۳ تا ۸۹ پرداخته‌اند. طی این سال‌ها بهره‌وری کل عوامل تولید پالایشگاه‌ها به طور متوسط ۸/۲ درصد رشد منفی داشته است که دلیل اصلی آن رشد منفی ۸ درصدی در کارایی تکنولوژی می‌باشد.

دلیماسافر [۱۳] به ارزیابی کارایی انرژی در پالایشگاه‌های نفت خام برزیل در مقایسه با پالایشگاه نفت خام ایالات متحده در حدود سال ۲۰۰۸ پرداخته است. نتایج نشان می‌دهد که افزایش پیچیدگی پالایشگاه مصرف انرژی تولیداتی با ارزش افزوده‌ی بالا را کاهش می‌دهد. در این مورد، محصولاتی از قبیل سوخت جت، دیزل و بنزین نام برده شده است.

سوئیوشی و گوتو [۱۴] در مطالعه‌ی خود با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها به ارزیابی کارایی زیست محیطی در صنایع نفت و گاز پرداخته‌اند. در این مطالعه، خروجی‌های مدل به خروجی‌های مطلوب و خروجی‌های نامطلوب طبقه‌بندی شده است. علاوه بر این، واگذاری این صنعت به بخش خصوصی نیز مورد تحلیل قرار گرفته است. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که شرکت‌های نفت که تحت مالکیت دولت قرار دارند، نسبت به شرکت‌های نفت خصوصی دارای عدم کارایی بیشتری می‌باشند. گوها و همکاران [۱۵] با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها، کارایی شرکت‌های نفت و گاز را در کشور هند مورد بررسی قرار داده آن‌ها را رتبه‌بندی نموده‌اند. حسین‌زاده بندباف‌ها و همکاران [۱۶] مزارع دارای کود را با هدف کاهش مصرف انرژی مورد تحلیل قرار داده‌اند و سپس با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها و تعیین واحد کارآ پیشنهادها را جهت

کم شدن گازهای گلخانه‌ای ارایه نموده‌اند. نتایج مربوط به تحقیق آن‌ها نشان می‌دهد که دو واحد ناکارا با ضریب بهره‌وری  $۵۶/۶۷\%$  و  $۴۳/۳۳\%$  وجود دارند که در همین راستا نیز پیشنهادات مربوط به بهبود کارایی ارایه گردیده است.

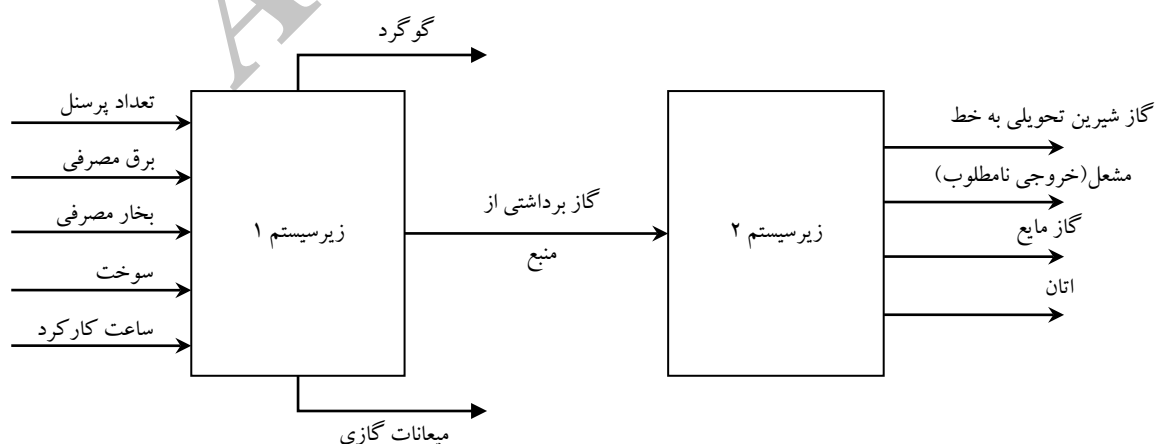
در پژوهشی دیگر و مرتبط با تحقیق جاری، امیر تیموری و همکاران [۱۷] تعداد ۲۵ شرکت گازی در ایران را با استفاده از مدل تحلیل پوششی شبکه‌ای بررسی نموده و واحدهای کارا را در هر برای ۵ سال متوالی معرفی نموده‌اند. سپس از روش کارآیی متقاطع واحدهای مذکور را رتبه‌بندی نموده‌اند.

### ۳ مدل مورد ارزیابی

در راستای معرفی فرآیند مورد ارزیابی و مدل پیشنهادی، نمایشی از فرآیند در شکل (۲) ارایه شده است که نشان دهنده‌ی ورودی‌ها و خروجی‌های فرآیند بوده و می‌تواند متغیرهای موجود در مدل را توصیف نماید. انتخاب ورودی‌ها و خروجی‌های صحیح برای تفسیر مؤثر و مورد قبول از نتایج تحلیل مدل توسط مدیریت و دیگر قسمت‌های سازمان لازم می‌باشد. در انتخاب متغیرهای ورودی و خروجی موارد ذیل مورد توجه بوده است:

- باید ارتباط مشخصی بین ورودی‌ها و خروجی‌ها برقرار باشد به این صورت که با افزایش یک ورودی افزایش یک یا چند خروجی قابل انتظار باشد.
- مقادیر تمام متغیرهای ورودی و خروجی در تمام واحدهای تحت بررسی و در دوره زمانی مثبت باشد.
- متغیرهای مورد بحث باید بر اساس اطلاعات دوره زمانی اخیر واحدهای تحت بررسی توسعه یابند.
- متغیرهای ورودی و خروجی منتخب باید از جامعیت کافی برای تبیین عملکرد واحد تحت بررسی برخوردار باشند.
- متغیرهای ورودی و خروجی منتخب باید با نگرش مدیریت در ارزیابی عملکرد واحدها همخوانی داشته باشد.

مقادیر متغیرها باید به گونه‌ای کنترل شود که به سادگی قابل دستکاری نباشد.



شکل ۲. ورودی‌ها و خروجی‌های مدل مورد مطالعه

فرآیند کل، با استفاده از  $m$  ورودی  $X_{ik}$ ، خروجی‌های پالایشگاه  $k$  ام را تولید می‌کند.  $p$  محصول میانی  $Z_{pk}$ ، خروجی‌های مرحله ۱ و نیز ورودی‌های مرحله ۲ می‌باشند. به علاوه  $Y_{rck}$ ، تعداد  $c$  خروجی مرحله‌ی اول می‌باشد که وارد مرحله دوم نمی‌شود.  $Y_{rk}$  نیز تعداد  $r$  خروجی نهایی یا همان خروجی مرحله‌ی دوم بوده و تعداد  $g$  واحد  $Y_{gk}$  به عنوان خروجی نامطلوب محاسبه می‌گردد. در اینجا برای افزایش خروجی مطلوب و کاهش خروجی نامطلوب، ابتدا خروجی‌های نامطلوب را در  $-1$  ضرب و سپس مقدار  $t_r$  را به آن‌ها اضافه می‌کنیم تا مقادیر مربوطه مثبت شده و رابطه‌ی زیر برقرار گردد [مهرگان ۶]:

$$Y_{ij}^{-b} = -Y_{ij}^b + t_r > 0 \quad (21)$$

که در آن  $Y_{ij}^b$  نمایانگر خروجی نامطلوب و همان مقدار  $Y_{rgk}$  در این پژوهش می‌باشد. مقدار  $t_r$  را نیز می‌توان از رابطه‌ی  $t_r = \max\{Y_{ij}^b\} + 1$  به دست آورد. در ادامه، مدل مورد استفاده در این تحقیق برای اندازه‌گیری کارایی فنی پالایشگاه  $k$  ام به صورت زیر می‌باشد:

$$\begin{aligned} &= \max \sum_{r=1}^s u_r Y_{rk} + \sum_{g=1}^h u_g Y_{gk} + \sum_{c=1}^d u_c Y_{ck} \\ &st. \\ &\sum_{i=1}^m v_i X_{ik} = 1 \\ &\sum_{r=1}^s u_r Y_{rk} + \sum_{g=1}^h u_g Y_{gk} + \sum_{c=1}^d u_c Y_{ck} - \sum_{i=1}^m v_i X_{ij} \leq 0, \quad j = 1, \dots, n, \\ &\sum_{c=1}^d u_c Y_{ck} + \sum_{p=1}^q w_p Z_{pj} - \sum_{i=1}^m v_i X_{ij} \leq 0, \quad j = 1, \dots, n, \\ &u_r, u_g, u_c, v_i, w_p \geq \varepsilon, \quad r = 1, \dots, s; \quad i = 1, \dots, m; \quad p = 1, \dots, q; \quad g = 1, \dots, h; \quad c = 1, \dots, d. \end{aligned} \quad (22)$$

فرم نهایی دوگان مدل (۲۳) به صورت زیر خواهد بود:

$$\begin{aligned} E_k &= \max \sum_{i=1}^m s_i^v + \sum_{p=1}^q s_p^w + \sum_{r=1}^s s_r^{u_1} + \sum_{g=1}^h s_g^{u_r} + \sum_{c=1}^d s_c^{u_r} \\ &st. \\ &\sum_{j=1}^n \alpha_j X_{ij} + \sum_{j=1}^n \beta_j X_{ij} + s_i^v = \theta^* X_{ik}, \quad i = 1, \dots, m \\ &\sum_{j=1}^n \beta_j Z_{pj} - \sum_{j=1}^n \gamma_j Z_{pj} - s_p^w = 0, \quad p = 1, \dots, q \\ &\sum_{j=1}^n \alpha_j Y_{rj} + \sum_{j=1}^n \gamma_j Y_{rj} - s_r^{u_1} = Y_{rk}, \quad r = 1, \dots, s \end{aligned} \quad (23)$$

$$\sum_{j=1}^n \alpha_j Y_{r gj} + \sum_{j=1}^n \gamma_j Y_{r gj} - s_g^{ur} = Y_{r gk}, \quad g = 1, \dots, h$$

$$\sum_{j=1}^n \alpha_j Y_{r cj} + \sum_{j=1}^n \beta_j Y_{r cj} - s_c^{ur} = Y_{r ck}, \quad c = 1, \dots, d$$

$$\alpha_j, \beta_j, \gamma_j, s_i^v, s_p^w, s_r^u, s_g^{ur}, s_c^{ur} \geq 0$$

$$i = 1, \dots, n; \quad r = 1, \dots, s; \quad g = 1, \dots, h; \quad c = 1, \dots, d; \quad p = 1, \dots, q$$

با حل مدل‌های فوق به تعداد پالایشگاه‌های نمونه، نمره‌ی کارایی هر پالایشگاه، واحدهای کارا و ناکارا، واحدهای مرجع، مقادیر کمکی ورودی‌ها یا خروجی‌ها و مقادیر بهینه‌ی نهاده و محصول به دست می‌آید. همچنین، می‌توان مدل پیشنهادی را با مالم کوئست ترکیب نموده و بر همین اساس مقادیر بهره‌وری را برای پالایشگاه‌ها محاسبه نمود.

#### ۴ تجزیه و تحلیل نتایج تحقیق

##### ۴-۱ بررسی میزان کارایی پالایشگاه‌ها

پس از تعیین مهم‌ترین معیارها برای ارزیابی کارایی پالایشگاه‌ها و در نظر گرفتن آن‌ها به عنوان ورودی و خروجی با استفاده از اطلاعات جمع‌آوری شده، وضعیت هر پالایشگاه مشخص شده است. در این راستا، جدول (۱) و (۲) معیارهای ورودی، میانجی و خروجی را نشان می‌دهد. این داده‌ها متعلق به سال ۱۳۹۲ بوده و داده‌های مربوط به سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ به دلیل تعدد نمایش داده نشده‌اند.

پس از جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز، با روش دو مرحله‌ای میزان کارایی پالایشگاه‌ها برای هر یک از سال‌های ۹۲-۹۴ محاسبه شده است. در مجموع، نتایج ارزیابی کارایی با گرایش ورودی محور در جدول (۳) خلاصه شده است.

جدول ۱. داده‌های ورودی پالایشگاه‌های مورد مطالعه سال ۱۳۹۲

معیارها	ردیف	مجتمع گاز پارس جنوبی						پارسیان	شهید هاشمی نژاد	بید بلند	سرخون و قشم	ایلام
		پالایشگاه اول (عسلویه فاز ۱)	پالایشگاه دوم (عسلویه فاز ۲ و ۳)	پالایشگاه سوم (عسلویه فاز ۴ و ۵)	پالایشگاه چهارم (عسلویه فاز ۶ و ۷ و ۸)	پالایشگاه پنجم (عسلویه فاز ۹ و ۱۰)	فجر جم					
تعداد پرسنل	۹۲	۹۶۳۶	۲۲۱۶۲	۲۲۳۰۸	۱۹۳۷۳	۲۲۲۸۷	۳۷۸۶۱	۱۵۹۸۴	۲۵۹۴۳	۱۸۵۹۰	۱۲۱۱۳	۱۲۲۸۵
برق مصرفی	۹۲	۸۳۲۶۱	۷۷۳۱۳۹	۶۹۸۰۴۸	۰	۰	۱۶۸۳۲۲	۳۸۰۵۳	۹۳۹۷	۳۳۷۲۶	۱۶۸۰۷	۸۳۶۰۲
بخار مصرفی	۹۲	۲۳۷۹۵۲	۲۳۳۱۷۸۶	۲۹۷۳۳۹۸	۱۶۹۸۸۵۶	۳۱۴۷۹۶	۲۳۳۲۶۵۲	۰	۳۳۰۴۷۶۶	۱۰۱۹۱۷۲	۰	۶۰۸۳۲۱
سوخت	۹۲	۱۹۱	۵۲۷	۹۲۵	۱۹۴	۸۰۵	۲۴۱	۸۱	۴۲۸	۸۹	۳۸	۹۰
ساعت کارکرد	۹۲	۲۵۵۰۴۲۴	۵۷۹۰۲۹۸	۵۷۸۸۲۵۰	۶۷۰۹۷۵۳	۵۸۱۰۵۹۲	۸۷۹۸۲۳۳	۳۵۲۳۲۷۵	۵۵۳۷۶۸۵	۵۳۵۲۳۳۱	۲۱۹۶۹۳۷	۲۳۴۵۴۰۶

جدول ۲. داده‌های خروجی و میانجی پالایشگاه‌های مورد مطالعه سال ۱۳۹۲

نوع خروجی	معیارها	نرد	مجتمع گاز پارس جنوبی					فجر جم	پارسیان	شهید هاشمی نژاد	بید بلند	سرخون و قشم	ایلام
			پالایشگاه اول عسلویه (فاز ۱)	پالایشگاه دوم عسلویه (فاز ۲ و ۳)	پالایشگاه سوم عسلویه (فاز ۴ و ۵)	پالایشگاه چهارم عسلویه (فاز ۶ و ۷ و ۸)	پالایشگاه پنجم عسلویه (فاز ۹ و ۱۰)						
Y <sub>1</sub>	گاز شیرین تحویلی به خط	۹۲	۹۴۶۸	۲۰۰۳۴	۱۸۷۱۸	۰	۱۸۹۵۸	۳۱۱۹۰	۲۳۷۲۳	۱۴۹۹۰	۷۵۰۱	۴۶۸۸	۱۳۶۱
	گاز مایع LPG اتان	۹۲	۰	۰	۳۸۴۷۲۲	۳۶۲۲۱۷	۲۲۵۲۷۹	۱۴۱۴۲	۰	۰	۰	۳۰۶۹۴	۰
	مشعل	۹۲	۰	۰	۷۲۱۱۵۲	۰	۷۳۱۱۹۶	۰	۰	۰	۰	۰	۰
Y <sub>2</sub>	میعانات گازی	۹۲	۱۳۶	۳۲۹	۱۸۲	۱۵۲	۱۸۲	۰	۵۸	۱۰۶	۶۲	۱۳	۱۱
	گوگرد	۹۲	۱۷۸۲۲۱۹	۴۰۸۳۳۸۳	۴۴۱۶۱۹۵	۵۴۱۹۴۳۷	۴۵۹۶۹۷۷	۱۵۳۸۹۵	۱۶۱۷۹	۱۷۲۵۵۱	۰	۳۷۶۰۷۶	۳۰۶۶۳
Z	گاز برداشت از مخزن	۹۲	۴۸۲۲۵	۱۳۵۲۲۵	۹۶۷۷۸	۰	۵۱۶۵۶	۰	۰	۶۳۴۷۹۰	۰	۰	۱۰۲۳۲
		۹۲	۸۴۹۰	۱۹۲۰۲	۲۱۱۳۹	۶۵۴۸	۱۹۱۶۶	۲۸۵۷۶	۲۴۰۹۶	۱۵۴۵۶	۳۷۷۷	۴۷۹۵	۱۵۰۲

**جدول ۳.** مقادیر کارآیی پالایشگاه‌ها در سال‌های ۱۳۹۲ الی ۱۳۹۴

ردیف	پالایشگاه	نمره کارایی		
		۹۴	۹۳	۹۲
۱	پالایشگاه اول عسلویه ( فاز ۱ )	۰/۸۱۹	۰/۹۷۲	۱
۲	پالایشگاه دوم عسلویه ( فاز ۲ و ۳ )	۱	۱	۱
۳	پالایشگاه سوم عسلویه ( فاز ۴ و ۵ )	۰/۹۹۴	۰/۹۹۴	۱
۴	پالایشگاه چهارم عسلویه ( فاز ۶ و ۷ و ۸ )	۱	۱	۱
۵	پالایشگاه پنجم عسلویه ( فاز ۹ و ۱۰ )	۱	۱	۱
۶	فجر جم	۰/۳۴۰	۰/۳۳۹	۰/۳۲۵
۷	پارسیان	۱	۱	۱
۸	شهید هاشمی نژاد	۱	۱	۱
۹	بید بلند	۰/۱۹۲	۰/۱۹۹	۰/۱۷۲
۱۰	سرخون و قشم	۰/۵۶۸	۰/۶۸۳	۰/۵۲۶
۱۱	ایلام	۰/۴۹۳	۰/۴۶۵	۰/۲۲۲

واحدهایی که نمره‌ی کارایی ۱ را اخذ کرده باشند به عنوان واحدهای کارا شناخته شده و سایر واحدها نیز ناکارا خوانده می‌شوند. با توجه به جدول (۳) نتایج زیر قابل استخراج است:

نتایج سال ۱۳۹۲: همان طور که در جدول فوق مشاهده می‌شود، به غیر از واحدهای سرخون و قشم، ایلام، فجر جم و بید بلند مابقی واحدها کارا بوده‌اند. که این امر به علت کم بودن میزان تعداد پالایشگاه‌های مورد مقایسه در برابر ورودی‌ها و خروجی‌ها و همچنین عدم وجود یکسری از ورودی‌ها و خروجی‌ها در برخی از واحدها می‌باشد. اگر در آینده واحدهایی را بتوان به مدل اضافه نمود، میزان دقت مدل در محاسبه کارایی واحدها افزایش خواهد یافت.

نتایج سال ۱۳۹۳: همان طور که در جدول فوق مشاهده می‌شود، عملکرد پالایشگاه‌های دوم، چهارم و پنجم عسلویه، پارسیان و شهید هاشمی نژاد نسبت به سایر واحدها مطلوب‌تر است و این واحدها کارا هستند و سایر واحدها ناکارا می‌باشند. وضعیت کارایی پالایشگاه‌های اول و سوم عسلویه بهتر از مابقی واحدهای ناکاراست و ۴ واحد باقیمانده وضعیت مناسبی ندارند. واحدهای کارا توانسته‌اند با استفاده درست از ورودی‌ها به مرز کارا دست یافته و خروجی‌های مطلوب‌تری تولید نمایند.

نتایج سال ۱۳۹۴: همانند سال ۹۳، پالایشگاه‌های دوم، چهارم و پنجم عسلویه، پارسیان و شهید هاشمی نژاد بر اساس نتایج جدول، کارا هستند؛ البته واحدهای اول و سوم عسلویه با استفاده درست از ورودی‌های خود توانسته‌اند به مرز کارا نزدیک شود.

#### ۴-۲ رتبه‌بندی پالایشگاه‌ها

واحدهای کارا واحدهایی هستند که امتیاز کارایی آن‌ها برابر ۱ بوده و به صورت مشابه نیز واحدهای غیر کارا امتیاز کارایی کم‌تر از ۱ دارند. واحدهای ناکارا بر اساس امتیاز کسب شده قابل رتبه‌بندی هستند ولیکن،



واحدهای کارا با توجه به امتیاز کسب شده و با روش اندرسون پیترسون رتبه بندی شده‌اند. در این روش به ازای هر واحد کارا، یکی از مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها، بدون محدودیت مربوط به آن واحد و همچنین حذف متغیر بازده به مقیاس مدل حل می‌شود. آنگاه پس از حل مدل‌ها، همه واحدها را با هم مقایسه کرده و نتایج خروجی؛ یعنی مقدار جواب بهینه، تعیین کننده رتبه‌ی واحدها از بیش‌ترین به کم‌ترین است. برای مدل مورد بررسی نیز باید از طریق حذف  $k$  آمین محدودیت در محدودیت‌ها، به محاسبه‌ی شاخص اندرسون پیترسون (AP) پرداخته شود.

(۲۴)

$$E_k = \max \sum_{r=1}^s u_r Y_{rk} + \sum_{g=1}^h u_{rg} Y_{rgk} + \sum_{c=1}^d u_{rc} Y_{rck}$$

*s.t.*

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

$$\sum_{r=1}^s u_r Y_{rk} + \sum_{g=1}^h u_{rg} Y_{rgk} + \sum_{c=1}^d u_{rc} Y_{rck} - \sum_{i=1}^m v_i X_{ij} \leq 0, \quad j=1, \dots, n, \quad j \neq k$$

$$\sum_{c=1}^d u_{rc} Y_{rck} + \sum_{p=1}^q w_p Z_{pj} - \sum_{i=1}^m v_i X_{ij} \leq 0, \quad j=1, \dots, n, \quad j \neq k$$

$$\sum_{r=1}^s u_r Y_{rk} + \sum_{g=1}^h u_{rg} Y_{rgk} - \sum_{p=1}^q w_p Z_{pj} \leq 0, \quad j=1, \dots, n, \quad j \neq k$$

$$u_r, u_{rg}, u_{rc}, v_i, w_p \geq \varepsilon, \quad r=1, \dots, s; \quad i=1, \dots, m; \quad p=1, \dots, q; \quad g=1, \dots, h; \quad c=1, \dots, d$$

جواب نهایی مدل (۲۴) در جدول (۴) نمایش داده شده است.

جدول ۴. رتبه‌ی واحدها پس از اجرای مدل اندرسون پیترسون (AP)

ردیف	پالایشگاه	رتبه پالایشگاه‌ها		
		۹۲	۹۳	۹۴
۱	پالایشگاه اول عسلویه (فاز ۱)	۵	۷	۷
۲	پالایشگاه دوم عسلویه (فاز ۲ و ۳)	۷	۵	۵
۳	پالایشگاه سوم عسلویه (فاز ۴ و ۵)	۶	۶	۶
۴	پالایشگاه چهارم عسلویه (فاز ۶ و ۷ و ۸)	۳	۴	۴
۵	پالایشگاه پنجم عسلویه (فاز ۹ و ۱۰)	۱	۱	۱
۶	فجر جم	۹	۱۰	۱۰
۷	پارسیان	۴	۳	۳
۸	شهید هاشمی نژاد	۲	۲	۲
۹	بید بلند	۱۱	۱۱	۱۱
۱۰	سرخون و قشم	۸	۹	۸

رتبه پالایشگاه ها			پالایشگاه	ردیف
۹۴	۹۳	۹۲		
۹	۸	۱۰	ایلام	۱۱

#### ۳-۴ محاسبه مقادیر مازاد ورودی و کمبود خروجی

میزان مازاد ورودی ( $S_i^v$ ) پالایشگاه ها مربوط به سال ۱۳۹۲ در جدول (۵) نشان داده شده است. به دلیل کثرت داده ها از آوردن اطلاعات مربوط به سال های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ خودداری شده است.

جدول ۵. مقادیر مازاد ورودی ها در سال ۹۲

ردیف	پالایشگاه	$S_1^v$	$S_2^v$	$S_3^v$	$S_4^v$	$S_5^v$
۱	پالایشگاه اول عسلویه (فاز ۱)	۰	۰	۰	۰	۰
۲	پالایشگاه دوم عسلویه (فاز ۲ و ۳)	۰	۰	۰	۰	۰
۳	پالایشگاه سوم عسلویه (فاز ۴ و ۵)	۰	۰	۰	۰	۰
۴	پالایشگاه چهارم عسلویه (فاز ۶ و ۷ و ۸)	۰	۰	۰	۰	۰
۵	پالایشگاه پنجم عسلویه (فاز ۹ و ۱۰)	۰	۰	۰	۰	۰
۶	فجر جم	۳۲۵/۵	۳۰۸۵۳/۴	۶۱۰۶۰۰/۲	۰	۰/۰۱۷
۷	پارسیان	۰	۰	۰	۰	۰
۸	شهید هاشمی نژاد	۰	۰	۰	۰	۰
۹	بید بلند	۴۶۹/۷	۰	۱۵۰۰۰۴/۹	۰	۲۸۲۹۴۲/۶
۱۰	سرخون و قشم	۲۶۵۹/۶	۰/۲۲۴	۰	۰/۱۷۱	۳۳۷۲۷۳/۷
۱۱	ایلام	۸۲۸	۱۵۸۳۳/۳	۱۳۱۳۶/۲	۰	۰

که در آن،  $S_1^v$  میزان مازاد ورودی ۱،  $S_2^v$  میزان مازاد ورودی ۲،  $S_3^v$  میزان مازاد ورودی ۳ و  $S_4^v$  و  $S_5^v$  نیز به ترتیب میزان مازاد ورودی های ۴ و ۵ می باشند.

از مقادیر کمبود و مازاد می توان در تشخیص واحدهای کارای ضعیف یا پاراتو بودن و همچنین در محاسبه- ی مقادیر بهینه ی ورودی ها و خروجی ها استفاده کرد. اگر واحدی دارای کارایی ۱ باشد و دارای مازاد ورودی یا کمبود خروجی باشد، آن واحد "کارای ضعیف" است و اگر واحدی با کارایی ۱ با مقادیر صفر مازاد ورودی و کمبود خروجی باشد، "کارای قوی" یا "پارتو" می باشد. جدول (۶) نتایج مربوط به این تحلیل را خلاصه نموده است.

جدول ۶. مقادیر کمبود خروجی ها در سال ۱۳۹۲

ردیف	پالایشگاه	$S_1^{u_1}$	$S_2^{u_1}$	$S_3^{u_1}$	$S_4^{u_1}$	$S_5^{u_1}$	$S_6^{u_1}$
۱	پالایشگاه اول عسلویه (فاز ۱)	۰	۰	۰	۲۷۱۰۲۰	۸۳۵۰۰	۰
۲	پالایشگاه دوم عسلویه (فاز ۲ و ۳)	۰	۰	۲۱۳/۲۸	۶۹۲۷۱/۲	۲۱۳۴۳۴	۰

ردیف	پالایشگاه	$S_1^D$	$S_1^{H_1}$	$S_2^{H_1}$	$S_3^{H_1}$	$S_1^{H_2}$	$S_1^{H_3}$	$S_2^{H_3}$
۳	پالایشگاه سوم عسلویه (فاز ۴ و ۵)	.	.	.	.	.	.	.
۴	پالایشگاه چهارم عسلویه (فاز ۶ و ۷ و ۸)	.	.	.	.	.	.	.
۵	پالایشگاه پنجم عسلویه (فاز ۹ و ۱۰)	.	.	.	.	.	.	.
۶	فجر جم	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۰۸	۰/۰۰۰۸	۰/۰۱۳	۷۹۱/۳۶	۷۰۶/۶۴
۷	پارسیان	.	.	۲۸۳۰۱۲/۳	۹۰۰۱۸۶/۶	.	.	.
۸	شهید هاشمی نژاد	.	.	۱۹۱۴۱۸/۵	۵۵۹۸۸۸/۶	.	.	.
۹	بید بلند	.	.	.	.	۳۲۸۵۰۱/۱	۳/۵	.
۱۰	سرخون و قشم	.	.	۵۹۷۵۶/۶۵	۱۳۴۵۵۵/۷	۰/۰۰۰۳	.	.
۱۱	ایلام	.	.	۵۵/۴	۴/۴۳	.	.	.

در این جدول،  $S_1^D$  میزان کمبود متغیر میانجی،  $S_1^{H_1}$ ،  $S_2^{H_1}$  و  $S_3^{H_1}$  مقادیر کمبود خروجی‌های مرحله‌ی دوم (نهایی)،  $S_1^{H_2}$  میزان کمبود خروجی نامطلوب و  $S_2^{H_2}$  و  $S_3^{H_2}$  میزان کمبود خروجی‌های مرحله اول می‌باشند. با توجه به اینکه از روی مقادیر  $S$  می‌توان به کارای قوی و ضعیف بودن واحدهای کارا پی برد، از جداول (۵) و (۶) نتیجه می‌شود که در سال ۱۳۹۲ پالایشگاه‌های فاز ۴ تا ۱۰ عسلویه کارای قوی هستند و پالایشگاه‌های فاز ۱ تا ۳ عسلویه و پالایشگاه‌های پارسیان و شهید هاشمی نژاد کارای ضعیف می‌باشند. در سال ۱۳۹۳ نیز فازهای ۶ تا ۱۰ پالایشگاه عسلویه کارای قوی بوده و پالایشگاه‌های ۲ و ۳ عسلویه و پارسیان و شهید هاشمی نژاد کارای ضعیف هستند. همچنین شرایط سال ۱۳۹۴ مانند سال ۱۳۹۳ می‌باشد.

#### ۴-۴ بررسی تغییرات بهره‌وری کل با استفاده از شاخص مالِم کوئیست

در جداول زیر نتایج محاسبات حاصل از حل معادلات (۱۶) تا (۲۰) به دست آمده است که از این طریق میزان تغییرات کارایی، تکنولوژی و بهره‌وری کل واحدها در سال‌های متوالی حاصل شده است.

جدول ۷. شاخص بهره‌وری مالِم کوئیست مرحله‌ی اول، دوم و تجمعی در سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳

ردیف	پالایشگاه	مرحله اول			مرحله دوم			تجمعی		
		$M_1$	$FS_1$	$TEC_1$	$M_2$	$FS_2$	$TEC_2$	$M_a$	$FS_a$	$TEC_a$
۱	فاز ۱ عسلویه	۱/۱۹	۰/۷۵	۱/۵۸	۱/۹۰	۰/۶۳	۳/۰۱	۱/۱۸	۰/۷۵	۱/۵۷
۲	فاز ۲ و ۳ عسلویه	۱/۵۵	۰/۷۴	۲/۱۱	۱/۱۷	۰/۹۷	۱/۲۱	۱/۵۶	۰/۷۴	۲/۱۲
۳	فاز ۴ و ۴ عسلویه	۱/۴۷	۰/۷۰	۲/۱۰	۰/۱۶	۵/۲۹	۰/۰۳	۱/۲۸	۰/۸۷	۱/۴۸
۴	فاز ۶، ۷ و ۸ عسلویه	۱/۳۵	۰/۹۱	۱/۵	۰/۳۲	۰/۸۳	۰/۳۹	۱/۳۲	۰/۹۴	۱/۴۱
۵	فاز ۹ و ۱۰ عسلویه	۰/۹۸	۰/۸۳	۱/۱۸	۰/۲۶	۱/۱	۰/۲۴	۰/۸۶	۰/۸۹	۰/۹۷
۶	فجر جم	۱/۶۶	۰/۵۷	۲/۹۳	۱/۰۸	۰/۲۹	۳/۶۹	۱/۴۸	۰/۶۰	۲/۴۷
۷	پارسیان	۱/۲۵	۰/۷۷	۱/۶۳	۱/۱۷	۰/۶۷	۱/۷۴	۱/۳۶	۰/۷۱	۱/۹۲

ردیف	پالایشگاه	مرحله اول			مرحله دوم			تجمعی		
		$M_1$	$FS_1$	$TEC_1$	$M_2$	$FS_2$	$TEC_2$	$M_a$	$FS_a$	$TEC_a$
۸	شهید هاشمی نژاد	۳/۱۳	۰/۳۰	۱۰/۷۳	۰/۷۰	۱/۲۲	۰/۵۷	۳/۱۶	۰/۲۹	۱۰/۸۹
۹	بید بلند	۹/۶۲	۰/۱۰	۹۳/۸۳	۱/۳۷	۰/۷۵	۱/۸۳	۱۳/۲۵	۰/۰۸	۱۷۱/۲۳
۱۰	سرخون و قشم	۱/۳۹	۰/۶۱	۲/۲۸	۰/۴۲	۱/۱۹	۰/۳۵	۱/۲۶	۰/۶۰	۲/۱۱
۱۱	ایلام	۳/۱۶	۰/۴۲	۷/۵۲	۰/۰۷۶	۰/۹۸	۰/۰۸	۳/۰۴	۰/۴۲	۷/۲۹

جدول ۸. شاخص بهره وری مالم کوئیست مرحله ی اول، دوم و تجمعی در سال های ۹۳ و ۹۴

ردیف	پالایشگاه	مرحله اول			مرحله دوم			تجمعی		
		$M_1$	$FS_1$	$TEC_1$	$M_2$	$FS_2$	$TEC_2$	$M_a$	$FS_a$	$TEC_a$
۱	فاز ۱ عسلویه	۱/۰۱	۰/۵۷	۱/۷۷	۱/۳۰	۰/۵۲	۲/۵۰	۰/۹۱	۰/۶۲	۱/۴۷
۲	فاز ۲ و ۳ عسلویه	۱/۳۴	۰/۶۹	۱/۹۳	۰/۷۷	۱/۴۵	۰/۵۳	۱/۳۴	۰/۶۹	۱/۹۴
۳	فاز ۴ و ۴ عسلویه	۱/۴۳	۰/۶۳	۲/۲۶	۰/۱۸	۶/۸۸	۰/۰۳	۱/۲۰	۰/۷۸	۱/۵۴
۴	فاز ۶، ۷ و ۸ عسلویه	۱/۲۲	۰/۸۸	۱/۳۸	۰/۳۸	۶/۶۴	۰/۰۶	۱/۱۸	۰/۹۲	۱/۲۹
۵	فاز ۹ و ۱۰ عسلویه	۱/۲۹	۰/۶۸	۱/۹۱	۰/۴۵	۷/۳۸	۰/۰۶	۱/۱۱	۰/۸۶	۱/۳۰
۶	فجر جم	۱/۴۳	۰/۴۸	۲/۹۶	۰/۹۷	۱/۲۲	۰/۸۰	۱/۴۴	۰/۴۹	۲/۹۵
۷	پارسیان	۱/۲۵	۰/۸۱	۱/۵۵	۱/۱۸	۰/۴۴	۲/۷۲	۱/۳۵	۰/۷۱	۱/۹۱
۸	شهید هاشمی نژاد	۳/۸۶	۰/۳۴	۱۱/۴۷	۰/۶۴	۰/۶۶	۰/۹۷	۳/۹۰	۰/۳۳	۱۱/۷۸
۹	بید بلند	۱۵/۰۶	۰/۰۸۷	۱۷۱/۴۴	۰/۷۹	۰/۸۳	۰/۹۵	۱۱/۹۷	۰/۰۷	۱۶۳/۰۱
۱۰	سرخون و قشم	۱/۳۴	۰/۴۰	۳/۳۶	۱/۰۲	۱/۵۲	۰/۶۷	۱/۳۹	۰/۴۴	۳/۲۱
۱۱	ایلام	۱/۷۵	۰/۴۹	۳/۶۰	۱/۳۶	۰/۹۶	۱/۴۱	۱/۷۶	۰/۴۹	۳/۶۳

با توجه به مقادیر به دست آمده برای تغییرات کارایی (TEC)، تغییرات تکنولوژی (FS) و تغییرات بهره وری کل، اگر میزان این مقادیر کم تر از ۱ باشد، روند کاهش در زمینه کارایی یا تکنولوژی در سال های متوالی وجود دارد و اگر این مقدار بزرگ تر از ۱ باشد، کارایی یا تکنولوژی در طی سال های متوالی روند افزایشی دارد، همچنین اگر این مقدار برابر ۱ باشد؛ یعنی تغییری در سال های متوالی رخ نداده است. به عنوان مثال فاز ۱ پالایشگاه عسلویه طی سال های ۹۲ تا ۹۳ در مرحله ی اول تولید در جهت عملکرد کارایی پیشرفت داشته، زیرا مقدار  $TEC_1$  برابر ۱/۵۸ شده است.  $FS_1$  این پالایشگاه برابر ۰/۷۵ شده است که نتیجه می دهد تغییرات تکنولوژی سال ۹۳ نسبت به سال ۹۲ کاهش داشته است و در کل تغییرات بهره وری با میزانی برابر ۱/۱۹ نشان می دهد که بهره وری در سال ۹۳ نسبت به سال ۹۲ پیشرفت داشته است.

در مرحله ی دوم و تجمعی نیز عملکرد کارایی پیشرفت داشته؛ ولی در راستای تکنولوژی کاهش دارد و در کل تغییرات بهره وری سال ۹۳ نسبت به سال ۹۲ پیشرفت داشته است. در کل، در بازه زمانی ۹۳-۹۲ یک شرکت

با کاهش بهره‌وری وجود دارد (فاز ۹ و ۱۰ پالایشگاه عسلویه) و در بازه زمانی ۹۴-۹۳ هم یک شرکت دچار کاهش بهره‌وری شده است (فاز ۱ پالایشگاه عسلویه).

## ۵ نتیجه‌گیری و فعالیت‌های آتی

در این تحقیق، میزان کارایی در پالایشگاه‌های گاز ایران با استفاده از تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها مورد ارزیابی قرار گرفتند. در این راستا، تعداد ۱۱ پالایشگاه برای بررسی انتخاب شده و داده‌های مرتبط با آن‌ها جمع‌آوری گردید. پس از آن به بررسی معیارهای لازم برای سنجش کارایی پالایشگاه‌ها پرداخته شد که بدین وسیله معیارها به دو دسته کلی ورودی و خروجی پالایشگاه تقسیم گردیدند. داده‌های جمع‌آوری شده و ساختار موجود در میان آن‌ها مشخص نمود که مدل تحلیل پوششی داده‌های مناسب در این مطالعه از نوع دو مرحله‌ای می‌باشد. همچنین برخی از داده‌ها به عنوان خروجی نامطلوب ظاهر شدند و برخی وارد مرحله دوم نشدند که در نهایت با بررسی‌ها و تحقیقات به عمل آمده مدل مورد نظر با این پژوهش طراحی گردید. پس از انجام محاسبات، فاز ۹ و ۱۰ پالایشگاه عسلویه به عنوان کاراترین واحد شناسایی گردید. به علت آنکه داده‌های مورد ارزیابی مربوط به سه سال متوالی ۱۳۹۲ الی ۱۳۹۴ می‌باشند، برای بررسی پیشرفت یا پسرفت کارایی و تکنولوژی پالایشگاه‌ها و تغییرات بهره‌وریشان در طی سال‌های بیان شده از شاخصی به عنوان شاخص مالم کوئیست برای ارزیابی بهره‌وری و تغییرات کارایی و تکنولوژی پالایشگاه‌ها در طی سال‌های ۹۳-۹۲ و ۹۴-۹۳ استفاده شده است که با احتساب معیار مالم کوئیست، ۱۰ واحد در سال‌های مذکور با بهبود مواجه شدند. در ادامه و برای انجام مطالعات بیش‌تر در راستای تحقیقات انجام شده در این مقاله، پیشنهادهای زیر مطرح می‌گردد:

- اندازه‌گیری کارایی از طریق تابع مرزی تصادفی و مقایسه‌ی آن با نتایج حاصل از روش تحلیل پوششی داده‌ها
- به دلیل وجود مقداری خطا و ابهام در داده‌های ورودی و خروجی می‌توان از مدل تحلیل پوششی داده‌های فازی استفاده نموده و نتایج را با حالت قطعی مقایسه نمود.
- به عنوان یک روش بهینه‌سازی، مدل تحلیل پوششی داده‌ها فاقد توانایی پیش‌بینی است. به همین منظور می‌توان از شبکه‌های عصبی برای بیان دقیق‌تر ارزیابی‌ها استفاده نمود.

## منابع

- [۵] مهرگان، م. ر.، (۱۳۸۳). مدل‌های کمی در ارزیابی عملکرد سازمان‌ها، انتشارات دانشکده مدیریت دانشگاه تهران، تهران.
- [۹] حسینی، م. ح.، (۱۳۹۱). اندازه‌گیری تغییرات بهره‌وری با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها و شاخص مالم کوئیست در شرکت‌های مدیریت تولید برق، چشم انداز مدیریت صنعتی، ۲(۶)، ۱۲۹-۱۵۰.
- [۱۰] جهانبختی، م. ع.، مقدس، ز.، واعظ قاسمی، م.، (۱۳۹۰). شاخص بهره‌وری مالم کوئیست چند مرحله‌ای، مجله تحقیق در عملیات و کاربردهای آن، ۸(۴)، ۵۹-۷۰.
- [۱۱] ایزدی، ز.، (۱۳۸۸). اندازه‌گیری کارایی فنی و بهره‌وری پالایشگاه‌های نفت ایران به روش تحلیل پوششی داده‌ها (DEA)، دانشگاه علامه طباطبایی.

[۱۲] امامی میبدی، ع.، محمدی، ت.، بهروز، ع.، (۱۳۹۴). اندازه‌گیری کارایی و بهره‌وری در پالایشگاه‌ها گاز طبیعی ایران، فصلنامه علوم اقتصادی، ۳۰(۹)، ۶۱-۸۲.

- [1] Farrell, M. J., (1957). The measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)*, 120(3), 253-290.
- [2] Charnes, A., Cooper, W. W., Rhodes, E., (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European journal of operational research*, 2(6), 429-444.
- [3] Färe, R., Grosskopf, S., (2000). Network dea. *Socio-economic planning sciences*, 34(1), 35-49.
- [4] Kao, C., Hwang, S. N., (2008). Efficiency decomposition in two-stage data envelopment analysis: an application to non-life insurance companies in Taiwan. *European Journal of Operational Research*, 185(1), 418- 429.
- [6] Malmquist, S., (1953). Index numbers and indifference surfaces. *Trabajos de estadística*, 4(2), 209-242.
- [7] Cave, D. W., Christensen, L. R., Diwert, W. E., (1982). The Economic Theory of Index Numbers and Measurement of Input, Output and Productivity. *Econometrica*, 50(6), 1393-1414.
- [8] Fare, R., Grosskopf, S., Lindgren, B., Roos, P., (1992). Productivity Changes in Swedish Pharmacies (1980- 1989): A Non – Parametric Malmquist Approach. *The Journal of Productivity Analysis*, 3(1), 85-101.
- [13] de Lima, R. S., Schaeffer, R., (2011). The energy efficiency of crude oil refining in Brazil: A Brazilian refinery plant case. *Energy*, 36(5), 3101-3112.
- [14] Sueyoshi, T., Goto, M., (2012). Data Envelopment Analysis for Environmental Assessment: Comparison between Public and Private Ownership in Petroleum Industry. *European Journal of Operational Research*, 216(3), 668-678.
- [15] Guha, B., Bandyopadhyay, G., & Upadhyay, A. (2014). Efficiency ranking of Indian Oil Companies (DMUs) using DEA techniques. In *Business and Information Management (ICBIM), 2014 2nd International Conference on* (pp. 113-118). IEEE.
- [16] Hosseinzadeh-Bandbafha, H., Safarzadeh, D., Ahmadi, E., Nabavi-Pelesaraei, A., & Hosseinzadeh-Bandbafha, E. (2016). Applying data envelopment analysis to evaluation of energy efficiency and decreasing of greenhouse gas emissions of fattening farms. *Energy*, 120, 652-662.
- [17] Amirteimoori, A. R., Shahroodi, K., & Mahmoodkiani, F. S. (2015). Network Data Envelopment Analysis: Application to Gas Companies in Iran. *International Journal of Applied*, 5(1), 1-16.