



پژوهشنامه‌ی اقتصاد کلان

علمی - پژوهشی

سال هفتم، شماره‌ی ۱۴، نیمه‌ی دوم ۱۳۹۱

تجزیه و تحلیل بهره‌وری در صنایع منتخب انرژی بر ایران بر

اساس روش DEA

ابراهیم حیدری*

تاریخ پذیرش: ۱۳۸۹/۳/۲۶

تاریخ دریافت: ۱۳۸۸/۱۰/۱۲

چکیده

در این مقاله با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) و شاخص مال‌کویبست نمرات کارایی فنی و تغییرات بهره‌وری کل عوامل و اجزای آن در سه صنعت منتخب انرژی بر ایران در طول سال‌های ۱۳۶۳-۱۳۸۳ محاسبه و سپس به تخمین معادله‌ی رگرسیون سری زمانی کارایی فنی به دست‌آمده روی شدت انرژی و سایر نهاده‌ها پرداخته شده است. نتایج نشان می‌دهد که صنایع مورد مطالعه در برنامه‌ی دوم توسعه به طور متوسط دارای پایین‌ترین عملکرد به لحاظ کارایی نسبی خالص و ناخالص بوده‌اند. در کل دوره‌ی مطالعه بهترین عملکرد به صنعت کانی غیرفلزی و بدترین عملکرد به صنعت فلزات اساسی اختصاص دارد. به علاوه در این جا منبع اصلی عدم کارایی نسبی، ناکارایی مدیریت بوده است. عملکرد فعالیت صنایع منتخب در برنامه‌ی سوم توسعه نسبت به دوره‌ی ماقبل از جهش قابل ملاحظه‌ی برخوردار بوده است. نتایج تخمین معادله‌ی رگرسیون بر نقش نسبتاً بالای شدت نهاده‌ی انرژی در توضیح کارایی فنی در صنایع منتخب حکایت دارد. نتایج محاسبات شاخص مال‌کویبست نشان می‌دهد که بهره‌وری هر سه صنعت به طور متوسط در برنامه‌های اول و سوم در مقایسه با مقاطع ماقبل آن بهبود یافته و منبع اصلی تغییر در بهره‌وری انتقال تابع تولید تجربی یا تغییرات تکنولوژیکی بوده است.

واژه‌های کلیدی: تحلیل پوششی داده‌ها، شاخص مال‌کویبست، بهره‌وری کل

عوامل، کارایی فنی، صنایع انرژی بر

طبقه بندی JEL: D24, C61, C63, C69, D24, Q41, Q42, Q47, Q48, Q49, Q40, L61, L60

*نویسنده‌ی مسئول - استادیار گروه اقتصاد دانشگاه خلیج فارس (بوشهر) (ehidari@pgu.ac.ir)

۱- مقدمه

بهره‌وری مفهومی جامع و عامل اصلی و تعیین‌کننده ی سوددهی ، قدرت رقابت و ستون فقرات برنامه‌های اقتصادی در سطوح ملی و منطقه‌ای است. در کشورهایی که بهره‌وری بالاست استاندارد زندگی نیز بالاست. بهره‌وری عموماً به صورت نسبت مجموع ستاده ها به مجموع نهاده ها تعریف، و از دو جزء کارایی^۱ و اثربخشی^۲ تشکیل می‌شود. هدف اصلی این مقاله محاسبه ، بررسی و مقایسه ی تغییرات بهره‌وری کل عوامل و اجزای آن در صنایع منتخب انرژی بر ایران در طول سال های ۱۳۶۳-۱۳۸۳ با تأکید بر مقاطع زمانی برنامه‌های اول تا سوم توسعه ی اقتصادی کشور است. به لحاظ بررسی و مقایسه ی بهتر، دوره ی مطالعه ی پنج‌سال قبل از برنامه اول را نیز دربرمی‌گیرد. صنایع انرژی بر که در این مطالعه بر اساس میزان شدت انرژی مصرفی در میان صنایع بزرگ کشور انتخاب شده‌اند، عبارتند از: صنایع شیمیایی، صنایع کانی غیرفلزی و صنایع فلزات اساسی. الگوهای تحقیق شامل روش تحلیل پوششی داده ها^۳ (DEA) و یک معادله ی رگرسیون است. از الگوی DEA به منظور محاسبه ی نمرات کارایی فنی صنایع منتخب در طول سال های مطالعه و محاسبه ی شاخص مالم کوپیسست^۴ و تغییرات بهره‌وری کل و اجزای آن در خلال برنامه‌های توسعه استفاده می شود. معادله ی رگرسیون نیز برای تخمین رابطه ی خطی میان کارایی فنی و شدت استفاده از نهاده‌های تولید به کار برده می‌شود. در این تحقیق سه نهاده ی مهم تولید شامل موجودی سرمایه ، نیروی کار و انرژی با یک ستاده (ارزش تولیدات صنعتی) در نظر گرفته خواهد شد.

این مقاله در هفت قسمت تنظیم شده است. پس از مقدمه در قسمت دوم به طور اجمالی برخی مطالعات انجام‌شده در زمینه ی کاربرد الگوی DEA معرفی می‌شود. در قسمت سوم به بیان مفهوم بهره‌وری و کارایی پرداخته می‌شود. در بخش چهارم نیز الگوی تحقیق از لحاظ نظری و ریاضی معرفی خواهد شد. قسمت پنجم به نحوه ی

1-Efficiency

2-Effectiveness

3- Data Envelopment Analysis(DEA)

4- Malmquist Index

جمع‌آوری و طبقه‌بندی داده‌ها و قسمت ششم به ارائه ی نتایج الگو اختصاص دارد. در بخش هفتم نیز به خلاصه و نتیجه‌گیری پرداخته خواهد شد.

۲- مروری بر پاره‌ای مطالعات انجام‌شده

در طول دو دهه ی گذشته الگوی تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) به عنوان یک روش تحلیلی توان مند و مفید برای اندازه‌گیری بهره‌وری مرزی و کارایی نسبی واحدهای تصمیم‌گیرنده مشابه^۱ به طور گسترده‌ای مورد استفاده قرار گرفته و در این ارتباط مطالعات زیادی در حوزه‌های نظری و کاربردی انجام‌شده است. در ادامه به طور اجمالی به برخی مطالعات کاربردی اشاره می‌شود.

چن، یائو^۲ (۲۰۰۲) با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها شاخص مال‌م‌کوئیست را برای اندازه‌گیری تغییرات بهره‌وری کل و اجزای آن در سه صنعت مهم چین شامل صنایع نساجی، شیمیایی و صنایع فلزی در طول چهار برنامه ی توسعه ی چین طی سال های ۱۹۶۶-۱۹۸۵ محاسبه کرده است. نتایج نشان می‌دهد که تغییرات بهره‌وری کل در برنامه‌های چهارم و پنجم نسبت به برنامه‌های ماقبل کاهش، اما در برنامه ی ششم اندکی افزایش یافته است (در حدود ۳ تا ۵ درصد). اجزای بهره‌وری کل در خلال برنامه‌ها تغییر چندانی نداشته‌اند.

بوید، گال و پانک، جوزف^۳ (۲۰۰۰) : در مطالعه ای با طرح این فرضیه که شدت انرژی^۴ بالاتر به کاهش در بهره‌وری کل منجر می‌شود، با استفاده از روش DEA و محاسبه ی بهترین عملکرد^۵ با تخمین معادله ی رگرسیون شدت انرژی روی متغیرهای توضیحی فرضیه ی مزبور را در صنایع شیشه آمریکا مورد آزمون قرار داده است. موجودی تجهیزات برقی، تولید، ظرفیت بهره‌برداری شده و قیمت برق و گاز طبیعی به عنوان متغیرهای توضیحی وارد الگو شده‌اند. معادله ی رگرسیون در دو حالت بدون کارایی فنی و با کارایی فنی تخمین زده شده است. کارایی فنی از طریق روش DEA

1- Decision Making Units(DMU's)

2- Chen Yao (2002)

3- Boyd.G , Pang.J (2000)

4- Energy Intensity

5- Best practice

محاسبه شده است. نتایج نشان می‌دهد که متغیر کارایی فنی در سطح ۵ درصد دارای تأثیری معنی‌داری بر شدت انرژی بوده است.

دیوزکین، ارکات و دیوزکین، هاتیس^۱، (۲۰۰۷) در مقاله ای با در نظر گرفتن ۴۸۰ واحد صنعتی در ۱۲ گروه مختلف در اقتصاد ترکیه در سال ۲۰۰۳ نمرات کارایی نسبی واحدهای مزبور را از طریق روش *DEA* محاسبه و مورد مقایسه قرار داده اند. محاسبات نشان می‌دهد در این مجموعه ۷۵ واحد روی مرز کارایی واقع شده‌اند و در حدود ۶۰ درصد واحدها نیز کارایی نسبی کمتر از ۱۰ درصد داشته‌اند.

آزاده و همکاران^۲ (۲۰۰۷) در مطالعه ای با محاسبه ی نمرات کارایی فنی حامل های انرژی در صنعت پتروشیمی ایران و برخی کشورهای OECD^۳ با به کارگیری روش *DEA* به رتبه‌بندی و مقایسه ی کشورها پرداخته اند. به علاوه با محاسبه ی کارایی نسبی در دو حالت بازدهی ثابت و متغیر نسبت به مقیاس^۴ به کارایی مقیاس^۵ نیز دست یافته اند. در این تحقیق برای ارزیابی و مقایسه ی جامع‌تر از روش‌های تحلیل اجزای اساسی^۶ و تاکسونومی عددی^۷ نیز استفاده شده است. نتایج نشان می‌دهد که در سال های ۱۹۹۵-۱۹۹۱ کشور استرالیا از لحاظ هر سه شاخص دارای بهترین عملکرد و ایران نیز در جمع کشورهای در رتبه‌های ۶ تا ۹ قرار دارد.

کائو چیانگ و همکاران^۸ (۱۹۹۵) : در مطالعه ای که عمدتاً بار نظری دارد برای محاسبه ی بهترین عملکرد (بهره‌وری مرزی) با در نظر گرفتن یک ستاده (ارزش افزوده) دو نهاد ی تکنولوژی و مدیریت به معرفی و استخراج تابع بهره‌وری مرزی مقطع^۹ بر پایه ی یک مدل برنامه‌ریزی خطی *DEA* با فرم اولیه پرداخته اند. نکته ی برجسته ی این مطالعه در انتخاب شاخص تکنولوژی و مدیریت نهفته است. شاخص تکنولوژی را سرمایه‌گذاری پولی در خرید تجهیزات جدید و شاخص مدیریت نیز سیستم‌های هدایت

1-Duzakin. E. , Duzakin, H. (2007)

2- Azadeh. A et al (2007)

3- Organization for Economic Cooperation Development(OECD)

4-Constant return to scale(CRS) and Variable return to scale(VRS)

5- scale efficiency

6- Principal Component Analysis (PCA)

7- Numerical Taxonomy (NT)

8- KAO.C, et al (1995)

9- Piece-wise Frontier Productivity Function

و برنامه‌ریزی جدید در نظر گرفته است. الگو برای ارزیابی عملکرد ۱۵ رشته‌ی صنعتی در کشور تایوان به کار برده شده است.

هو جین‌لی و هانگ کائو^۱ (۲۰۰۶) در مقاله‌ی برای بررسی اهداف صرفه‌جویی انرژی^۲ در اقتصاد ۱۷ کشور^۳ APEC در سال‌های ۱۹۹۱-۲۰۰۱ به مقایسه‌ی بهره‌وری مرزی سالانه‌ی آن‌ها بر پایه‌ی روش DEA پرداخته‌اند. مدل دارای یک ستاده (GDP) و سه نهاده‌ی انرژی، نیروی کار و سرمایه است. نتایج حاکی از آن است که چین دارای بزرگ‌ترین میزان صرفه‌جویی انرژی و تقریباً برابر با نیمی از کل میزان استفاده‌ی آن بوده است؛ در حالی که کشورهای هنگ کنگ، فیلیپین و آمریکا دارای بالاترین کارایی انرژی می‌باشند. محققین هم چنین دریافت‌اند که کارایی انرژی عموماً برای کشورهای مورد مطالعه به جز کانادا و نیوزیلند افزایش یافته است.

۳- مفهوم بهره‌وری و اجزای آن

بهره‌وری از لحاظ تکنیکی به دو عامل تجزیه می‌شود، کارایی^۴ و اثربخشی^۵. کارایی کارایی به افزایش بهره‌وری از طریق بهبود مشارکت داخلی نهاده‌های موجود بدون استفاده از نهاده‌های جدید و بیش‌تر مربوط می‌شود؛ در حالی که اثربخشی مستلزم سرمایه‌گذاری‌های بیشتر در تأمین تجهیزات سرمایه‌ای و نیروی کار جدید به منظور افزایش بهره‌وری است. از این رو به کارگرفتن یکسان و مترادف دو واژه‌ی بهره‌وری و کارایی از لحاظ تکنیکی اشتباه و گمراه کننده است. در بحث بهره‌وری همواره دستیابی به حداکثر بهره‌وری ممکن یا بهره‌وری مرزی مطرح می‌باشد و این حداکثر ممکن در جایی حاصل می‌شود که نسبت ستاده به داده بالاترین میزان را بخود بگیرد، یعنی نقطه حداکثر تابع تولید متوسط.

بنگاهی که روی تابع تولید خود عمل می‌کند دارای کارایی فنی است در حالی که الزاماً دارای حداکثر بهره‌وری نمی‌باشد و باید برای بهبود بهره‌وری خود تلاش کند؛ به عنوان مثال از صرفه‌جویی‌های حاصل از مقیاس و یا پیشرفت‌های تکنولوژیک استفاده

1- Hu, Jin-Li, C.H. Kao

2- Energy-saving targets

3- Asia Pacific Economic Cooperation

4- Efficiency

5- Effectiveness

نماید. از این بحث نتیجه می‌شود که کارایی شرط لازم بهبود بهره‌وری است، در حالی که شرط کافی آن نمی‌باشد. بهبود بهره‌وری هم مستلزم کارایی فنی است و هم پیشرفت تکنولوژی. در محاسبه ی بهره‌وری باید هر دو جزء را به طور جداگانه محاسبه و سهم هر کدام را در تغییرات بهره‌وری مورد شناسایی قرار داد. از جمله شاخص‌های مهم محاسبه ی بهره‌وری شاخص مالم کویست است. این شاخص تغییرات بهره‌وری را به دو جزء اصلی آن یعنی تغییرات کارایی فنی و تغییرات تکنولوژی تجزیه می‌کند. این شاخص با اقتباس از کار فار و همکاران^۱ (۱۹۹۴) تدوین شده است. فارل (۱۹۵۷)^۲ بر اندازه‌گیری بهره‌وری کل عوامل تولید به جای بهره‌وری جزئی تأکید دارد و شاخص بهره‌وری را بر پایه ی تکنیک‌های ناپارامتری و منحنی‌های برابری مقدار معرفی می‌کند. ایده ی فارل در مورد کارایی فنی بر مبنای حداقل‌سازی عامل تولید یا حداکثرسازی محصول با توابع تولید معرفی‌شده توسط شفارد^۳ (۱۹۷۰) مطابقت دارد.

۴- الگو و روش تحقیق

۴-۱- تابع مسافت

تابع مسافت به ما این امکان را می‌دهد که با وجود تکنولوژی تولید چند نهاده‌ای بدون پیش‌فرض حداقل‌سازی هزینه و حداکثرسازی سود به تعیین کارایی فنی نهاده‌ها بپردازیم. تابع مسافت تحت دو رویکرد عامل تولید و محصول ارائه می‌شود. تابع مسافت عامل تولید میزان مناسب بردار نهاده‌ها را به ازای یک بردار مشخص از ستاده‌ها تعیین می‌کند. تابع مسافت محصول نیز میزان مناسب بردار ستاده‌ها را به ازای یک بردار مشخص نهاده‌ها تعیین می‌کند. از آن جا که در این تحقیق از مفهوم تابع مسافت عوامل تولید استفاده می‌شود، در ادامه صرفاً به معرفی تابع مسافت عامل تولید پرداخته می‌شود:

1- Fare et al.
2- Farell, M.J.
3- Shephard. R.

تابع تولید را به صورت $y = f(X)$ در نظر می‌گیریم. y سطح حداکثر محصول است که می‌توان آن را توسط یک بردار مشخص از نهاده‌ها یا X در فرایند تولید به دست آورد. فرض می‌شود این تابع تولید از لحاظ فنی دارای قابلیت جایگزینی نهاده‌ها است. $L(y)$ را به صورت زیر تعریف می‌کنیم:

$$L(y) = \{X : y \geq f(X)\}$$

$L(y)$ مجموعه‌ی تمامی بردارهای نهاده‌ها است که محصول y را تولید می‌کنند. مطابق شفارد (۱۹۷۰) تابع مسافت نهاده‌های تولید به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$D(X, y) = \min\{\theta : X\theta \in L(y)\}$$

θ ضریب افزایش نهاده برای تولید میزان مشخص y می‌باشد. بردار X برداری است که حداقل عامل تولید مورد نیاز برای سطح تولید محصول y را نشان می‌دهد. تابع مسافت را به صورت $\theta(X, y)$ نیز نشان می‌دهیم. تابع مسافت عامل تولید دارای مشخصات زیر است:

- ۱- نسبت به X غیر نزولی و نسبت به y صعودی است.
- ۲- تابع مسافت عامل تولید نسبت به X همگن خطی است.
- ۳- اگر X متعلق به مجموعه $L(y)$ باشد آنگاه $D(y, X) \leq 1$ می‌باشد.
- ۴- اگر X روی مرز مجموعه نهاده یا منحنی تولید یکسان واقع باشد، آن گاه $D(y, X) = 1$ خواهد بود.

۲-۴- روش تحلیل پوششی داده‌ها

همان گونه که در قسمت قبل بیان شد تابع مسافت با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) به دست می‌آید. این روش دارای پایه‌ی برنامه‌ریزی ریاضی غیرپارامتریک بوده و برای تشخیص مرزهای کارآمد^۱ واحدهای تصمیم‌گیرنده‌ی هممتا^۲ به ویژه در مواردی که هر کدام از واحدهای مورد مطالعه دارای نهاده‌ها و ستاده‌های متعددی هستند به کار برده می‌شود. پر واضح است که در چارچوب این مدل

1- Efficient frontiers

2-peer decision making units(DMUs)

واحدهایی مورد بررسی قرار می گیرند که دارای ستاده‌ها و داده‌های مشابه باشند و بتوان در مجموع برای آن‌ها تابع تولید یکسانی تعریف کرد.

الگوی *DEA* از لحاظ برنامه‌ریزی ریاضی و مفاهیم تکنولوژیک تحت رویکردهای مختلفی تعریف می‌شود که در این قسمت و بر حسب نیاز در ادامه به معرفی آن‌ها پرداخته می‌شود. شاخص کارایی هر واحد تصمیم‌گیرنده در روش *DEA* برابر با نسبت مجموع وزنی ستاده‌ها به مجموع وزنی داده‌ها تعریف می‌شود. این نسبت تابع هدف مدل عمومی برنامه‌ریزی خطی است که در این روش مورد استفاده قرار می‌گیرد. فرض شود n واحد تصمیم‌گیرنده وجود دارد که هر کدام دارای s ستاده و m نهاده تولید هستند. الگوی *DEA* با ویژگی بازدهی ثابت نسبت به مقیاس ^۱ *CRS* مطابق چارنز و همکاران^۲ (۱۹۷۸) به صورت زیر قابل تعریف است:

(۱)

$$\begin{aligned} \max \quad & \frac{\sum_{r=1}^s \mu_r y_{r0}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{i0}} \\ \text{s.t.} \quad & \frac{\sum_{r=1}^s \mu_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \leq 1, \quad j = 1, 2, \dots, n, \quad \mu_r, v_i \geq 0 \end{aligned}$$

در این جا x_{i0} و y_{r0} به ترتیب نهاده ی i -ام و ستانده ی r -ام مربوط به واحد تصمیم‌گیرنده ی 0 -ام (DMU_0) یا واحد هدف و μ_r ها و v_i ها نیز به ترتیب وزن های مربوط به ستانده ی r -ام و نهاده ی i -ام می‌باشند. این وزن ها متغیرهای هدف مسأله ی شماره ی یک هستند. همان گونه که ملاحظه می‌شود مقدار بهینه تابع هدف الزاماً یک نمی‌باشد. حال اگر مقدار بهینه برابر یک بود (بهره‌وری ۱۰۰ درصد)، آن گاه گفته می‌شود واحد تصمیم‌گیرنده ی هدف (DMU_0) دارای حداکثر بهره‌وری است یا روی مرز *CRS* واقع شده است.

1- constant returns to scale (CRS) DEA model

2- charnes et al.

الگوی DEA با ویژگی بازدهی متغیر نسبت به مقیاس VRS ^۱ مطابق بانکر و همکاران^۲ (۱۹۸۴) به صورت زیر قابل تعریف است:

(۲)

$$\max \frac{\sum_{r=1}^s \mu_r y_{r0} + \mu_0}{\sum_{i=1}^m v_i x_{i0}}$$

$$s.t. \frac{\sum_{r=1}^s \mu_r y_{rj} + \mu_0}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \leq 1, \quad j = 1, 2, \dots, n, \quad \mu_r, v_i \geq 0 \text{ and } \mu_0 \text{ free in sign.}$$

اگر مقدار بهینه تابع هدف در مسأله ی ۲ برابر با یک شود واحد تصمیم گیرنده ی هدف (DMU_0) در مرز بهره وری VRS قرار خواهد داشت. حال فرم ثانویه ی برنامه ریزی خطی روش DEA را معرفی می کنیم. در فرم ثانویه مدل برنامه ریزی خطی تابع هدف مسأله ی تابع مسافت است که برای محاسبه ی شاخص بهره وری مالم کوپیسست مورد استفاده قرار می گیرد. فرم ثانویه مدل شماره ی ۱ عبارت است از:

$$D_0(y_0, X_0) = \min_{\theta, \lambda_j} \theta$$

$$s.t. \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \leq \theta x_{i0}, \quad i = 1, \dots, m \quad (۳)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} \geq y_{r0}, \quad r = 1, \dots, s, \quad \lambda_j \geq 0, \quad j = 1, \dots, n$$

در این جا $D(y_0, X_0)$ تابع مسافت، θ نمره ی کارایی نسبی و $X_0 = (x_{10}, x_{20}, \dots, x_{m0})$ و $y_0 = (y_{10}, y_{20}, \dots, y_{s0})$ به ترتیب بردارهای عوامل تولید و ستانده های واحد تصمیم گیرنده ی هدف یا (DMU_0) می باشند. مسأله ی ۳

1- variable returns to scale (VRS) DEA model

2- Banker et al., 1984

یک مدل نهاده‌گرا^۱ است و از ویژگی بازدهی ثابت نسبت به مقیاس برخوردار است. شایان ذکر است که مدل ثانویه ی ۳ در مقایسه با مدل اولیه محدودیت‌های بنیانی کمتری دارد $(m + s \langle n + 1)$ بنابراین حل آن آسان تر است. به همین لحاظ است که در بیش تر موارد از مدل ثانویه ی استفاده می‌شود. در مدل ثانویه یک واحد «مرکب فرضی»^۲ از واحدهای تصمیم‌گیرنده ی تحت مطالعه ساخته می‌شود. از این رو برای هر ستاده یک ستاده ی واحد مرکب فرضی با محاسبه ی میانگین موزون ستاده ی همه واحدها و هم چنین برای هر نهاد نیز یک نهاد ی واحد مرکب فرضی با محاسبه ی میانگین موزون نهاد تمامی واحدها به دست می‌آید (مؤمنی ۱۳۸۵). مطابق با مدل ۳،

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} \text{ ستاده ی } r\text{-ام واحد مرکب فرضی و } \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \text{ نهاد ی } i\text{-ام واحد}$$

مرکب فرضی است. در محدودیت‌های مدل ثانویه همه ی ستاده‌های واحد مرکب بر حسب مورد بزرگ تر یا مساوی ستاده‌های واحد هدف یا (DMU_0) قرار داده می‌شوند. حال اگر بتوان نشان داد که داده‌های مصرفی واحد مرکب کمتر از داده‌های مصرفی واحد هدف می‌باشد، واحد هدف نسبت به واحد مرکب دارای کارایی کمتری است.

حداقل کردن تابع هدف در مدل ثانویه یا θ معادل است با حداقل کردن نهاده‌های ورودی برای واحد مرکب. به این ترتیب اگر مقدار بهینه تابع هدف یا θ_0 برابر با یک باشد یا $\{D(y_0, X_0) = 1\}$ ، آن گاه واحد هدف یا به طور شعاعی کارآمد^۳ خواهد بود، بدین معنی که قادر نیست میزان موجود نهاده‌ها را در سطح تولید جاری کاهش دهد. در این حالت گفته می‌شود که واحد هدف روی مرز تولید تجربی^۴ (EFP) قرار دارد. در غیر این صورت و اگر $D(y_0, X_0) \leq 1$ باشد، آن گاه DMU_0 به طور شعاعی غیر کارآمد می‌باشد و لذا می‌تواند مقدار نهاده‌ها را در سطح تولید مشخص کاهش دهد. در این حالت واحد هدف زیر EFP واقع است.

همان گونه که گفته شد مدل ثانویه ی ۳ بر پایه ی فرض بازدهی ثابت نسبت به مقیاس (CRS) استوار است. این خصوصیت در شرایطی که تمامی واحدها در مقیاس

- 1- input- oriented model
- 1- hypothetical composite
- 2- radially efficient
- 3- empirical production frontier(EFP)

تجزیه و تحلیل بهره وری در صنایع منتخب انرژی بر ایران بر اساس ... ۷۱.....

بهبود کار نمی‌کنند باعث ترکیب و ناخالصی کارایی تکنیکی^۱ با کارایی مقیاس^۲ می‌شود. به بیان دیگر کارایی تکنیکی به دست آمده از مدل *DEA* با فرض *CRS* به دو جزء کارایی مقیاس و کارایی تکنیکی خالص (کارایی مدیریت: کارایی تکنیکی خالص) تجزیه می‌شود (رک : مومنی، ۱۳۸۵). به همین لحاظ « بنکر ، چارنز و کوپر^۳ » با ایجاد تغییراتی در مدل تحلیل پوششی داده‌ها با بازدهی ثابت نسبت به مقیاس ، بازدهی متغیر نسبت به مقیاس (*VRS*) را در آن منظور کردند. مدل *DEA* با ویژگی (*VRS*) قادر است کارایی تکنیکی خالص یا کارایی مدیریت را برای هر واحد به طور جداگانه محاسبه کند از این رو با حل مدل *DEA* (*VRS*) می‌توان کارایی مقیاس را با مقایسه دو مدل به دست آورد. مدل نهاده‌گرای *DEA* مبتنی بر فرض بازدهی فزاینده نسبت به مقیاس (*VRS*) را می‌توان به صورت زیر بیان کرد:

(۴)

$$D_0(y_0, X_0) = \min_{\theta_0, \lambda_j} \theta_0$$
$$s.t. \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \leq \theta_0 x_{i0}, \quad i = 1, \dots, m$$
$$\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} \geq y_{r0}, \quad r = 1, \dots, s$$
$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1, \quad \lambda_j \geq 0, \quad j = 1, \dots, n$$

همان گونه که ملاحظه می‌شود صرفاً با اضافه کردن محدودیت $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$ به مدل شماره ی سه، به مدل *DEA* با ویژگی (*VRS*) تبدیل شده است. به این محدودیت، محدودیت تحدب گفته می‌شود. این محدودیت باعث می‌شود که در میان واحدهای مورد مطالعه یک واحد ناکارآمد تنها با واحدی در حجم مشابه مقایسه شود و وضعیت بهینه ی واحد هدف در مرز بهره‌وری ترکیبی محدب از واحدهای مرجع خواهد بود. هر چند در بسیاری از کاربردهای *DEA* از داده های مقطعی استفاده می‌شود، اما برای اندازه‌گیری تغییرات بهره وری بین دو دوره ی فعالیت توسط یک مجموعه ی

-
- 1- Technical efficiency (TE)
 - 2- Scale efficiency (SE)
 - 3- Banker, Charnes and Cooper (BCC) (1984)

معین از واحدهای تصمیم‌گیر از داده‌های تابلویی (*panel data*) نیز می‌توان استفاده کرد (فار و همکاران (۱۹۹۴)). یائو چن (۲۰۰۰) برای اندازه‌گیری بهره‌وری و تغییرات آن در سه صنعت بزرگ چین شامل نساجی، شیمیایی و صنایع فلزی از داده‌های سالیانه‌ی نیروی کار و سرمایه در یک دوره‌ی بیست ساله استفاده کرده است. در تحقیق دیگر جین لی هو و چی هونگ کائو (۲۰۰۶) برای محاسبه و بررسی نسبت‌های صرفه‌جویی انرژی برای کشورهای آپک (*APEC*) از داده‌های آماری کشورهای مزبور در طول سال‌های ۱۹۹۱-۲۰۰۰ استفاده کرده‌اند.

۴-۳- الگوی رگرسیون کارایی نسبی

در این تحقیق برای محاسبه‌ی کارایی نسبی (فنی) صنایع منتخب در دوره‌ی زمانی مطالعه، سه نهاد ی انرژی، سرمایه و نیروی کار در نظر گرفته شده است؛ از این رو برآورد و بررسی نقش و سهم تأثیرگذاری هر نهاد در توضیح تغییرات کارایی نسبی حائز اهمیت است. از آن جا که ویژگی برجسته‌ی صنایع انرژی‌بر مورد مطالعه شدت انرژی^۱ بالای آن هاست، در این جا از زاویه‌ی شدت به کارگیری نهاده‌ها^۱ به این موضوع نگاه می‌شود. بدین منظور با استفاده از یک الگوی رگرسیون ساده به تخمین کشش کارایی نسبی (فنی) نسبت به شدت انرژی و سایر نهاده‌ها (سرمایه و نیروی کار) پرداخته خواهد شد. معادله‌ی رگرسیون تحقیق با در نظر گرفتن یک ستاده به صورت زیر است:

(۵)

$$\log(\theta_t) = \alpha_0 + \sum_{i=1}^m \alpha_i \cdot \log(x_i / y)_t + u_t$$

در این جا θ نمره‌ی کارایی نسبی (فنی)، x_i / y شدت استفاده از نهاده‌ی i -ام و α_i کشش کارایی نسبی کل نسبت به کارایی جزئی نهاده x_i می‌باشد. y ارزش ستاده، u جمله‌ی اخلاص و \log علامت لگاریتم طبیعی است. t اندیس واحد

1- Energy intensity

تصمیم‌گیر (DMU) می‌باشد. شدت به کارگیری هر نهاده عکس بهره‌وری جزئی آن است و لذا انتظار می‌رود این کشش‌ها منفی باشند.

۴-۴- شاخص بهره‌وری مال‌م‌کوئیست

همان گونه که در بخش دوم گفته شد، در این تحقیق برای محاسبه ی بهره‌وری کل عوامل تولید و تجزیه ی آن به عناصر کارایی فنی و تغییرات تکنولوژی از شاخص عددی مال‌م‌کوئیست استفاده می‌شود. شاخص مال‌م‌کوئیست بر پایه ی تابع مسافت تعریف می‌شود که در قسمت ۴-۱ معرفی شد. با توجه به تابع مسافت عوامل تولید معرفی شده شاخص بهره‌وری مال‌م‌کوئیست به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$PI_{t,t+1} = \left[\frac{\theta_0^t(y_0^t, X_0^t) \theta_0^{t+1}(y_0^t, X_0^t)}{\theta_0^t(y_0^{t+1}, X_0^{t+1}) \cdot \theta_0^{t+1}(y_0^{t+1}, X_0^{t+1})} \right]^{1/2} \quad (6)$$

به این شاخص شاخص بهره‌وری شعاعی نهاده‌گرای مال‌م‌کوئیست^۱ گفته می‌شود و اجزای آن توسط مدل‌های ۳ یا ۴ محاسبه می‌شود^۲. در این جا $\theta^t(y^t, X^t)$ مقدار تابع مسافت مربوط به تکنولوژی (تابع تولید مرزی تجربی یا EPF^۲) زمان t بر حسب بردار نهاده ها و ستاده ی دوره ی t می‌باشد که با حل مدل ۳ در حالت CRS یا ۴ در حالت VRS در زمان t به دست می‌آید. $\theta^{t+1}(y^{t+1}, X^{t+1})$: مقدار تابع مسافت مربوط به تکنولوژی زمان $t+1$ بر حسب بردار نهاده ها و ستاده ی دوره ی $t+1$ بوده که با حل مدل ۳ در حالت CRS یا ۴ در حالت VRS در زمان $t+1$ به دست می‌آید. $\theta^{t+1}(y^t, X^t)$ مقدار تابع مسافت مربوط به تکنوژی زمان $t+1$ بر حسب بردار نهاده و ستاده ی دوره ی t است.

به منظور اندازه‌گیری تغییر بهره‌وری به صورت حاصل ضرب دو جزء کارایی فنی و تغییر تکنولوژی (انتقال تابع تولید مرزی تجربی یا EPF) شاخص مال‌م‌کوئیست به صورت زیر اصلاح می‌شود:

(۷)

1- Input-oriented radial Malmquist Productivity Index

2- Empirical Production Function (EPF)

$$PI_{t,t+1} = \frac{\theta_0^t(y_0^t, X_0^t)}{\theta_0^{t+1}(y_0^{t+1}, X_0^{t+1})} \cdot \left[\frac{\theta_0^{t+1}(y_0^{t+1}, X_0^{t+1})}{\theta_0^t(y_0^t, X_0^t)} \right]^{1/2}$$

جمله ی اول سمت راست تغییر کارایی فنی بین دوره ی t و $t+1$ را نشان می دهد و مقداری بزرگ تر، مساوی یا کوچک تر از یک را می گیرد. جمله دوم هم میزان تغییرات تکنولوژی یا انتقال تابع تولید مرزی را اندازه گیری می کند.^۳

۵- داده های آماری و شیوه ی انجام محاسبات و تخمین الگوی

الگوی تحقیق برای سه صنعت مهم کارخانه ای بزرگ ایران با استفاده از داده های سری زمانی دوره ی ۱۳۶۳-۱۳۸۳ مورد استفاده قرار می گیرد. صنایع منتخب شامل ، صنایع شیمیایی، صنایع کانی غیرفلزی و صنایع تولید فلزات اساسی است که مطابق شاخص های مورد عمل دارای بالاترین شدت انرژی در میان صنایع نه گانه کشور شمرده می شوند، به همین لحاظ صنایع انرژی بر نام نهاده می شوند.^۴ آمار مورد نیاز از سالنامه ی آماری کشور و آمار کارگاه های بزرگ صنعتی طی دوره ی یادشده استخراج شده است. داده های آماری مربوط به متغیرهای مقدار تولید، هزینه های نیروی کار و انرژی مصرفی ، شاخص قیمت خرده فروشی کالاها ، ارزش سرمایه گذاری سالیانه به طور مستقیم از منابع مزبور استخراج شده است. کل انرژی مصرفی سالیانه در این جا برابر با مجموع مصرف نهایی حامل های برق، گاز طبیعی و فرآورده های نفتی در نظر گرفته شده است. از آن جا که داده های مربوط به نهاده ی سرمایه در ایران به طور مستقیم و اطمینان بخش در دسترس نیست ، از سرمایه گذاری ثابت به عنوان متغیر جایگزین سرمایه در نظر گرفته می شود.

در این جا الگوی تحلیل پوششی داده ها در سه حالت به کار گرفته می شود: در حالت اول ، نمرات کارایی نسبی مطابق الگوهای ۳ و ۴ برای تک تک سال های مورد مطالعه محاسبه می شود. در این حالت می توان برای هر کدام از سال های دوره ی مطالعه سال مرجع و هم چنین اجزای کارایی فنی (نسبی) شامل کارایی خالص (کارایی مدیریت) و کارایی مقیاس را به دست آورد. در حالت دوم نمرات کارایی نسبی به دست آمده از محاسبات حالت قبل را با استفاده از معادله ی رگرسیون ۵ برای تخمین کشش کارایی فنی نسبت به شدت انرژی و دو نهاده ی دیگر به کار می بریم. حالت سوم که از لحاظ شکل انجام کار جدای از دو حالت قبل است به محاسبه ی شاخص مالم کوپیسست (رابطه

تجزیه و تحلیل بهره وری در صنایع منتخب انرژی بر ایران بر اساس ۷۵

ی شماره ی ۷) به منظور محاسبه ی تغییرات بهره‌وری کل عوامل بین چهار مقطع زمانی اختصاص دارد.

سری زمانی این مقاله یک دوره ی ۲۱ ساله (۱۳۶۳-۱۳۸۳) است که در آن چهار مقطع مهم زمانی وجود دارد. سال های ۱۳۶۳-۱۳۶۷ مربوط به زمان جنگ و قبل از برنامه‌های توسعه بوده و سال های ۱۳۶۷-۱۳۸۳ سه برنامه ی مهم توسعه ی اقتصادی و اجتماعی کشور را در برمی گیرد. به لحاظ اهمیت بخش صنعت در برنامه‌های توسعه ی کشور، در این جا سری زمانی تحقیق برای معرفی *DMU* ها به گونه‌ای طبقه‌بندی شده است که تغییرات بهره‌وری و اجزای آن در طول و میان این مقاطع قابل محاسبه باشد. از آن جا که در سال ۱۳۷۳ برنامه ی توسعه نداشته‌ایم، از این رو این سال ادامه ی برنامه ی اول در نظر گرفته می‌شود. بدین ترتیب الگوی ما مشتمل بر سه مقطع با ۵ واحد تصمیم‌گیر و یک مقطع با ۶ واحد تصمیم‌گیر است که تغییرات بهره‌وری آن ها در چهار مقطع یادشده محاسبه و مورد بررسی قرار می‌گیرد. این طبقه‌بندی در جدول زیر نشان داده شده است:

جدول شماره ی یک - طبقه‌بندی داده‌ها و معرفی واحدهای تصمیم‌گیر

مقطع زمانی <i>MUs</i> / <i>t</i>	<i>t = 0</i>	<i>t = 1</i>	<i>t = 2</i>	<i>t = 3</i>
<i>DMU 1</i>	1363	1368	1374	1379
<i>DMU 2</i>	1364	1369	1375	1380
<i>DMU 3</i>	1365	1370	1376	1381
<i>DMU 4</i>	1366	1371	1377	1382
<i>DMU 5</i>	1367	1372	1378	1383
<i>DMU 6</i>	-----	1373	-----	---

در این جا *t* نشانه ی مقطع زمانی است. به طور مثال $t = 0$ پنج‌سال قبل از برنامه های توسعه و $t = 1, 2, 3$ به ترتیب مقاطع برنامه‌های اول تا سوم را نشان می‌دهد. مطابق تقسیم‌بندی فوق محاسبه ی شاخص مال‌کویبست تغییر نسبت بهره‌وری و اجزای آن را در هرکدام از سال های یک مقطع نسبت به پنج‌سال ماقبل از آن (که در مقطع قبلی قرار می‌گیرد) را نتیجه می‌دهد. در قسمت‌های بعد نتایج به کارگیری الگو در سه مرحله بیان‌شده ارائه و مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۶- نتایج محاسبه ی الگو

۶-۱- محاسبه ی نمرات کارایی نسبی در دوره ی مطالعه

نتایج حل مدل های ۳ و ۴ و میانگین شاخص های به دست آمده برای سه صنعت منتخب تحقیق در جدول شماره ی ۲ درج شده است (برای اختصار از ارائه ی جداول تفصیلی محاسبات خودداری می شود). نتایج الگو در مورد عملکرد صنایع شیمیایی نشان می دهد که در دوره ی بررسی سال های ۱۳۶۹ و ۱۳۸۳ روی مرز کارایی قرار دارند. بالاترین عملکرد از لحاظ کارایی فنی به طور متوسط برابر با ۸۸.۸۳ درصد و مربوط به مقطع برنامه ی سوم توسعه می باشد، در حالی که سال های برنامه ی دوم توسعه به طور متوسط از پایین ترین عملکرد در کارایی کل (۶۵.۹ درصد) و در کارایی مدیریت (خالص) (۶۸ درصد) برخوردار بوده است. میانگین عملکرد از لحاظ کارایی مقیاس در طول برنامه های توسعه تقریباً برابر و به طور متوسط معادل ۹۸٪ بوده است.

نتایج الگو در مورد عملکرد صنایع کانی غیرفلزی حاکی از آن است که سال های ۱۳۶۶، ۱۳۶۹ و ۱۳۷۳ روی مرز کارایی قرار دارند. از لحاظ کارایی فنی به طور متوسط بالاترین عملکرد مربوط به مقطع اول و برابر با ۹۳.۳ درصد بوده و برنامه های اول و دوم از لحاظ کارایی کل به طور متوسط چندان تفاوتی ندارند (۹۲.۵ درصد). در این صنعت نیز برنامه ی دوم توسعه به طور متوسط از پایین ترین عملکرد در کارایی فنی (۶۷.۳ درصد) و کارایی مدیریت (۶۸ درصد) برخوردار بوده است. میانگین عملکرد از لحاظ کارایی مقیاس در طول چهار مقطع تقریباً برابر و به طور متوسط معادل ۹۷٪ بوده است.

محاسبات عملکرد کارایی صنایع فلزی نشان می دهد که در طول دوره ی بررسی سال های ۱۳۶۹ و ۱۳۸۳ روی مرز کارایی قرار دارند. بالاترین عملکرد از لحاظ کارایی فنی و کارایی خالص (مدیریت) به طور متوسط مربوط به برنامه ی اول توسعه و به ترتیب برابر با ۸۸.۴۶ و ۹۱.۵ درصد می باشد. در این صنعت نیز سال های برنامه ی دوم توسعه به طور متوسط دارای پایین ترین عملکرد در کارایی فنی (۶۰.۴۳ درصد) و کارایی مدیریت (۶۳.۸ درصد) بوده است. میانگین عملکرد از لحاظ کارایی مقیاس در طول برنامه های توسعه تقریباً برابر و به طور متوسط برابر با ۹۶٪ بوده است. سال های ۶۷-۱۳۶۳ دارای کمترین کارایی مقیاس و برابر با ۷۳٪ بوده است.

تجزیه و تحلیل بهره وری در صنایع منتخب انرژی بر ایران بر اساس ... ۷۷.....

جدول شماره ی دو - میانگین مقادیر متوسط شاخص‌های عملکرد صنایع منتخب در طول سال های ۱۳۶۳-۱۳۸۳

صنعت	مقطع شاخص	1363-67	1368-73	1374-78	1379-83	کل دوره
		صنایع شیمیایی	کارایی فنی(درصد) -	82.7	88.36	65.9
	کارایی مقیاس	0.84	0.98	0.97	0.98	0.93
	کارایی مدیریتی(درصد)	97.87	89.89	68	89.87	86
صنایع کانی غیرفلزی	کارایی فنی(درصد)	93.3	92.5	67.34	92.5	85.6
	کارایی مقیاس	0.96	0.95	0.98	0.98	0.97
	کارایی مدیریتی-	97.19	97.42	68.23	94	88.7
صنایع فلزات اساسی	کارایی فنی(درصد)	62.56	88.46	60.43	83.9	72.8
	کارایی مقیاس	0.73	0.97	0.95	0.98	0.90
	کارایی مدیریتی(درصد)	84.7	91.5	63.8	85.7	80.7

۶-۲- نتایج تخمین الگوی رگرسیون کارایی نسبی

در این قسمت ابتدا معادله ی رگرسیون شماره ی ۵ را مطابق ویژگی های تحقیق و در شرایط وجود یک ستاده (y) و سه نهاده شامل نیروی کار (L)، سرمایه‌گذاری (I) و انرژی (E) به صورت زیر بازنویسی می‌کنیم:

(۸)

$$\text{Log}(\theta)_t = \alpha_0 + \alpha_1 \text{Log}(L/y)_t + \alpha_2 \text{Log}(I/y)_t + \alpha_3 \text{Log}(E/y)_t + u_t$$

θ نمره ی کارایی و t اندیس زمان (در این جا DMU) می‌باشد. این معادله برای سه صنعت به طور جداگانه با استفاده از آمار سری زمانی ۲۱ ساله و برای مجموع صنایع روی هم رفته با داده‌های تابلویی و پس از اصلاحات لازم در مورد خودهمبستگی و ناهمسانی واریانس و با رعایت قاعده ی هم‌انباشتگی^۱، با روش OLS تخمین زده شده است. خلاصه ی نتایج تخمین در جدول شماره ی سه آمده است.

جدول شماره ی سه - نتایج تخمین معادله ی رگرسیون کارایی نسبی (اعداد داخل پراتنز آماره ی t می باشند).

ضریب صنعت	α_0	α_1	α_2	α_3	\bar{R}^2	$D.W$	$F_{statistic}$
صنایع شیمیایی	0.88 (2.03)	-0.16 (-3.78)	-0.06 (-1.73)*	-0.58 (-8.13)	0.87	2.06	35.72
صنایع کانی غیرفلزی	2 (4.38)	-0.19 (-2.32)	-0.24 (-6.26)	-0.4 (-4.8)	0.87	2.03	33.33
صنایع فلزات اساسی	1.56 (2.9)	-0.29 (-3.02)	-0.085 (-2.12)	-0.24 (-4.8)	0.71	1.84	10.25
مجموع صنایع	-0.75 (-0.75)*	-0.257 (-3.27)	-0.11 (-3.6)	-0.40 (-6.76)	0.99	2.1	1997

* عدم معنی داری در سطح ۵ درصد.

همان گونه که ملاحظه می شود به جز ضریب α_2 در صنایع شیمیایی و ضریب α_0 در مجموع صنایع تمامی ضرایب در سطح آزمون ۵ درصد معنی دارند. در تمامی موارد ضرایب تعیین (\bar{R}^2)، آماره های دوربین واتسون ($D.W$) و F نیز مقادیر رضایت بخشی به خود گرفته اند. با توجه به این که شدت استفاده از هر نهاده عکس بهره وری جزئی آن می باشد، علائم مورد انتظار کشش ها در تمامی موارد صحیح است. در صنایع شیمیایی و کانی غیرفلزی کشش شدت انرژی و در صنایع فلزات اساسی کشش شدت به کارگیری نیروی کار دارای بیش ترین قدر مطلق هستند. در مجموع صنایع کشش شدت انرژی بالاترین مقدار را به خود اختصاص داده است. نتایج در مجموع نشان می دهد که در طول سال های ۱۳۶۳-۱۳۸۳ شدت نهاده ی انرژی دارای بیش ترین سهم در توضیح تغییرات کارایی نسبی در صنایع مورد بررسی بوده است. بدین معنی که در مجموع صنایع افزایش (کاهش) شدت انرژی (عکس بهره وری جزئی انرژی) در دوره ی مطالعه بالاترین تأثیر منفی (مثبت) را بر کارایی فنی داشته است

۶-۳- نتایج محاسبه ی شاخص بهره‌وری کل و اجزای آن

همان گونه که بیان شد شاخص مالکم‌کویست (رابطه ی ۷) تغییرات بهره‌وری کل نهاده‌ها^۱ و اجزای آن شامل تغییرات کارایی فنی^۲ و تغییرات تکنولوژیکی (انتقال تابع تولید مرزی تجربی)^۳ را در فواصل زمانی مختلف نشان می‌دهد. نتایج محاسبه ی این شاخص به تفکیک چهار مقطع زمانی مورد مطالعه به شرح جدول شماره ی چهار می‌باشد.

جدول شماره ی چهار- میانگین مقادیر شاخص بهره‌وری و اجزای آن در فواصل چهار مقطع زمانی مورد مطالعه

صنعت	شاخص	از ابتدای دوره تا پایان برنامه اول	از برنامه ی اول تا پایان برنامه دوم	از برنامه دوم تا پایان برنامه سوم
صنایع شیمیایی	<i>Efficiency</i>	1.03	1	0.93
	<i>EPF</i>	1.04	0.906	1.5
	<i>Productivity</i>	1.07	0.906	1.395
صنایع کانی غیرفلزی	<i>Efficiency</i>	0.93	1.07	0.953
	<i>EPF</i>	1.14	0.62	1.28
	<i>Productivity</i>	1.06	0.66	1.22
صنایع فلزات اساسی	<i>Efficiency</i>	1	1.022	0.9
	<i>EPF</i>	1.56	0.55	1.69
	<i>Productivity</i>	1.56	0.56	1.52

نتایج نشان می‌دهد که عملکرد صنایع شیمیایی به طور متوسط در برنامه‌های اول و سوم در مقایسه با مقاطع ماقبل آن بهبود یافته، اما در برنامه ی دوم کاهش یافته است. در برنامه ی اول تغییرات کارایی فنی و تغییرات تکنولوژیکی تقریباً برابر بوده و باعث بهبود در بهره‌وری کل به میزان ۷ درصد شده‌اند. در برنامه ی دوم در مقایسه با برنامه ی اول کارایی فنی بدون تغییر باقی مانده؛ اما به دلیل انتقال منفی تابع تولید مرزی، بهره‌وری کل به میزان ده درصد کاهش یافته است. در برنامه ی سوم علیرغم این که به طور متوسط کارایی فنی کاهش یافته اما به دلیل انتقال مثبت تابع تولید مرزی

-
- 1- Total Factor Productivity
 - 2- Technical Efficiency
 - 3- Empirical Production Frontier (EPF)

بهره‌وری به طور متوسط ۳۹/۵ درصد نسبت به برنامه ی دوم افزایش یافته است. در سایر صنایع نیز روند کلی تقریباً به همین صورت بوده، اما مقادیر تغییرات در صنایع فلزات اساسی در مقایسه با دو صنعت دیگر شدیدتر است.

۷- خلاصه و نتیجه‌گیری

در این تحقیق به منظور ارزیابی عملکرد سه صنعت منتخب انرژی‌بر از لحاظ کارایی نسبی کل و تغییرات بهره‌وری مجموع نهاده‌ها و اجزای آن‌ها در دوره ی ۲۱ ساله ۱۳۶۳-۱۳۸۳ از سه الگوی مهم استفاده شده است. الگوی اول روش ناپارامتریک تحلیل پوششی داده‌ها بوده که برای محاسبه ی کارایی نسبی کل و اجزای آن (کارایی خالص و کارایی مقیاس) برای تک تک سال‌های دوره به کار برده شد. الگوی دوم یک معادله ی رگرسیون ساده بوده که در چارچوب آن نتایج به دست آمده مربوط به کارایی نسبی جهت تخمین کشش‌ها و چگونگی تأثیرگذاری کارایی جزئی نهاده‌ها بر روی کارایی نسبی کل نهاده‌ها به کار گرفته شد. الگوی سوم شاخص بهره‌وری مال‌کوئیست بود که برای بررسی عملکرد صنایع منتخب از لحاظ بهره‌وری به کار برده شد.

نتایج الگوی اول نشان می‌دهد که صنایع مورد مطالعه در برنامه ی دوم توسعه به طور متوسط دارای پایین‌ترین عملکرد به لحاظ کارایی نسبی خالص و ناخالص بوده‌اند. سال‌های مرجع در تمامی موارد در برنامه‌های اول و سوم قرار دارند و هیچ کدام از سال‌های برنامه ی دوم روی مرز کارایی واقع نشده‌اند. در کل دوره ی مطالعه بهترین عملکرد به صنعت کانی غیرفلزی و بدترین عملکرد به صنعت فلزات اساسی اختصاص دارد. شکاف میان کارایی کل (ناخالص) و کارایی مدیریتی (خالص) در تمامی موارد و برنامه‌های توسعه تقریباً برابر و به طور متوسط کمتر از ۵ درصد بوده است، این نتیجه نشان می‌دهد که منبع اصلی عدم کارایی نسبی، ناکارایی مدیریت بوده است. نکته ی مهم دیگر در این نتایج جهش قابل ملاحظه‌ی عملکرد فعالیت صنایع در برنامه ی سوم توسعه نسبت به دوره ی قبل است. این مسأله با توجه به بهبود شاخص‌های مهم صنعتی از جمله افزایش سرمایه‌گذاری و رشد نسبتاً بالای بخش صنعت و هدف‌گذاری‌های صنعتی این برنامه قابل انتظار بوده است.

نتایج تخمین معادله ی رگرسیون نشان می‌دهد که در صنایع شیمیایی و کانی غیرفلزی شدت انرژی بالاترین سهم را در تغییر کارایی فنی دارد، بدین معنی که

تجزیه و تحلیل بهره‌وری در صنایع منتخب انرژی بر ایران بر اساس۸۱

افزایش شدت انرژی (عکس بهره‌وری جزئی انرژی) در این دو صنعت بالاترین تأثیر منفی را بر کارایی فنی داشته است. در صنایع فلزات اساسی نسبت نیروی کار به تولید (شدت نیروی کار) دارای تأثیری بیش‌تر از شدت انرژی و سرمایه است. تخمین الگو برای مجموع صنایع بر نقش نسبتاً بالای شدت نهاده انرژی در تغییر کارایی فنی حکایت دارد.

نتایج محاسبات شاخص مال‌کوئیست گواه بر آن است که بهره‌وری هر سه صنعت به طور متوسط در برنامه‌های اول و سوم در مقایسه با مقاطع ماقبل آن‌ها بهبود یافته است. در برنامه‌ی دوم علیرغم این که کارایی فنی به طور متوسط در مقایسه با برنامه‌ی اول تغییر نکرده است، به دلیل انتقال تابع تولید مرزی به سمت چپ تغییرات بهره‌وری منفی بوده است. این نتایج بر جهش قابل ملاحظه‌ی تابع تولید مرزی تجربی در برنامه‌های اول و سوم در مقایسه با مقاطع قبلی آن‌ها تأکید دارند. به عبارت دیگر تابع تولید مرزی تجربی برنامه‌ی دوم در سمت چپ توابع مرزی برنامه‌های اول و سوم قرار داشته‌اند. این موضوع با نتایج الگوی اول تناسب دارد. تغییرات بهره‌وری و اجزای آن در صنایع فلزات اساسی در مقایسه با دو صنعت دیگر شدیدتر است. در مجموع نتایج محاسبه شاخص مال‌کوئیست نشان می‌دهد که به طور متوسط فاصله‌ی عملکرد سال‌های هر مقطع با مرز کارایی تجربی آن مقطع تفاوت چندانی نداشته و منبع اصلی تغییر در بهره‌وری انتقال تابع تولید تجربی یا تغییرات تکنولوژیکی بوده است.

یادداشت ها:

- ۱- شدت به کارگیری هر نهاده برابر است با میزان استفاده از نهاده به ازای یک واحد ستاده (نسبت نهاده به ستاده)
- ۲- برای آگاهی بیشتر به (Chen Yao, 2003) و امامی میبدی (۱۳۷۹) مراجعه شود.
- ۳- برای آگاهی بیشتر به (Chen Yao, 2003) و امامی میبدی (۱۳۷۹) مراجعه شود.
- ۴- برای اطلاع بیشتر به حیدری و صادقی (۱۳۸۴) مراجعه شود.

منابع و مأخذ

- Asia Pacific Energy Research Canter (APERCC) (2001) *Energy Efficiency Indicators, A study of energy efficiency indicators in APEC Economies*, Tokyo, APERCC
- Azadeh. A et al.(2007) «An integrated DEA PCA numerical taxonomy approach or energy efficiency assessment and consumption optimization in energy intensive manufacturing sectors» *Energy Policy* 35(2007) pp. 3792-3806
- Banker,R.D, Charnes,A. , Cooper,W.W (1984) «Some models for estimating technical and scale inefficiency in data envelopment analysis», *Management Science*, 30 (9) ,pp.1078-1092
- Boyd. G.A , J.X.Pang,(2000) «Estimating the linkage between energy efficiency and productivity», *Energy Policy* 28 (2000), pp.289-296
- Charnes,A. Cooper,W.W, Rhodes,E.(1978) «Measuring the efficiency of decision making units», *European Journal of Operational Research*, 2, 429-444.
- Chen Yao,(2004) « Ranking efficient units in DEA» ,*Omega International Journal of Management Science*, 32 (2004) pp. 213-219
- Chen Yao,(2003) « Anon-radial Malmquist productivity index with an illustrative application to Chines major industries», *Int. J. Production Economics*, 83 (2003) 27-35
- Duzakin.E, Duzakin.H,(2007) « Measuring the performance of manufacturing firm with super slacks based model of data envelopment analysis: An application of 500 major industrial enterprises in Turkey», *European Journal of Operational Approach*, 182 (2007) pp. 1412-1432
- Emami, Meibodi(2000) *Efficiency and Productivity Measurement -in Theory and Practice*, Institute for Trade Studies and Researches (In Persian).
- Energy Ministry of Iran (1993-2010) *Energy Balance-Sheet*, Energy Ministry of Iran (In Persian).
- Fare, R. ,Grosskopf, S. , Lovell, C.A.K,(1994) *Production Frontiers*, Cambridge University Press, Cambridge.

- Farrell, M.J (1975) «The measurement of productive efficiency», *Journal of the Royal Statistical Society*, Series A, 120(part3), 253-290
- Gujarati, Damodar (1995) *Basic Econometrics*, City University of New York, 3rd ed.
- Heidarie, Ebraheim and Sadeghi Hossein (2004) « A Study of Energy-saving Behavior in Major Iranian Industries», *Quarterly Journal of The Economic Research*, No11-12 (In Persian)
- Hu J.Li, Kao C.H., (2007) « Efficiency energy-saving targets for ASPEC economies», *Energy Policy*, 35 (2007) pp.373-382
- KAO. C et al (1995) «Productivity Improvement: Efficiency Approach vs Effectiveness Approach», *Omega International Journal of Management Science*, Vol 23, No. 2 (1995), pp.197-204
- Momeni, Mansour (2009) *New topics in Operation Research*, University of Teheran Press (In Persian).
- Shephard, R. (1970) *Theory of cost and production functions*, Princeton University Press, Princeton, NJ.
- Statistical Center of Iran (1980-2010) *Iranian Statistical Year Book* (In Persian)
- Statistical Center of Iran (1979-2010) *Statistical of Great Industrial Work Places* (In Persian)
- UNDP (1985) *Energy Planning in Developing Countries*, United Nation.