

## ارزیابی کارایی مجتمع‌های صنایع پتروشیمی ایران با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها\*

محمدحسین پورکاظمی\*\*

نشان می‌دهیم، مجتمع‌های پتروشیمی ایران در مجموع دارای کارایی بالغ بر ۰/۸۴ درصد است و مجتمع پتروشیمی بندر امام خمینی و خارک کارا عمل می‌کنند.

**کلیدواژه:** مجتمع‌های پتروشیمی، کارایی، تحلیل پوششی داده‌ها، برنامه‌ریزی غیرخطی، گاز، نفت.

### مقدمه

هر سازمان دولتی یا خصوصی برای به دست آوردن سطح بالایی عملکرد در زمینه‌های مختلف نیاز به نظارت و ارزشیابی کلیه واحدها دارد. بدون ارزشیابی و تشویق و ترغیب عملکرد کارکنان و مسئولان مربوط و تقویت نقاط قوت و از بین بردن کاستیها امکان دستیابی به سطوح بالای کارایی وجود ندارد. به همین جهت ارزیابی عملکرد واحدهای تصمیم‌گیر<sup>۱</sup> DMU از اهمیت ویژه‌ای برخوردار

**چکیده:** برای مدیران، تعیین کارایی واحدهای تحت مدیریت از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. با توجه به روند جهانی‌سازی، از سال ۱۳۸۰ میزان کارایی واحدهای مختلف اهمیت ویژه‌ای پیدا کرده است، کشور ایران با داشتن ۱۴ درصد ذخیره گاز جهان مقام دوم و ۹ درصد منابع نفت مقام پنجم را در جهان دارد. با توجه به منابع اولیه موجود و نیروی کار ارزان و همچنین تجربه در زمینه صنعت نفت و گاز، صنعت پتروشیمی بعد از جنگ تحمیلی عراق علیه ایران گسترش خوبی پیدا کرده است. اکنون نه مجتمع صنایع پتروشیمی ایران با تولید بالغ بر ۱۴/۵ میلیون تن در حال کارند. با توجه به متنوع بودن تولیدات، عمل کرد کارآمد این مجتمعها اهمیت ویژه‌ای دارد. در این مقاله با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها به تعیین کارایی این مجتمعها طی سالهای ۱۳۷۹ تا ۱۳۸۲ پرداخته‌ایم. در تحلیل پوششی داده‌ها، ابتدا متغیرهای ورودی  $X_i$  و خروجیهای  $Y_j$  را در نظر می‌گیریم. با توجه به ضریب اهمیت هر یک که الگو آن را تعیین می‌کند کارایی مجتمع‌های پتروشیمی را محاسبه می‌کنیم. در این روش، تعداد واحدها، باید از سه برابر مجموع متغیرهای ورودی و خروجی بزرگتر باشد. در این مقاله با ابتکاری خاص بر این مشکل فائق می‌آییم و

\* این مقاله برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد آقای رحیم بیات دانشجوی رشته معارف اسلامی و اقتصاد است که با راهنمایی اینجانب در دانشگاه امام صادق (ع)، دانشکده معارف اسلامی و اقتصاد تهیه شده است.  
\*\* عضو هیئت علمی دانشکده علوم اقتصادی دانشگاه شهیدبهبشتی.

1. Decision Making Units

روش تحلیل پوششی داده‌ها استفاده شده است (Alcas Radam Shazali Abu Monsour, 1998).

تاکنون نگارنده این مقاله، به تعیین کارایی نیروگاه‌های برق ایران (پورکاظمی، محمدحسین و همکاران، ۱۳۷۹)، ارزیابی کارایی نواحی سیزده‌گانه راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران (پیشین، ۱۳۸۲)، ارزیابی کارخانجات قند کشور (پیشین، بهار ۱۳۸۴: ۶۹-۹۰)، به راهنمایی پایان‌نامه‌ها پرداخته است و مقالاتی از این پایان‌نامه‌ها ارائه شده است. این مقاله نیز نتیجه حاصل از پایان‌نامه برای تعیین کارایی مجتمع‌های پتروشیمی ایران است (بیات، رحیم) که با راهنمایی اینجانب انجام شده است. در استفاده از روش‌های تعیین کارایی در این پایان‌نامه به مسائلی برخورد کردیم که با روش‌های قبلی و معمول قابل حل نبود. با ابتکاری خاص موفق به حل آن شدیم. در این مقاله به این موضوع نیز می‌پردازیم و در نهایت میزان کارایی مجتمع‌های پتروشیمی ایران را طی چهار سال اندازه‌گیری خواهیم کرد.

### صنایع پتروشیمی و تاریخچه آن در ایران

به طور کلی پتروشیمی به صنایعی اطلاق می‌شود که از مواد نفتی به دست می‌آید. مواد شیمیایی از هیدروکربورهای نفتی به کمک یک سری فعل و انفعالات شیمیایی حاصل می‌شود. فرآورده‌های نهایی ارزش افزوده‌ای بین ده تا سی برابر ارزش مواد اولیه ایجاد می‌کنند. (مدیریت برنامه‌ریزی و توسعه، ۱۳۸۲) تنوع محصولات پتروشیمی فوق‌العاده است. به طوری که تاکنون تعداد فرآورده‌های ثبت شده پتروشیمی از مرز هفت میلیون گذشته است. مواد پتروشیمی را می‌توان به سه بخش کودهای شیمیایی، پلاستیکها و لاستیکها و مواد شیمیایی طبقه‌بندی کرد یا در طبقه‌بندی دیگر

است. سنجش عملکرد با توجه به گسترش فناوری از وضعیت سنتی به وضعیت مدرن تبدیل شده است. سنجش عملکرد واحدهای مختلف از جمله صنعتی در ایران، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. با توجه به جهانی شدن اقتصاد و ضرورت ورود ایران به WTO<sup>۲</sup> و دولتی بودن بیشتر صنایع بزرگ کشور این موضوع اهمیت ویژه‌ای دارد.

مجتمع‌های بزرگ پتروشیمی در ایران از سالها پیش شروع به کار کرده و بخشی از صنایع مهم کشور و دارای تولیدات مختلف هستند.

کاربرد محصولات صنایع پتروشیمی از ابتدایی‌ترین نیازها، از قبیل ساخت انواع لوازم پلاستیکی تا پیچیده‌ترین آنها، حتی در ساخت نوعی الیاف جهت رگها و ماهیچه‌های مصنوعی قلب استفاده می‌شود. نیاز جهانی به این صنایع در زندگی مدرن امروز در حال افزایش است. از سوی دیگر آمارها نشان می‌دهد که نیاز به تولیدات پتروشیمی در جهان افزایش پیدا کرده است. در بازار، این صنایع در سطح جهان مازاد بر نیاز، تولید نمی‌شود. صنعت پتروشیمی را می‌توان حلقه ارتباط میان موادخام با تولیدات دارای ارزش افزوده دانست. از این رو صنایع پتروشیمی نقش تعیین‌کننده‌ای در رشد اقتصاد ملی کشور دارد. این مسئله در کشور ما به لحاظ برخورداری از منابع هیدروکربوری به ویژه گاز برای استفاده از این مزیت نسبی جهت افزایش سرمایه‌گذاری در این بخش در جایگاه ممتازی قرار می‌دهد.

از طرفی امروز کشورها به منظور ارتقای نرخ رشد اقتصادی به جای راهبرد افزایش سرمایه‌گذاری به راهبرد افزایش بهره‌وری در برنامه‌های خود پرداخته‌اند. از جمله مالزی در برنامه هفتم توسعه این راهبرد را مدنظر قرار داده است. اتفاقاً در مالزی برای تعیین کارایی و بهره‌وری در صنعت پتروشیمی از

2. The World Trade Organization

شروع به کار کرد مجتمع پتروشیمی اراک است که انواع پلی اتیلنها و انواع بوتانول، تولید می‌کند. هفتمین مجتمع، مجتمع پتروشیمی خراسان که فرآورده‌های اوره با ۶۶ درصد ازت و آمونیاک تولید می‌کند.

هشتمین مجتمع، مجتمع پتروشیمی ارومیه است که انواع بلور ملامین و انواع روکشها را تولید می‌کند. مجتمع نهم، مجتمع پتروشیمی خارک است که پروپان، متانول، گوگرد، پنتان و... تولید می‌کند.

کل تولیدات پتروشیمی در سال ۱۳۵۶ نزدیک به ۲/۷ میلیون تن بوده (شرکت ملی صنایع پتروشیمی، فروردین ۱۳۶۱) و بعد از جنگ تحمیلی، گسترش مجتمعها و احداث مجتمعهای جدید اکنون میزان تولیدات به ۱۴ تن یعنی تقریباً به ۵/۴ برابر رسیده است. (همان) حال مسئله مهم این است که کدام یک از این مجتمعها کاراتر عمل می‌کنند. از این رو، بهتر است ابتدا به مفهوم کارایی و محاسبه آن بپردازیم سپس کارایی این مجتمعها را حساب کنیم.

### مفهوم کارایی و محاسبه آن

این مفهوم ابتدا در مکانیک و ترمودینامیک (ابطحی، حسن وهمکاران، ۱۳۷۵) و سپس در سایر زمینه‌ها مطرح شده است. اولین بار اصطلاح بهره‌وری توسط فردی به نام «کوئیزنی» در سال ۱۷۶۶ میلادی به کار برده شد. یک قرن بعد در سال ۱۳۸۸ فردی به نام «لیتر» بهره‌وری را به معنای «قدرت و توانایی تولید» به کار برد. در سال ۱۹۰۰ «ارلی» کارایی را به مفهوم رابطه بین محصول (ستانده) و عوامل به کار رفته به کار برد. در سال ۱۹۵۰ سازمان همکاریهای اقتصادی اروپا «OECD» بهره‌وری را به عنوان خارج قسمت محصول به یکی از عوامل تولید تعریف کرد. در نتیجه بهره‌وری سرمایه، بهره‌وری انرژی، بهره‌وری نیروی کار، ... در رابطه با سرمایه، انرژی، نیروی کار و ... بررسی می‌شود. این بهره‌وری موسوم به

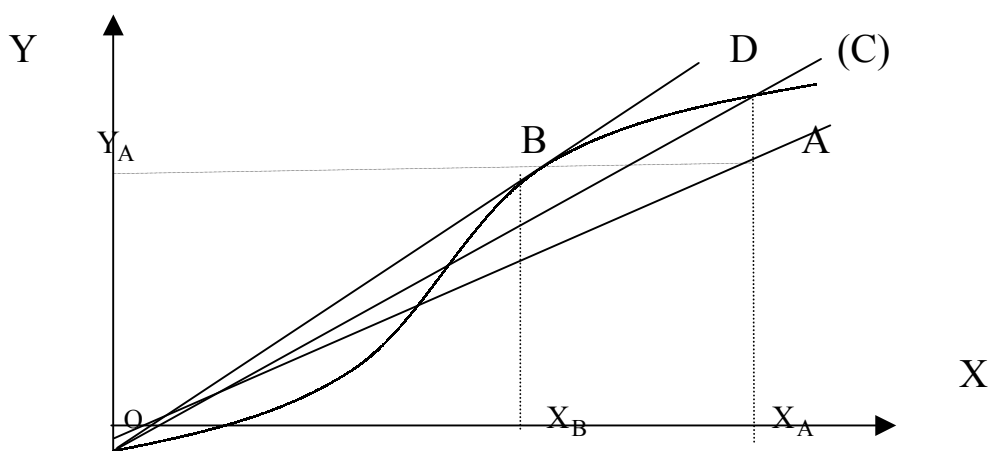
در پنج گروه کودهای شیمیایی و سموم، مواد پلیمری، آروماتیکها، مواد پایه و شیمیایی و بالاخره خوراک و سوخت طبقه‌بندی کرد. از عمر اولین کارخانه پتروشیمی ایران در مرودشت شیراز که در سال ۱۳۴۲ آغاز به کار کرد ۴۲ سال می‌گذرد. در سال ۱۳۴۴ شرکت ملی پتروشیمی ایران تأسیس شد و در واقع مجتمع پتروشیمی شیراز پایه تشکیل این شرکت بود. بعدها مجتمع شیراز گسترش یافت و در هر دوره به تولید مواد جدید دیگر پرداخت. دومین مجتمع که در سال ۱۳۴۹ تأسیس شد، مجتمع پتروشیمی رازی است که بزرگترین تولیدکننده آمونیاک، کود اوره، اسیدسولفوریک و گوگرد و تنها تولیدکننده اسید فسفریک و کود دی آمونیم فسفات است.

گسترش صنایع پتروشیمی ایران بعد از انقلاب اسلامی ادامه یافت. بعد از جنگ تحمیلی سومین مجتمع، مجتمع پتروشیمی اصفهان، در سال ۱۳۷۱ شروع به کار کرد و اکنون بالغ بر ۲۰۰ هزار تن مواد آروماتیک تولید می‌کند. چهارمین مجتمع، مجتمع پتروشیمی بندرامام خمینی (ره) است. قرارداد احداث این مجتمع بین ایران و شرکت میتسویشی ژاپن در سال ۱۳۵۲ منعقد شد. ۷۰ درصد کارهای ساختمانی این مجتمع که قبل از انقلاب اسلامی انجام شده بود، در طول جنگ تحمیلی بارها بمباران شد و بعد از جنگ ژاپن‌ها کنار کشیدند و با همکاری دیگر شرکای اروپایی در نهایت این مجتمع در سال ۷۳ وارد چرخه تولید شد و گسترش واحدهای آن طی سالهای بعد ادامه یافت. پنجمین مجتمع، پتروشیمی فارابی است که در مجاورت مجتمع بندر امام خمینی، در جهت مواد مورد نیاز صنایع پلاستیک و رنگ‌سازی به صورت آزمایشی در سال ۱۳۵۵ شروع به کار کرد. این مجتمع در سال ۱۳۷۵ به صورت خصوصی درآمد و سهام آن به بورس واگذار شد.

ششمین مجتمع، که بعد از انقلاب اسلامی

بهره‌وری جزیی است. در گذشته دو اصطلاح بهره‌وری و کارایی به جای یکدیگر به کار می‌رفت. ولی امروز این دو اصطلاح مفاهیم (همان) متفاوتی دارند. فارل (1957: 81-253) در سال ۱۹۵۷ انواع مختلف کارایی یعنی کارایی فنی<sup>۳</sup>، کارایی اقتصادی و کارایی تخصصی<sup>۴</sup> را تعریف کرد ولی برای محاسبه آن در حالت کلی راهی ارائه نداد تا اینکه در سال ۱۹۷۸ چارنز، کوپر و رودز (1978: 429-444) به این تعاریف مفهوم عملی دادند. امروز کارایی بیشتر در سه حوزه

مهندسی، مدیریت و اقتصاد مطرح است. اگر فرض کنیم با یک عامل تولید X محصول Y تولید شود و تولیدکنندگان که به ازای مقادیر مختلف xi، حداکثر مقادیر yi متناظر را تولید می‌کنند منحنی OC موسوم به منحنی مرزی<sup>۵</sup> تشکیل می‌شود. بنگاههایی که روی این منحنی قرار دارند با توجه به عامل تولید X، حداکثر کارایی را ارائه می‌دهند. در ضمن این منحنی معرف سطحی از فناوری است. شکل (۱) را ملاحظه کنید. با تغییر فناوری این منحنی تغییر می‌کند.



باشد، منحنی مرزی به یک رویه مرزی بدل می‌شود زیرا، یک تابع n متغیره خواهد بود. اگر n عامل تولید و m محصول داشته باشیم یک تابع مرزی به صورت  $f: R^n \rightarrow R^m$  است.

### روشهای تعیین کارایی

حال فرض کنیم تعداد عوامل تولید به جای یک عامل، n عامل  $X_j$  (j=1 تا n) و محصول m عامل  $Y_i$  (i=1 تا m) باشد. در این صورت تعریف کارایی و تعیین آن چگونه است؟ به طور کلی برای محاسبه کارایی دو روش وجود دارد، روشهای پارامتری و ناپارامتری، که در زیر به تشریح آنها می‌پردازیم.

در بنگاه A زیر منحنی مرزی تولید می‌کند میزان کارایی فنی برابر است با

$$E \frac{Y_A}{X_A} \quad (1)$$

اگر روی منحنی C قرار داشت کارا بود، می‌توان با اصلاح ساختار تولید با همین مقدار مواد اولیه به مقدار بیشتر تولید در نقطه D رسید و مقدار و میزان کارایی را افزایش و یا اینکه مقدار عامل تولید را کاهش داد ولی همین مقدار  $Y_A$  را تولید کرد. اگر دقت کند شیب خط OA مقدار کارایی بنگاه A را تعیین می‌کند. شیب خط OD بیشتر از شیب خط OA است، می‌توان شیب این خط را حداکثر تا شیب مماس از نقطه O بر منحنی C افزایش داد که همان حداکثر کارایی است (امامی میدی، علی، ۱۳۷۹). حال اگر به جای یک عامل تولید n عامل تولید یک محصول

3. Technical Efficiency
4. Allocative Efficiency
5. Frontier

## روش پارامتری

$$E = \frac{\sum_{i=1}^m u_i y_i}{\sum_{j=1}^n v_j x_j} \quad (3)$$

کارآیی

$u_i$  ضرایب اهمیت ستانده‌ها و  $v_j$  ضرایب اهمیت نهاده‌هاست. مسئله مهم تعیین این ضرایب است. گاهی این ضرایب مشخص، مثلاً قیمت هستند که می‌توان قیمت آنها را در نظر گرفت اما در بیشتر مواقع ممکن است قیمت‌ها در دسترس نباشد و یا نظرات متفاوتی در مورد این ضرایب وجود داشته باشد. CCR به نحو جالبی در این حالت مشکل ضرایب را حل می‌کند.

آنها پیشنهاد کردند که این ضرایب را هر واحد تصمیم‌گیر می‌تواند هر مقدار دلخواه اختیار کند، به شرط اینکه کارآیی دیگر واحدها با این ضرایب از یک بیشتر نشود؛ به عبارت دیگر برای بنگاه  $p$  با فرض اینکه  $s$  واحد تصمیم‌ساز داشته باشیم، ماکزیم مقدار کارآیی را با تعیین ضرایب  $u$  و  $v$  چنان تعیین می‌کنیم که دیگر واحدها کارآیی کمتر یا مساوی یک داشته باشند. یعنی:

$$Max E = \frac{\sum_{i=1}^m u_{ip} y_{ip}}{\sum_{j=1}^n v_{jp} x_{jp}} \quad (4)$$

$$s.t. \frac{\sum_{i=1}^m u_{iq} y_{iq}}{\sum_{j=1}^n v_{jq} x_{jq}} \leq 1 \quad q=1 \text{ تا } s, \quad q \neq p$$

$$u_{iq} \text{ و } v_{jq} \geq 0 \quad q=1 \text{ تا } s$$

در روش پارامتری، تابع مرزی تصادفی تولید<sup>۶</sup> را به روشهای اقتصادسنجی با استفاده از نظریه اقتصاد خرد تعیین می‌کنیم. این تابع رویه‌ای در فضای  $n$  بعدی است که در فضای یک بعدی همان منحنی (C) است و در شکل شماره (۱) نشان داده شده است. با توجه به تابع تولید مرزی تصادفی (SFA) به دست آمده کارآیی دیگر بنگاهها را تعیین می‌کنیم. برتری روش (SFA) نسبت به روشهای معمولی اقتصادسنجی در این است که در برآزش تابع، نقاط متوسط در نظر گرفته نمی‌شود بلکه نقاط مرزی لحاظ می‌شود معادله این تابع به صورت زیر است

$$y=f(X)+v-u$$

$$V \sim N(0,1) \quad (2)$$

$$U \sim |(0,1)|$$

که در آن  $V$  همان جزء تصادفی (جمله اخلال) در اقتصادسنجی است و دارای توزیع نرمال است،  $U$  معرف عدم کارآیی است که عموماً دارای توزیع نرمال در نظر گرفته می‌شود. تابع  $f(X)$  تابع تولید و به شکل تابع کاب - داگلاس<sup>۷</sup> یا از نوع ترانسلوگ<sup>۸</sup> است.

## روشهای ناپارامتری

در روشهای ناپارامتری تابع تولید برآورد نمی‌شود، مهمترین روش ناپارامتری روش تحلیل پوششی داده‌ها (DEA)<sup>۹</sup> است و نیازی به تابع تولید برای تعیین کارآیی نیست. همان طور که اشاره شد این روش توسط سه نفر ارائه شد و موسوم به روش C.C.R است. (Charnes, A. et al. 1978) در این روش واحدهای تصمیم‌گیر DMU موردنظر باید همگن باشند و اگر  $x_i$  ( $i=1$  تا  $n$ ) داده‌ها و یا عبارت دیگر متغیرهای ورودی و  $Y_i$  ( $i=1$  تا  $m$ ) ستانده‌ها یا متغیرهای خروجی باشند، کارآیی برابر است با

6. Stochastic Frontier Analysis (SFA)

7. Cobb Dauglus

8. Translog

9. Data Envelopment Analysis

می‌شوند.

در نتیجه جوابها یکتا می‌شوند و مسئله برنامه‌ریزی غیرخطی (۴) به صورت زیر درمی‌آید

$$\text{Max} \sum_{i=1}^m \mu_{ip} Y_{ip} \quad (5)$$

$$s.t. \begin{cases} \sum_{j=1}^n v_{jp} x_{jp} = 1 \\ \sum_{i=1}^n \mu_{iq} y_{jq} - \sum_{j=1}^m v_{jq} x_{jq} \leq 0 \\ \mu_{iq}, v_{jq} \geq 0 \end{cases}$$

$$s.t. \begin{cases} \sum_{q=1}^s \lambda_q X_{jq} - W_j < \theta_p X_{jq} & j=1 \text{ تا } n \\ \sum_{q=1}^s \lambda_q Y_{iq} - Z_i \geq Y_{iq} & i=1 \text{ تا } m \\ \theta_p, \lambda_q, W_j, Z_i \geq 0 & q=1 \text{ تا } s \end{cases} \quad (6)$$

به راحتی ثابت می‌شود که  $\theta_p$  همان کارایی بنگاه  $p$  ام است و در این رابطه  $\theta$  و  $\lambda$  متغیرهای دوگان و  $w$  و  $z$  متغیرهای کمکی هستند (Banker, R.D.A. et al, 1984: 1078-1092). از مدل فوق می‌توان کارایی در زمینه‌های مختلف از جمله صنعت یا آموزش عالی (Johns Jill, 2005) یا رده‌بندی دانشگاهها استفاده کرد. (Johns Jill, 2004).

### متغیرهای مدل

حال می‌خواهیم میزان کارایی  $\theta$  مجتمع پتروشیمی ایران را با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها تعیین کنیم. دو مشکل پیش رو داریم. مشکل اول عدم همگنی پالایشگاهها، با توجه به تولید انواع

مسئله برنامه‌ریزی بالا یک مسئله برنامه‌ریزی غیرخطی است، ممکن است برای ضرایب  $u_{iq}$  و  $v_{jq}$  محدودیتهایی در نظر گرفته شود، مثلاً این ضرایب بزرگتر از صفر باشند و یا رابطه‌ای بین آنها باشد (European Journal of Operational Research, vol2)، این مسئله را می‌توان به برنامه‌ریزی خطی تبدیل کرد. در ضمن اگر  $u^*$  و  $v^*$  جواب باشد  $av^*$  و  $au^*$  جواب هستند. به همین جهت اگر ضرایب مجهول  $u_{iq}$  و  $v_{jq}$  را استاندارد کنیم به ترتیب تبدیل به  $u_{ip}$  و

$$q=1 \text{ تا } s, \quad q \neq p$$

با حل مسئله برنامه‌ریزی خطی بالا به تعداد  $s$  بار، ضرایب متغیرها محاسبه و در نتیجه بالاترین کارایی هر بنگاه حساب می‌شود. می‌توان به جای مسئله فوق دوگان آن را حل کرد و در ضمن فرض کرد ضرایب باید از  $(\epsilon > 0)$  بیشتر باشد، یعنی ضرایب صفر نباشد. این مدل را که موسوم به  $CCR/\epsilon$  است بانکر، چارنر (Banker, et al, 1984: 1079-1092) ارائه کردند.

به روشهای تجربی ثابت شده است که تعداد واحدهای تصمیم‌گیر (DMU) باید از سه برابر مجموع تعداد متغیرهای ورودی و خروجی کمتر نباشد، یعنی داشته باشیم

$$s \geq 3(n+m) \quad (6)$$

با توجه به مراتب فوق مسئله برنامه‌ریزی غیرخطی (مدیریت برنامه‌ریزی و توسعه، ۱۳۸۲) را به صورت دوگان درمی‌آوریم و مسئله به صورت ساده زیر درمی‌آید.

$$\min \theta_p - \epsilon \left( \sum_{j=1}^n W_j + \sum_{i=1}^m Z_i \right)$$

$y_2$  که همه آنها واحدشان پول است. دسته دوم تعداد کارکنان یعنی  $x_1$  و  $x_2$  تعداد کارگران عادی و متخصص است برای هم جنس کردن این متغیرها ابتدا هر یک از متغیرها را از رابطه زیر استاندارد می کنیم

$$Sx_{iq} = \frac{x_{iq} - \bar{x}_{iq}}{\sigma_{x_{iq}}} \quad (8)$$

یعنی میانگین و انحراف هر متغیر را حساب و از رابطه (۸)،  $x_{iq}$  را استاندارد می کنیم که به  $Sx_{iq}$  بدل می شود. اگر توجه کنید متغیرهایی که باید در رابطه شماره (۴) یا روابط بعدی قرار داد هم جنس نیستند و با استاندارد کردن آن متغیرها همه بدل به عدد و مستقل از مقیاس و هم جنس می شوند.

### مشکل اساسی و حل آن

اگر توجه کنید، ۹ پالایشگاه و ۷ متغیر داریم، اگر رابطه (۶) را در نظر بگیریم داریم

$$s \geq 3(m+n)$$

چون  $m=5$  و  $n=2$ ،  $s=9$  است رابطه فوق برقرار نیست. در نتیجه ما با مشکل اساسی رو به رو هستیم که نمی توان از روش DEA استفاده کرد. برای حل این مشکل پیشنهاد ابتکاری زیر را در نظر گرفتیم.

ورودیها و خروجیهای هر یک از مجتمعها را برای سالهای ۷۹، ۸۰، ۸۱ و ۸۲ یعنی برای ۴ سال در نظر گرفتیم (جدول ۱) و هر سال هر مجتمع را مستقل از سال دیگر فرض کردیم، یعنی در عمل ۳۶ مجتمع در نظر گرفتیم و مشکل رابطه (۶) را حل کردیم، زیرا داریم:

$$s = 36 \geq 3(m+n) = 3 \times 7 = 21 \quad (9)$$

مختلف مواد آنهاست. مشکل دوم تعداد متغیرهای ورودی و خروجی هستند که رابطه (۶) را نقض می کنند، ما در این مقاله به رفع این دو مشکل خواهیم پرداخت.

### متغیرهای ورودی

اولین و دومین متغیر ورودی را در نظر می گیریم که بین تمام مجتمعها مشترک اند، متغیر نیروی انسانی هستند که آنها را به  $x_1$  و  $x_2$  نشان می دهیم،  $x_1$  تعداد کارکنان معمولی و  $x_2$  کارکنان متخصص هستند. متغیر ورودی سوم  $x_3$  هزینه سرمایه گذاری است. طبیعی است که با توجه به نوع تولید، امکانات لازم نیز تغییر می کند و هزینه های آنها نیز متفاوت است. به همین جهت هزینه سرمایه گذاری از مجتمعی به مجتمع دیگر متفاوت است، برای رفع این تفاوتها با توجه به استهلاک سرمایه، میزان سهم سرمایه در هر سال با توجه به استهلاک آنها به عنوان  $x_3$  هزینه سرمایه گذاری در نظر گرفته شده است.

متغیر چهارم، هزینه خوراک یا مواد اولیه است که آن را به  $x_4$  نشان داده ایم.

متغیر پنجم،  $x_5$  هزینه مواد شیمیایی و کاتالیستهاست و در این صورت دارای پنج متغیر ورودی هستیم.

### متغیرهای خروجی

تولیدات مجتمعها کاملاً متفاوت است و قابل مقایسه نیستند و تنها اگر ارزش آنها را در نظر بگیریم می توان آنها را با هم مقایسه کرد. به همین جهت دو متغیر خروجی در نظر گرفته شده است.  $y_1$  ارزش تولیدات فروخته شده داخلی و  $y_2$  ارزش تولیدات صادراتی است.

اگر توجه شود متغیرهای ورودی و خروجی دو دسته اند، یک دسته قیمت هستند، مانند  $x_3$  و  $x_4$  و  $x_5$  و  $y_1$  و

در این جدول عدد مقابل نام هر مجتمع مربوط به سالی است که این بررسی در آن صورت گرفته است. بر اساس این نتایج مجتمع‌های پتروشیمی بندر امام و خارک با اختصاص میانگین هندسی کاراییها به میزان صددرصد طی این سالها در رتبه‌های اول و دوم قرار می‌گیرند. این نتایج همچنین نشان می‌دهد که مجتمع‌های پتروشیمی اراک و تبریز نیز رتبه‌های بعدی را از حیث اختصاص میانگین مقادیر کارایی فنی طی این سالها حایز شده‌اند. بر همین اساس ناکارایی فنی مجتمع‌های پتروشیمی شیراز، رازی و ارومیه نیز به روشنی مشخص می‌شود. مجتمع‌های پتروشیمی خراسان و اصفهان نیز از این حیث در رتبه‌های میانی کارایی فنی قرار می‌گیرند. جزئیات این نتایج در پایان‌نامه (بیات، رحیم) آمده است.

طبیعی است که هر مجتمع ممکن است طی چهار سال کارایی متفاوتی داشته باشد. از این رو، این تفاوتها اولاً در نظر گرفته شده است، ثانیاً با توجه به میزان کارایی در هر سال به راحتی می‌توان مقدار کارایی را در کل چهار سال برآورد کرد. از آنجا که کارایی یک نسبت است، میانگین هندسی چهار سال برای هر مجتمع را میزان متوسط کارایی طی این سالها در نظر گرفته‌ایم.

### نتایج و پیشنهادها

با ابتکار فوق با استفاده از نرم‌افزار Deap (Johns Jill, 2004) بدین ترتیب، کارایی فنی مجتمع‌های پتروشیمی طی چهار سال یادشده در یک مدل مورد بررسی قرار گرفت که نتیجه آن در جدول (شماره ۱) آمده است.

جدول ۱

رتبه	نام مجتمع	سال	میزان کارایی	رتبه	نام مجتمع	سال	میزان کارایی
۱	بندر امام خمینی	۷۹	۱/۰۰۰	۱۹	اصفهان	۸۱	۰/۹۹۵
۲	بندر امام خمینی	۸۰	۱/۰۰۰	۲۰	خراسان	۸۲	۰/۹۵۶
۳	بندر امام خمینی	۸۱	۱/۰۰۰	۲۱	تبریز	۸۱	۰/۹۵۱
۴	بندر امام خمینی	۸۲	۱/۰۰۰	۲۲	اصفهان	۷۹	۰/۹۴۳
۵	شیراز	۷۹	۱/۰۰۰	۲۳	تبریز	۷۹	۰/۸۸۳
۶	اراک	۸۰	۱/۰۰۰	۲۴	اصفهان	۸۰	۰/۸۳۷
۷	اراک	۸۱	۱/۰۰۰	۲۵	ارومیه	۸۱	۰/۷۲۶
۸	اراک	۸۲	۱/۰۰۰	۲۶	شیراز	۸۲	۰/۷۲۶
۹	تبریز	۸۰	۱/۰۰۰	۲۷	ارومیه	۸۰	۰/۶۹۲
۱۰	تبریز	۸۲	۱/۰۰۰	۲۸	اراک	۷۹	۰/۶۳۱
۱۱	خراسان	۷۹	۱/۰۰۰	۲۹	شیراز	۸۰	۰/۶۲۹
۱۲	خراسان	۸۱	۱/۰۰۰	۳۰	ارومیه	۸۲	۰/۶۲۸
۱۳	خراسان	۸۲	۱/۰۰۰	۳۱	رازی	۷۹	۰/۶۱۹
۱۴	اصفهان	۸۲	۱/۰۰۰	۳۲	رازی	۸۲	۰/۵۴۱
۱۵	خارک	۷۹	۱/۰۰۰	۳۳	رازی	۸۰	۰/۵۳۷
۱۶	خارک	۸۰	۱/۰۰۰	۳۴	ارومیه	۷۹	۰/۵۱۸
۱۷	خارک	۸۱	۱/۰۰۰	۳۵	رازی	۸۱	۰/۵۰۱
۱۸	خارک	۸۲	۱/۰۰۰	۳۶	شیراز	۸۱	۰/۴۶۷

نه مجتمع پتروشیمی کشور مشخص شده است. همان‌طور که در این جدول می‌بینیم، بندر امام‌خمینی و خارک دارای کارایی یک یعنی بیشترین کارایی و

اگر میانگین هندسی کارایی هر مجتمع را طی چهار سال حساب کنیم به نتیجه آمده در جدول شماره (۲) می‌رسیم. بر اساس نتایج این جدول وضعیت کارایی



مجتمع ارومیه و رازی دارای کمترین کارایی هستند.

جدول ۲

ردیف	نام مجتمع	کارایی
۱	بندر امام خمینی	۱
۲	خارک	۱
۳	خراسان	۰/۹۸۹
۴	اراک	۰/۹۷۸
۵	تبریز	۰/۹۷۳
۶	اصفهان	۰/۹۵۴
۷	شیراز	۰/۶۷۹
۸	ارومیه	۰/۶۶۴
۹	رازی	۰/۵۵۰

ملاحظه می‌شود که میانگین کارایی فنی مجتمعهای پتروشیمی در مقایسه با هم است و بدون شک اگر مجتمعهای معیار که در خارج از کشور قرار دارند به این مجموعه اضافه شود، خواهیم دید که کارایی به مراتب از این مقدار کمتر است. این بدان معناست که در کشور ما در این بخش به طور متوسط ۱۶ درصد اتلاف منابع وجود دارد. با یک مدیریت صحیح می‌توان بدون نیاز به سرمایه‌گذاری جدید با افزایش میزان کارایی بر درآمد کشور افزود.

با الگو قرار دادن مجتمع بندرامام خمینی و خارک و با کاهش هزینه‌ها می‌توان دیگر مجتمعها را به مرز کارایی نزدیک کرد. روش تحلیل پوششی داده‌ها این اطلاعات را به ما می‌دهد.

### پیشنادهایی برای آینده

میزان کارایی به دست آمده برای مجتمعهای ایرانی در مقایسه با یکدیگر است، یعنی در مقایسه با کاراییهای مجتمعهای رازی یا ارومیه یا... خراسان، کارایی بندرامام خمینی و یا خارک به یک می‌رسد. طبیعی است اگر در این بررسی مجتمعهای دیگر کشورهای پیشرفته که با فناوری یکسانی اداره می‌شوند بر این مجموعه اضافه شود، بدون شک نتایج متفاوت خواهد بود. از این رو، یکی از کارهای آینده می‌تواند گسترش این تحقیق با اضافه کردن سایر مجتمعهای پتروشیمی سایر کشورها باشد.

از طرفی بررسی وضعیت سه مجتمع شیراز، ارومیه و رازی با توجه به میزان کارایی کم آنها در مقایسه با سایر مجتمعهای دیگر، از طرف مدیریت شرکت ملی پتروشیمی ایران ضروری به نظر می‌رسد. با ارائه اطلاعات و آمار و ارقام مورد نیاز طی سالهای بیشتر، می‌توان با استفاده از شاخص مالم کوئیست<sup>۱۲</sup> تغییرات فناوری را نیز اندازه گرفت و این پژوهش نیز با همکاری شرکت ملی پتروشیمی ایران ضروری است.

اگر متوسط کارایی کل پالایشگاههای کشور را بخواهیم میانگین هندسی<sup>۱۱</sup> این نه مجتمع را حساب می‌کنیم.

$$G.M.E. = \sqrt[9]{\prod_{p=1}^9 \varepsilon_p} = \sqrt[9]{0/223} \approx 0/84$$

پس میانگین کارایی فنی پالایشگاهها نزدیک به ۰/۸۴ است.

تردید وجود ندارد که صنعت پتروشیمی کشور به دلیل برخورداری از خوراک ارزان و در دسترس بودن آن یک مزیت نسبی برای کشور ایجاد می‌کند. از این رو این بخش می‌تواند به عنوان موتور توسعه صنعتی کشور عمل کند و تحقیقات نیز نشان می‌دهد که این صنعت در کشور ما جزء صنایع پیشتاز است. با این حال به گمان بسیاری از کارشناسان صنعت پتروشیمی کشورمان هنوز از نظر بین‌المللی نتوانسته است جایگاه مناسبی در بین کشورهای عمده تولیدکننده محصولات پتروشیمی پیدا کند و با توجه بیشتر به این صنعت و محور قرار دادن آن می‌توان این صنعت را به جایگاه اصلی ارتقا داد.

11. Geometric Mean

12. Malm Queist

- Alias Radom Shazali Abu Mansour**(1998), Productivity change and technical efficiency in the Malaysia and related products manufacturing industries, npc;
- Banker, R.D.ACharnes and w.w. Cooper**, (1984), "Some models for estimating technical scale efficiencies in envelopment analysis management science", vol. 30, No 9, pp.1078-1092;
- Charnes, A., Cooper, W. and Rhaodes E.**(1978), "Measuring the efficiency of decision making units" *European Journal of operational research*, Vol. 2, pp. 429-444;
- Farrel. M. J** (1957), "The measurement of productive efficiency" *Journal of royal statistical society*, series A, 120 part 3, pp. 81-253;
- Johns Jill** (2005), *data envelopment analysis and its application to the measurement of efficiency in higher education department of economics, Lancaster Un.* Management School u.k;
- \_\_\_\_\_ (2004), Measuring teaching efficiency in higher education an application of D.E.A to economics graduate from U.K. universities revised. ■

منابع

- ابطحی، حسن، بابک، کاظمی (۱۳۷۵). بهره‌وری، مؤسسه مطالعات و پژوهشهای بازرگانی؛
- امامی میبدی، علی (۱۳۷۹). اصول اندازه‌گیری کارایی و بهره‌وری (علمی و کاربردی)، مؤسسه مطالعات و پژوهشهای بازرگانی؛
- بیات، رحیم، اندازه‌گیری کارایی مجتمعهای پتروشیمی ایران؛
- پورکاظمی، محمدحسین، حیدری، علیرضا (۱۳۷۹)، «تعیین کارایی نیروگاههای برق ایران»، مجله مدرس، دانشگاه تربیت مدرس؛
- پورکاظمی، محمدحسین، رضایی، مهدی (۱۳۸۲)، «تعیین کارایی نواحی سیزده‌گانه راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران»، مجله تحقیقات اقتصادی، دانشگاه تهران؛
- پورکاظمی، محمدحسین، غضنفری، سیدحسن (۱۳۸۴)، «ارزیابی کارایی کارخانجات قند کشور به روش تحلیل پوششی داده‌ها»، فصلنامه پژوهشهای ایران، سال هفتم / شماره ۲۲، صفحات ۶۹-۹۰؛
- شرکت ملی صنایع پتروشیمی (۱۳۶۱)، گزارش کوتاه بر عملکرد شرکت ملی صنایع پتروشیمی از ابتدا تا پایان سال ۱۳۶۰ برنامه‌ریزی تلفیقی، تهران؛
- مدیریت برنامه‌ریزی و توسعه (۱۳۸۲)، تلاش ۲۵ سال با صنعت پتروشیمی، شرکت ملی صنایع پتروشیمی؛