رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها و ارزیابی کارایی ایستگاه‌های تقویت فشار مناطق عملیات انتقال

مینو رجبی هرسینی*[۱]
بهمن عبادالهی نمین[۲]
حسن مهرمنش[۳]
عارفه فدوی اصغری[۴]

چکیده

در این مقاله فرایند نتایج تحقیق ارائه شده است که طی آن با استفاده از روش DEA کارایی فنی نهاد و کارایی مقیاس ۲۰ ایستگاه تقویت فشار گاز طی سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۱ مورد ارزیابی قرار گرفته است. برای سنجش کارایی با توجه به اهداف تحقیق، از مدل‌های پوششی CCR و BCC با ماهیت ورودی محور استفاده شده است. نهاده‌ها و ستده‌ها با توجه به میزان تأثیر و اهمیت آن‌ها در عملکرد ایستگاه‌ها مشخص شدند. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که در شرایط بازده به مقیاس ثابت میانگین کارایی ایستگاه‌ها در سال ۱۳۹۰، ۹۶/۲۰٪ و در سال ۹۱، ۷۷/۶۳٪ است. در شرایط بازده به مقیاس متغیر در سال ۹۰، ۹۷/۴۸٪ و در سال ۱۳۹۱، ۹۲/۳۱٪ به‌دست آمده است. در سال ۱۳۹۰ از مجموع ۲۰ ایستگاه، ۴ ایستگاه از بازدهی به مقیاس افزایشی برخوردار بوده و ۵ ایستگاه از بازدهی به مقیاس کاهشی داشته‌اند. در سال ۱۳۹۱ مقدار ۳ و ۱۱ ایستگاه به ترتیب برای بازدهی به مقیاس افزایشی و کاهشی حاصل شده است.

واژگان کلیدی: کارائی نسبی، تحلیل پوششی داده‌ها، شرکت انتقال گاز ایران، ایستگاه‌های تقویت فشار گاز.

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۱/۰۷/۰۸، تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۱/۰۹/۱۶

۱. دانش آموخته کارشناسی ارشد مدیریت صنعتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی.
E-mail: minoo.rajabi@gmail.com
۲. رئیس پرورش طرح‌های جانشینی شرکت ملی گاز ایران.
۳. استادیار و عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی.
۴. استادیار و عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی.

۱. مقدمه

هر یک از مدل‌های ارزیابی عملکرد، ابزاری به حساب می‌آیند که پس از اجرا می‌توانند اطلاعات گوناگونی را در اختیار تصمیم‌گیرندگان قرار دهند (آذر و ترکاشوند، ۱۳۸۵). به کمک ارزیابی عملکرد، معتبرترین شاخص‌ها برای تعیین نقاط ضعف و بهسازی آن‌ها، تقویت نقاط قوت، تعیین خلاءهای آموزشی افراد، تعدیل/ تجهیز نیروی انسانی، اصلاح نظام پرداخت و پاداش و تنبیه و ... فراهم می‌شود. بدون اطلاعات دقیق از نتیجه ارزیابی عملکرد، امکان ارائه تحلیل درست از وضعیت موجود و فاصله آن با وضعیت مطلوب، ریشه‌یابی علل ناکارآمدی سازمانی و ... اتفاق نمی‌افتد و نیل به مدیریت مبتنی بر برانگیختگی مؤثر نیروی انسانی، پرداخت برابر در مقابل خدمات همسان، ایجاد نظام پرداخت مناسب، فراهم نمودن شرایط مناسب انگیزشی درونی و بیرونی و ... ممکن نخواهد شد.

از تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها[1] می‌توان به‌عنوان ابزاری مناسب برای پاسخگویی به نیازهای کاربردی استفاده کرد و از نتایج به‌دست آمده در مواردی از قبیل: مبنایی برای برنامه‌ریزی‌های آتی، ارائه توصیه‌های کاربردی به هر واحد جهت افزایش کارایی[2]، تعریف شاخص‌های مناسب برای وضعیت مطلوب و مشخص نمودن فاصله بین وضعیت موجود با شرایط آرمانی مورد نظر به لحاظ: منابع – فرآیندها – خروجی‌ها و بازخورها و اصلاح آن‌ها در راستای اهداف سازمانی مورد نظر، ارائه گزارش عملکرد در مورد گروه هدف و ایجاد شرایط رقابتی بین واحدهای مورد بررسی بهره جست.

۲. طرح تحقیق

تعاریف عملیاتی واژه‌ها و مولفه‌ها: قبل از توضیح روش تحلیل پوششی داده‌ها ابتدا لازم است که با مفاهیم مرتبط با تحقیق آشنایی حاصل شود.

کارایی: کارایی در مفهوم عام به معنی درجه و کیفیت رسیدن به مجموعه اهداف مطلوب است (Fare etal, 1985). مفهوم کارایی عموماً به دو بخش کلی کارایی فنی[3] و کارایی تخصیصی[4] تقسیم می‌شود. کارایی فنی به معنی توانایی یک بنگاه در دستیابی به حداکثر ستانده با استفاده از مقدار مشخص نهاده است. کارایی تخصیصی نیز به معنی توانایی بنگاه در به‌کارگیری ترکیب

1. Data Envelopment Analysis (DEA)
2. Efficiency
3. Technical Efficiency
4. Allocative Efficiency

مطلوبی از منابع تولید با توجه به قیمت نهاده‌ها است. برای به‌دست آوردن کارایی کل[1] نیز باید اندازه کارایی فنی را در کارایی تخصیصی ضرب نمود (Alfaraj et al, 1993).

روش‌های محاسبه کارایی: به‌طورکلی دو گروه از روش‌های عمده برای اندازه‌گیری کارایی وجود دارد که عبارت‌اند از: روش‌های «پارامتری[2]» و روش‌های «نا پارامتری[3]» (Ganley and Cubin, 1992). روش پارامتریک نخستین بار در سال ۱۹۸۸ توسط لوول[4] و اشمیت[5] مطرح و در سال ۱۹۹۰ توسط بایر[6] تشریح شد. در این روش پارامتر جامعه مد نظر قرار می‌گیرد و تابع تولید[7] مشخصی به‌عنوان پیش فرض در نظر گرفته می‌شود. یکی از توابعی که مکرراً برای تخمین تابع تولید مورد استفاده قرار می‌گیرد، تابع کاب- داگلاس[8] است که در مباحث اقتصادی برای تخمین تابع تولید مورد استفاده قرار می‌گیرد. تابع کاب -داگلاس خاصیت تبدیل شدن به تابع خطی لگاریتمی را دارد؛ لذا تخمین ضرایب با حل یک مدل برنامه‌ریزی خطی امکان‌پذیر است (Burges, 1996). فارل[9] در سال ۱۹۵۷ برای اولین بار جهت تخمین کارایی، روش‌های ناپارامتریک را مطرح نمود. او به جای حدس تابع تولید، مقدار ورودی‌ها و خروجی‌های واحدها را مشاهده و مرزی برای این واحدها در نظر گرفت و این مرز را که مرز کارا نام دارد، ملاک کارایی قرار داد (Norman and Stoker, 1991).

تحلیل پوششی داده‌ها: تحلیل پوششی داده‌ها، مجموعه‌ای از تکنیک‌هایی است که برای تحلیل داده‌های تولید، هزینه، درآمد و سود بدون پارامتربندی و شاخص‌سازی تکنولوژی به کار می‌رود (Sinuany-Stern et al, 2000). تحلیل پوششی داده‌ها نخستین بار در سال ۱۹۷۸ توسط چارنز، کوپر و رودز[10] برای ارزیابی پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان مدارس ملی آمریکا مطرح شد (ابوالحسنی و دیگران، ۱۳۹۰). تحلیل پوششی داده‌ها یک رهیافت برنامه‌ریزی ریاضی ناپارامتری برای ارزیابی واحدهای تصمیم‌گیری (DMU[11]) است. یک DMU عبارت از یک واحد سازمانی یا یک سازمان مجزا است که توسط فردی بنام «مدیر» یا «رئیس» یا «مسوول» اداره

1. Overall Efficiency
2. Parametric Method
3. Non Parametric Method
4. Lovell
5. Schmit
6. Bauer
7. Production Function
8. Cobb-Douglas
9. Farrell
10. Charnes, Cooper, Rohdes
11. Decision making Unit

می‌شود و دارای فرآیند سیستمی است، به این معنا که تعدادی عوامل تولید را بکار می‌گیرد تا تعدادی محصول حاصل نماید.

تحلیل پوششی داده‌ها در ارزیابی واحدهای تصمیم‌گیرنده این فرض را قائل است که واحدهای تصمیم‌گیری تحت بررسی، داده‌های مشابه را برای تولید ستده‌های مشابه به‌کار می‌گیرند. برای مثال شعب بانک، مدارس یک استان، شعب یک شرکت بیمه‌ای و ... که در هر مورد واحدهای تصمیم‌گیرنده هستند، دارای ساختارهای مشابه هستند؛ لذا نهاده‌ها و ستده‌های مشابه ولی با سطوح مقداری متفاوت دارند. پایه و اساس روش تحلیل پوششی داده‌ها مفهوم کارایی است که به شکل زیر تعریف می‌شود (Anders, Nyrud and Sjur, 2003):

$$\text{کارایی} = \frac{\text{مجموع موزون ستانده‌ها}}{\text{مجموع موزون نهاده‌ها}}$$

تحلیل پوششی داده‌ها از جمله تکنیک‌هایی است که علاوه بر سنجش و ارزیابی کارایی و عملکرد[1]، راه‌های افزایش آن‌ها را نیز به‌طور تفکیکی با استفاده از نسبت ستانده به داده برای هر سطح جداگانه پیشنهاد و نحوه افزایش بهره‌وری[2] را در تمام سطوح ارائه می‌دهد (Wyatt, 1994). در این تکنیک واحدها به‌صورت کارا و ناکارا دسته‌بندی می‌شوند. مدل‌های DEA نحوه کاراسازی واحدهای مورد ارزیابی را که ناکارا تعیین شده‌اند، معرفی می‌نماید (Nooreha et al, 2000).

به‌طورکلی تحلیل پوششی داده‌ها به دو گروه «ورودی محور[3]» و «خروجی محور[4]» تقسیم می‌شود. مدل‌های ورودی محور، مدل‌هایی هستند که با ثابت نگاه داشتن خروجی‌ها، ورودی‌ها را کاهش می‌دهند و مدل‌های خروجی محور، مدل‌هایی هستند که با ثابت نگاه داشتن ورودی‌ها، خروجی‌ها را افزایش می‌دهند (Cook and Zhu, 2005).

1. Performance
2. Productivity
3. Input Orients
4. Output Orients

مدل‌های اساسی DEA

ـ مدل CCR[1] که در مورد مسائل با فرض بازده به مقیاس ثابت[2] مورد استفاده قرار می‌گیرد (Banker et al, 1984).

$$
\begin{aligned}
e_0 = \max \ & \sum_{r=1}^{s} u_r y_{rk} \\
\text{s.t.} \\
& \sum_{r=1}^{s} v_i x_{ik} = 1 \\
& \sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij} \le 0 \quad j = 1,\ldots,n \\
& u_r \ge 0, \quad r = 1,\ldots,s \\
& v_i \ge 0, \quad i = 1,\ldots,m
\end{aligned}
$$

مدل ۱: مدل پرایمال CCR ورودی محور

برای محاسبه کارایی n واحد تصمیم‌گیرنده باید مدل (۱) را n بار حل نمود. پس از حل مدل، یک واحد در صورتی کارا می‌شود که اولاً مقدار تابع هدف برابر با ۱ و ثانیاً تمامی u_r و v_i ها مثبت شوند. به واحدی که دارای این شرایط باشد واحد کارای قوی گفته می‌شود. به واحدی که دارای مقدار ۱ در تابع هدف است لیکن مقدار حداقل یکی از u_r و v_i ها صفر شده، واحد کارای ضعیف گفته می‌شود (Cook and Zhu, 2005).

معمولاً از آنجاکه تعداد واحدهای تصمیم‌گیری از تعداد ورودی‌ها بیشتر است، ترجیح داده می‌شود که از مسأله ثانویه (پوششی) رابطه بالا استفاده شود (Po et al., 2009).

مدل CCR از جمله مدل‌های بازده نسبت به مقیاس ثابت است. این مدل‌ها اندازه واحد تصمیم‌گیرنده را هنگام ارزیابی عملکرد نادیده می‌گیرند؛ در حالی‌که ممکن است اندازه بنگاه روی توانایی آن در تولید خدمات کاراتر، مؤثر باشد (Cook and Seiford, 2009)؛ بنابراین در ادامه مدل بازده نسبت به مقیاس متغیر[3] مطرح می‌شود.

ـ مدل BCC[4] که در ارتباط با مسائل با فرض بازده به مقیاس متغیر مورد استفاده قرار می‌گیرد (Banker et al, 1984).

1. Charnes, Cooper, Rohdes
2. Constant Return to Scale
3. Variable Return to Scale
4. Banker, Charens, Cooper

$$\begin{aligned}
&\text{Max} \quad \sum_{r=1}^{s} u_r y_{rk} + w \\
&\text{s.t.} \\
&\sum_{i=1}^{m} v_i x_{ik} = 1 \\
&\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij} + w \le 0, \quad j=1,\dots,n \\
&u_r \ge 0, \quad r = 1,\dots,s \\
&v_i \ge 0, \quad i = 1,\dots,m \\
&w \quad \text{free} \quad \text{in} \quad \text{sign}
\end{aligned}$$

مدل ۲: مدل پرایمال BCC ورودی محور

تنها تفاوت مدل‌های CCR و BCC در متغیر آزاد در علامت w است. مقدار w می‌تواند مثبت، منفی و یا صفر باشد که به ترتیب نشانگر بازده نسبت به مقیاس افزایشی، کاهشی و ثابت است (Charnes et al.,1994).

ـ مدل‌های BCC – CCR و CCR – BCC که در مورد بازده به مقیاس مورد استفاده قرار می‌گیرند (جهانشاهلو، نیکومرام، حسین‌زاده لطفی، ۸۹، ۱۵۰–۱۴۸).

$$\begin{aligned}
&\text{Min}\theta \\
&\text{s.t.} \\
&\sum_{j=1}^{n} \lambda_j X_j \le \theta X_0 \\
&\sum_{j=1}^{n} \lambda_j Y_j \ge Y_0 \\
&\sum_{j=1}^{n} \lambda_j \ge 1 \\
&\lambda_1,\dots\dots,\lambda_n \ge 0
\end{aligned}$$

مدل ۳: مدل BCC - CCR

$$\begin{aligned}
&\text{Min}\theta \\
&\text{s.t.} \\
&\sum_{j=1}^{n} \lambda_j X_j \le \theta X_0 \\
&\sum_{j=1}^{n} \lambda_j Y_j \ge Y_0 \\
&\sum_{j=1}^{n} \lambda_j \le 1 \\
&\lambda_1,\dots\dots,\lambda_n \ge 0
\end{aligned}$$

مدل ٤: مدل CCR - BCC

ـ مدل جمعی[1] (PK) که به‌طور همزمان کاهش ورودی‌ها و افزایش خروجی‌ها را مورد توجه قرار می‌دهد (Cook and Seiford, 2009).

$$
\begin{aligned}
\text{Max} \quad & \sum_{i=1}^{m} s_i^- + \sum_{r=1}^{s} s_r^+ \\
\text{s.t.} \quad & \\
& \sum_{j=1}^{n} \lambda_j x_{ij} + s_i^- = x_{ip}, \qquad i = 1, \ldots, m \\
& \sum_{j=1}^{n} \lambda_j y_{rj} - s_r^+ = y_{rp}, \qquad r = 1, \ldots, s \\
& \sum_{j=1}^{n} \lambda_j = 1 \\
& \lambda_j, s_i^- \; s_r^+ \geq 0
\end{aligned}
$$

مدل ۵: مدل ثانویه PK

در این مدل S_r^+ متغیرهای کمکی مربوط به محدودیت r اُمین خروجی و S_i^- متغیر کمکی مربوط به محدودیت i اُمین ورودی را بیان می‌دارد. واحد تحت بررسی وقتی کاراست که مقدار تمامی متغیرهای کمکی در مطلوب‌ترین جواب صفر گردد و یک واحد وقتی غیر کارا می‌شود که متغیرهای کمکی غیر صفر شوند. متغیرهای کمکی بیانگر منابع یا میزان عدم کارایی در ورودی‌ها و خروجی‌های متناظر با محدودیت‌های آن‌ها است (Charnes et al., 1985).

ـ مدل رتبه‌بندی کامل «آندرسون – پیترسون[2]» که روشی برای رتبه‌بندی واحدهای تصمیم‌گیری کارا است. با این تکنیک امتیاز واحدهای کارا می‌تواند از یک بیشتر شود، به این ترتیب واحدهای کارا نیز مانند واحدهای غیر کارا می‌توانند رتبه‌بندی شوند.

ایده اصلی در این مدل مقایسه واحد تحت ارزیابی، با ترکیب خطی از همه واحدهای دیگر در نمونه و با حذف واحد مربوط است. مدل‌های پایه‌ای برای ارزیابی واحد تصمیم‌گیری از خود واحد برای ایجاد واحد نشانه بهره می‌گیرند. از این‌رو، چون واحدهای ناکارا در شکل‌گیری مرز کارایی تأثیرگذار نیستند، حذف آن‌ها اثری بر مرز کارایی نخواهد داشت؛ لذا کارایی تکنیکی آن‌ها حتی در مدل «اندرسون – پیترسون» تغییری نخواهد یافت؛ اما واحدهای کارا که مرز کارایی را شکل می‌دهند، حذفشان سبب تغییر شکل مرز کارایی خواهد شد. عدد کارایی اختصاص‌یافته به واحدهای کارا در این مدل برابر یک یا بیشتر از آن است.

1. Pareto–Koopmans
2. Per Andersen & Niels Petersen

$$\begin{aligned} &\mathrm{Min} Y_{\theta} = \theta \\ &\text{s.t.} \\ &\sum_{\substack{j=1 \\ j\neq k}}^{n} \lambda_j X_{ij} + S_i^- = \theta X_{ip} \qquad i = (1,2,...m) \\ &\sum_{\substack{j=1 \\ j\neq k}}^{n} \lambda_j Y_{rj} - S_r^+ = Y_{ip} \qquad r = (1,2,...,s) \\ &\lambda_j \geq 0 \ , \ S_r^- \geq 0 \ , \ S_i^+ \geq 0 \qquad j = (1,2,...,n) \end{aligned}$$

مدل ٦: مدل پوششی اندرسون – پیترسون

با توجه به شرط $j\neq k$ محدودیت مربوط به واحد تحت بررسی از مجموعه محدودیت‌ها حذف شده و در نتیجه واحد کارای تحت بررسی می‌تواند کارایی بیشتر از یک اختیار کند (Anderson and Peterson, 1993).

رابطه تعداد ورودی‌ها و خروجی‌ها با تعداد DMU ها: مسأله قابل‌توجه در تحلیل پوششی داده‌ها آن است که اگر تعداد DMU ها در مقایسه با تعداد ورودی‌ها و خروجی‌ها، اختلاف چندانی نداشته باشد پس از حل مسأله خواهیم دید که بیشتر DMU ها کارا خواهند شد. آنچه به‌صورت تجربی حاصل شده است، چنین است که تعداد DMU های تحت بررسی، در سنجش با مجموع تعداد ورودی‌ها و خروجی‌ها، باید از رابطه زیر پیروی نماید (محرابیان، ۱۳۷۸):

(تعداد خروجی + تعداد ورودی) ۳ ≥ (تعداد DMU های تحت بررسی)

یا

(خروجی‌ها) (ورودی‌ها) ۲ ≥ تعداد DMU های تحت بررسی

۳. متدولوژی و طراحی مدل اندازه‌گیری کارایی

در این تحقیق کارایی نسبی ۲۰ ایستگاه تقویت فشار گاز مورد بررسی قرار گرفته است. ضمنا تحقیق از نظر هدف، کاربردی است و از نظر اجرا، توصیفی از نوع پیمایشی در محدوده زمانی سال‌های ۱۳۹۱-۱۳۹۰ است.

٤. داده‌های تحقیق

در این تحقیق از روش دلفی برای تعیین ورودی‌ها و خروجی‌ها استفاده شده است.

ملاک‌های مدل ارزیابی: مدل ارزیابی متضمن ملاک‌های مجموعه داده‌ها و سته (ستانده‌ها) است:

الف) نهاده‌ها

۱. تجهیزات مؤثر بر فرآیند تولید: برای دستیابی به کارایی قرار دادن مطلوب امکانات مورد نیاز در اختیار ایستگاه‌ها حائز اهمیت است. مهم‌ترین تجهیزات موجود در ایستگاه‌های تقویت فشار گاز عبارت‌اند از: کمپرسور، توربین، اسکرابرها و فیلترها، کنترل ولو، شیر اطمینان، اندازه‌گیرهای ابزار دقیقی، هیتر یا بویلرها، خنک‌کننده‌های گاز، خنک‌کننده‌های روغن، مولد اضطراری، شبکه توزیع برق و هوای ابزاردقیق.

۲. میانگین فشار ورودی: به دلیل کوهستانی بودن خط لوله گاز و همچنین طولانی بودن مسافت‌ها، پیدایش افت فشار در لوله‌ها اجتناب‌ناپذیر است؛ بنابراین برای تداوم جریان گاز در مسیر خط لوله وجود فشار عاملی الزامی است که به مواردی مانند میزان گاز عبوری نیز بستگی دارد.

۳. میانگین سوخت مصرفی: در شرکت ملی گاز در تمامی ایستگاه‌های تقویت فشار برای گرداندن کمپرسور گاز، از توربین گازی استفاده می‌شود. سوخت توربین‌ها از گاز ورودی به همان ایستگاه تأمین می‌شود. عواملی نظیر فشار خط و درجه سردی و گرمی هوا بر تعداد توربین‌های در حال سرویس تأثیرگذار هستند.

ب) ستانده‌ها

۱. میانگین جریان عبوری: جریان عبوری، مقدار گازی است که از هر ایستگاه عبور می‌کند. مصرف بالادستی، استانداردهای مجاز تعیین شده و فشار از آیتم‌های تعیین‌کننده آن هستند.

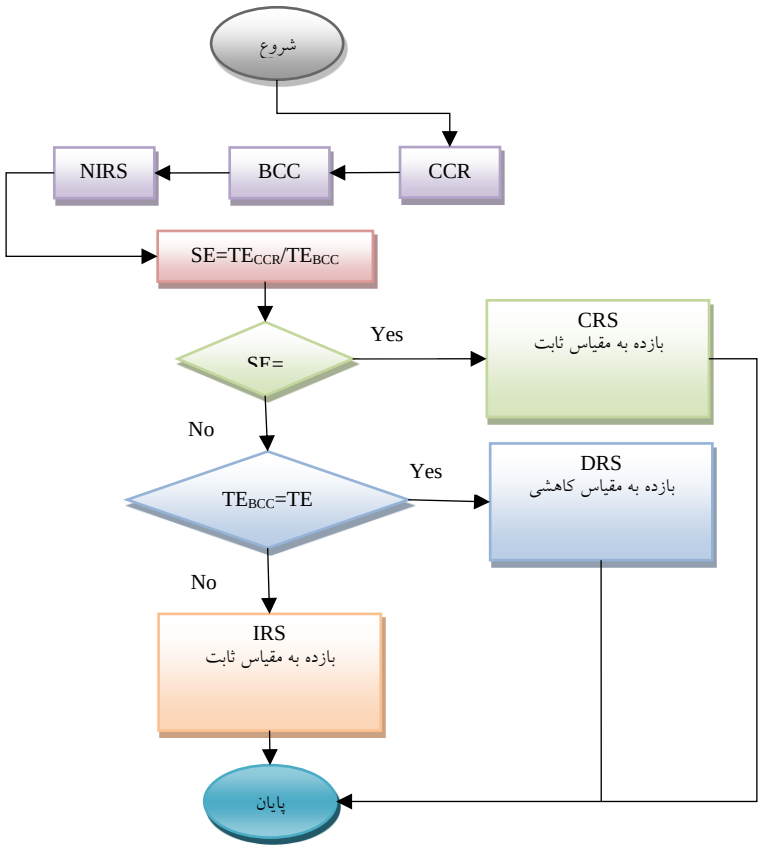
۲. قابلیت اطمینان: قابلیت اطمینان تأسیسات تقویت فشار گاز به مفهوم حصول اطمینان از کارکرد واحدهای آن در زمان کار دائم است که به‌صورت نسبتی از زمان کارکرد به مجموع زمان‌های کارکرد و توقف بدون برنامه واحدها اطلاق می‌شود.

۳. قابلیت دسترسی: قابلیت دسترسی تأسیسات تقویت فشار به مفهوم آمادگی آن تأسیسات برای کار است که به‌صورت نسبتی از مجموع زمان کارکرد و عدم نیاز (ولی با آمادگی کامل) به کل دوره بررسی اطلاق می‌شود.

از آنجاکه شاخص‌های مورد استفاده در این تحقیق از نوع کمی و مدل تحقیق از نوع پژوهش عملیاتی است؛ لذا برای گردآوری داده‌ها، از اسناد و مدارک استفاده مقتضی به‌عمل آمده است.

در انتها یادآور می‌شود که کلیه متغیرهای خروجی و هم چنین متغیرهای ورودی تجهیزات مؤثر بر فرآیند تولید و میانگین فشار ورودی از جنس مثبت است؛ ولی متغیر ورودی میانگین سوخت مصرفی از نوع متغیر منفی است و کاهش آن سبب بهبود تابع هدف خواهد شد (Chang et al., 2011).

مدل استفاده‌شده برای تحلیل داده‌ها: برای تحلیل داده‌ها، از مدل مفهومی زیر که با استفاده از تکنیک‌های مختلف طراحی گردیده است، استفاده شد.



شکل ۱: مدل مفهومی ارزیابی عملکرد ایستگاه‌های تقویت فشار گاز

اجرای مدل مفهومی ارزیابی عملکرد: برای نیل به اهداف تحقیق، گام اول یافتن مدل DEA مناسب برای رتبه‌بندی واحدهای تصمیم‌گیرنده است. در مطالعه بر روی ایستگاه‌های تقویت فشار گاز، از دیدگاه برخوردار از ماهیت ورودی و در نظر گرفتن اهداف تحقیق در ساخت مدل استفاده شده است.

به این منظور ابتدا داده‌ها در مدل CCR وارد می‌شود. آنگاه مدل با استفاده از نرم‌افزار Lingo (روش فار و گروسکوف[1]) حل و نتایج حاصل می‌شود (مهرگان، ۱۳۸۳).

از آنجاکه همه ایستگاه‌های مورد بررسی در مقیاس مطلوب عمل نمی‌کنند، فرض بازدهی ثابت به مقیاس نمی‌تواند همیشه مناسب باشد؛ لذا با افزودن قید تحدب $\sum \lambda_j = 1$ در مدل CCR، می‌توان آن را بسط داد تا به مدل BCC تبدیل شود که خود شامل فرض بازدهی متغیر به مقیاس (VRS) است و در نتیجه مرز کارایی به شکل تکه‌ای – خطی خواهد بود. حذف این محدودیت موجب افزایش منطقه موجه در CCR می‌شود و به همین دلیل تعداد واحدهای کارا و نیز متوسط نمرات کارایی در مدل CCR کاهش می‌یابد.

باید توجه داشت که نمرات BCC تنها می‌تواند بیانگر کارایی تکنیکی خالص باشد. نسبت کارایی کل (CCR) به کارایی تکنیکی خالص (BCC) می‌تواند بیانگر کارایی مقیاس باشد (Mostafa, 2009).

برای تعیین نوع بازده به مقیاس، ابتدا باید مدل NIRS را برای تمامی DMU ها حل کرد. سپس نتایج مدل‌های BCC و CCR مقایسه می‌شود. اگر این دو امتیاز مساوی بود بازده به مقیاس ثابت است؛ در غیر این صورت نتایج BCC و NIRS مقایسه می‌شود، اگر امتیازات مساوی بود بازده به مقیاس کاهشی و در غیر این صورت افزایشی است (نشان‌دهنده آن است که واحد تحت بررسی دارای ناکارایی مقیاسی است و میزان این ناکارایی مقیاس از تفاوت امتیاز کارایی محاسبه شده توسط دو مدل به‌دست می‌آید) (مهرگان، ۱۳۸۳).

در ادامه با استفاده از مدل اندرسون – پیترسون واحدهای کارا رتبه‌بندی می‌شوند؛ بدین صورت که مدل مضربی یا پوششی CCR برای ایستگاه‌های تحت بررسی حل می‌شود تا واحدهای کارا و ناکارا مشخص شوند. بعد از مشخص شدن ایستگاه‌های کارا، با حذف محدودیت مربوط به واحد تحت بررسی، مدل مجدد حل می‌شود و با توجه به اعداد به‌دست آمده برای ایستگاه‌های کارا، مدل‌ها رتبه‌بندی می‌شوند.

نتایج ارزیابی عملکرد: جداول ۱ و ۲ اندازه کارایی ثابت به مقیاس (CRS)، کارایی مدیریتی (VRS)، کارایی NIRS، کارایی مقیاس (SC) و نوع بازده به مقیاس را در حالت ورودی محور در سال‌های ۹۰ و ۹۱ نشان می‌دهد.

در مدل CCR با ماهیت ورودی، در سال ۱۳۹۰، از ۲۰ ایستگاه تقویت فشار گاز، ۸ ایستگاه دارای کارایی نسبی ۱ (۱۰۰٪) بوده‌اند. همچنین میانگین کارایی کل ایستگاه‌ها در این مدل ۰/۹۶۲۰ (۹۶/۲۰٪) است. از این ۲۰ ایستگاه کارایی ۷ ایستگاه کمتر از میانگین و کارایی ۱۳

1. Fare & Grosskopf

ایستگاه بالاتر از میانگین است. دامنه تغییرات کارایی ایستگاه‌های تقویت فشار گاز (۱و۰/۷۹۸) به‌دست آمده است.

در سال ۹۱ از بین ۲۰ ایستگاه تقویت فشار گاز، ۶ ایستگاه کارایی نسبی ۱۰۰٪ داشته‌اند. میانگین کارایی ایستگاه‌ها، ۰/۷۷۶۳ است که ۸ ایستگاه کارایی کمتر از میانگین و ۱۲ ایستگاه کارایی بیشتر از میانگین دارند. همچنین دامنه تغییرات کارایی ایستگاه‌ها (۱و۰/۴۲۲) حاصل شده است. در مدل BCC به دلیل داشتن فرض بازده به مقیاس متغیر (VRS) و در نتیجه تغییر شکل مرز کارایی، محققاً واحدهای بیشتری بر روی مرز کارایی قرار خواهند گرفت؛ به‌طوری‌که در سال ۹۰ از مجموع ۲۰ ایستگاه مورد بررسی، ۱۱ ایستگاه دارای کارایی ۱۰۰٪ بوده و ۹ ایستگاه ناکارا شناخته شده‌اند. میانگین کارایی ایستگاه‌ها ۹۷/۴۸ است که از این بین ۷ ایستگاه پایین‌تر از میانگین و ۱۳ ایستگاه دارای کارایی بالاتر از میانگین بوده‌اند. دامنه تغییرات کارایی (۱و۰/۸۸۰۵) به‌دست آمده است. نتایج حاصل از محاسبات سال ۱۳۹۱ حاکی از آن است که ۱۳ ایستگاه دارای کارایی نسبی ۱۰۰٪ بوده و ۷ ایستگاه ناکارا شناخته شده است. میانگین کارایی ۰/۹۲۳۱ است و ۶ ایستگاه دارای کارایی کمتر از میانگین بوده‌اند. دامنه تغییرات کارایی (۱و۰/۴۲۵۵) است.

همان‌طور که گفته شد با توجه به نتایج، در حالت CRS، ۸ ایستگاه در سال ۱۳۹۰ و ۶ ایستگاه در سال ۱۳۹۱ کارا هستند، یعنی این ایستگاه‌ها هم کارایی فنی و هم کارایی مقیاس دارند و در حالت VRS، در سال ۹۰، ۱۱ ایستگاه و در سال ۹۱، ۱۳ ایستگاه کارا هستند یعنی فقط کارایی فنی خالص با ماهیت ورودی دارند. از میان ۱۱ ایستگاه در سال ۹۰، ایستگاه‌های ۶، ۹ و ۱۳ همچنین در سال ۹۱ از میان ۱۳ ایستگاه، ایستگاه‌های ۳، ۵، ۸، ۹، ۱۰، ۱۲ و ۱۶ اگر چه کارایی فنی ورودی دارند؛ ولی کارایی مقیاس ندارند، یعنی در مقیاس بهینه عمل نمی‌کنند. در واقع این ایستگاه‌ها کارایی فزاینده یا کاهنده نسبت به مقیاس دارند و باید سطح فعالیت خود را تغییر دهند تا به مقیاس مطلوب دست یابند. بقیه ایستگاه‌ها نه کارایی فنی با ماهیت ورودی دارند و نه کارایی مقیاس. برای مثال، اندازه کارایی فنی با ماهیت ورودی ایستگاه G.T.1 در سال ۹۰ در حالت CRS برابر با ۷۹/۸٪ و اندازه کارایی فنی آن در حالت VRS برابر با ۸۸/۰۵٪ است، یعنی این شرکت باید حدود ۱۱/۹۵٪ در ورودی‌های خود صرفه جویی نماید تا به کارایی فنی برسد و باید حدود ۲۰/۲٪ در ورودی‌های خود صرفه‌جویی نماید تا هم به کارایی فنی و هم به مقیاس بهینه دست یابد.

همچنین ایستگاه G.T.2 نیز ناکاراست. این ایستگاه نیز باید به میزان ۳/۵۴٪ ورودی خود را کاهش دهد تا به کارایی فنی با ماهیت ورودی دست یابد و همچنین باید حدود ۳/۵۴٪ ورودی‌های خود را کاهش دهد تا بتواند در مقیاس بهینه عمل نماید.

مطلب قابل توجه بعدی مجموعه‌های مرجع است. یکی از ویژگی‌های روش تحلیل پوششی داده‌ها، معرفی مجموعه‌ای از واحدهای کارا به‌عنوان الگو برای یک واحد ناکارا است که با ضرایب مشخصی اهداف ورودی و خروجی را برای واحد ناکارا مشخص می‌نماید؛ به‌گونه‌ای که واحدهای ناکارا برای رسیدن به کارایی می‌توانند آن‌ها را به‌عنوان الگوی خود قرار دهند. از آنجاکه این بنگاه مرکب در صنعت وجود ندارد به‌عنوان یک بنگاه مجازی کارا شناخته می‌شود. همچنین زمانی که بنگاهی کارا باشد مجموعه مرجع آن، خود آن بنگاه است. سهم هر یک از بنگاه‌های کارا در تشکیل بنگاه مجازی کارا برای هر یک از واحدهای ناکارا بستگی به وزن (λ) دارد.

واحدهای کارای مجموعه مرجع برای هر واحد ناکارا و همچنین وزن هر یک از آن‌ها برای دو مدل CCR و BCC در سال‌های ۹۰ و ۹۱ در جداول ۳ تا ۶ نمایش داده شده است.

برای مثال برای شرکت G.T.1 در سال ۹۰، اعضای مجموعه مرجع و وزن هر یک (واحدها و وزن آن‌ها) در حالت CCR شامل: (۰/۰۰۸۸)۱۴ ، (۰/۷۶)۱۱ و (۰/۲۲)۷ است.

در مدل BCC اعضای مجموعه مرجع و وزن‌های آن‌ها برای ایستگاه G.T.1 در سال ۹۰ شامل (۰/۱۵)۶، (۰/۶۴)۹ و (۰/۱۹)۱۸ است یعنی برای کارا شدن این ایستگاه باید ۰/۱۵ ورودی‌های ایستگاه ۶ + ۰/۶۴ ورودی‌های ایستگاه ۹ +۰/۱۹ ورودی‌های ایستگاه ۱۸ را به‌کار گیرد.

به همین ترتیب برای کلیه واحدهای ناکارا می‌توان نشان داد که چگونه ساختار ورودی و خروجی این واحدها به‌صورت ترکیب خطی از ساختار ورودی و خروجی‌های مجموعه مرجع تعدیل شود تا به سطح کارا برسند.

جداول ۷ تا ۱۰ نمایش فراوانی استفاده از واحدهای مرجع در مدل‌های CCR و BCC را نشان می‌دهد. این جداول مبین تعداد دفعات تکرار واحدهای مرجع به‌عنوان مرجع واحدهای ناکارا هستند. برای مثال، در مدل CCR در سال ۹۰ ایستگاه‌های ۱۱، ۷ و ۱۴ به ترتیب با ۱۰، ۹ و ۶ مرتبه مرجع قرار گرفتن را می‌توان جزء ایستگاه‌های موفق قلمداد نمود.

جداول ۱۱ و ۱۲ از حل مدل «آندرسون – پیترسون» برای واحدهای کارا در سال‌های ۹۰ و ۹۱ حاصل شده است. در سال ۹۰ ایستگاه‌های ۱۸، ۷ و ۸ به ترتیب بیشترین رتبه را از نظر کارایی کسب کرده‌اند. همچنین در سال ۹۱ ایستگاه‌های ۷، ۱۴ و ۱۷ به ترتیب حائز رتبه اول تا سوم شده‌اند. مطلب دیگری که از این جداول استنباط می‌شود مقدار حاصل از تفاضل عدد کارایی حاصل از مدل «آندرسون – پیترسون» با عدد یک است که با افزایش در مقدار نهاده حداکثر به آن میزان، واحد تصمیم‌گیری همچنان کارا باقی می‌ماند.

جدول ۱: میزان کارایی DMU ها (سال ۹۰)

	میزان کارایی				
DMU	کارایی ثابت به مقیاس (CRS)	کارایی مدیریتی (VRS)	کارایی (NIRS)	کارایی مقیاس (SC)	نوع بازده به مقیاس
G.T.1*	۰/۷۹۸	۰/۸۸۰۵	۰/۸۸۰۵	۰/۹۰۶۳	DRS
G.T.2	۰/۹۶۴۶	۰/۹۶۴۶	۰/۹۶۴۶	۱	CRS
G.T.3	۰/۹۵۲۷	۰/۹۵۲۸	۰/۹۵۲۷	۰/۹۹۹۸	IRS
G.T.4	۰/۹۴۶۶	۰/۹۴۶۶	۰/۹۴۶۶	۱	CRS
G.T.5	۰/۸۸۵۹	۰/۸۸۵۹	۰/۸۸۵۹	۱	CRS
G.T.6	۰/۹۳۶۵	۱	۱	۰/۹۳۶۵	DRS
G.T.7	۱	۱	۱	۱	CRS
G.T.8	۱	۱	۱	۱	CRS
G.T.9	۰/۹۷۸۰	۱	۱	۰/۹۷۸	DRS
G.T.10	۰/۸۸۸۱	۰/۹۴۴۶	۰/۹۴۴۶	۰/۹۴۰۱	DRS
G.T.11	۱	۱	۱	۱	CRS
G.T.12	۱	۱	۱	۱	CRS
G.T.13	۰/۹۸۰۱	۱	۱	۰/۹۸۰۱	DRS
G.T.14	۱	۱	۱	۱	CRS
G.T.15	۰/۹۷۹۵	۰/۹۸۵۰	۰/۹۷۹۵	۰/۹۹۴۴	IRS
G.T.16	۱	۱	۱	۱	CRS
G.T.17	۰/۹۹۵۰	۰/۹۹۹۱	۰/۹۹۵۰	۰/۹۹۵۸	IRS
G.T.18	۱	۱	۱	۱	CRS
G.T.19	۱	۱	۱	۱	CRS
G.T.20	۰/۹۳۵۲	۰/۹۳۷۵	۰/۹۳۵۲	۰/۹۹۷۵	IRS

منبع: یافته‌های تحقیق

* با توجه به ضرورت رعایت حقوق شرکت انتقال گاز و امانت‌داری در استفاده از اطلاعات، کلیه ایستگاه‌ها به صورت G.T.i نامگذاری شده‌اند؛ اما اسامی آن‌ها برای استفاده تصمیم‌گیرندگان و مسئولان شرکت انتقال گاز، موجود است.

جدول ۲: میزان کارایی DMU ها (سال ۹۱)

	میزان کارایی				
DMU	کارایی ثابت به مقیاس (CRS)	کارایی مدیریتی (VRS)	کارایی (NIRS)	کارایی مقیاس (SC)	نوع بازده به مقیاس
G.T.1	۰/۵۲۱۵	۰/۸۶۷۰	۰/۸۶۷۰	۰/۶۰۱۴	DRS
G.T.2	۱	۱	۱	۱	CRS
G.T.3	۰/۹۳۸۵	۱	۱	۰/۹۳۸۵	DRS
G.T.4	۰/۴۹۷۳	۰/۷۴۲۰	۰/۷۴۲۰	۰/۶۷۰۲	DRS
G.T.5	۰/۶۵۶۸	۱	۱	۰/۶۵۶۸	DRS
G.T.6	۰/۵۲۳۷	۰/۹۵۴۸	۰/۹۵۴۸	۰/۵۴۸۴	DRS
G.T.7	۱	۱	۱	۱	CRS
G.T.8	۰/۹۲۱۵	۱	۱	۰/۹۲۱۵	DRS
G.T.9	۰/۸۲۴۱	۱	۱	۰/۸۲۴۱	DRS
G.T.10	۰/۷۸۷۸	۱	۱	۰/۷۸۷۸	DRS
G.T.11	۱	۱	۱	۱	CRS
G.T.12	۰/۸۱۰۲	۱	۱	۰/۸۱۰۲	DRS
G.T.13	۰/۵۱۲۵	۰/۸۳۶۳	۰/۸۳۶۳	۰/۶۱۲۸	DRS
G.T.14	۱	۱	۱	۱	CRS
G.T.15	۰/۵۶۷۷	۰/۸۷۱۸	۰/۵۶۷۷	۰/۶۵۱۱	IRS
G.T.16	۰/۷۸۰۳	۱	۱	۰/۷۸۰۳	DRS
G.T.17	۱	۱	۱	۱	CRS
G.T.18	۱	۱	۱	۱	CRS
G.T.19	۰/۷۶۳۹	۰/۷۶۵۵	۰/۷۶۳۹	۰/۹۹۷۹	IRS
G.T.20	۰/۴۲۲۰	۰/۴۲۵۵	۰/۴۲۲۰	۰/۹۹۱۷	IRS

منبع: یافته‌های تحقیق

جدول ۳: نمایش واحدهای مرجع ایستگاه‌های ناکارا و وزن هر یک در حالت BCC پوششی نهاده‌گرا (سال ۹۰)

DMU	میزان کارایی	مجموعه مرجع ایستگاه‌های ناکارا و وزن هر یک			
G.T.1	۰/۸۸۰۵	G.T.6 (۰/۱۵)	G.T.9 (۰/۶۴)	G.T.18 (۰/۱۹)	–
G.T.2	۰/۹۶۴۶	G.T.7 (۰/۵۷)	G.T.11 (۰/۲۸)	G.T.14 (۰/۱۴)	–
G.T.3	۰/۹۵۲۸	G.T.7 (۰/۸۱)	G.T.8 (۰/۰۵۷)	G.T.14 (۰/۱۳)	–
G.T.4	۰/۹۴۶۶	G.T.7 (۰/۳۹)	G.T.11 (۰/۶۰)	–	–
G.T.5	۰/۸۸۵۹	G.T.7 (۰/۶۷)	G.T.11 (۰/۳۲)	–	–
G.T.10	۰/۹۴۴۶	G.T.6 (۰/۱۹)	G.T.7 (۰/۸۰)	–	–
G.T.15	۰/۹۸۵۰	G.T.11 (۰/۳۹)	G.T.14 (۰/۱۷)	G.T.18 (۰/۴۳)	–
G.T.17	۰/۹۹۹۱	G.T.11 (۰/۳۰)	G.T.12 (۰/۱۷)	G.T.14 (۰/۲۰)	G.T.18 (۰/۳۰)
G.T.20	۰/۹۳۷۵	G.T.7 (۰/۷۳)	G.T.11 (۰/۲۶)	–	–

منبع: یافته‌های تحقیق

جدول ٤: نمایش واحدهای مرجع ایستگاه‌های ناکارا و وزن هر یک در حالت BCC پوششی نهاده‌گرا (سال ۹۱)

DMU	میزان کارایی	مجموعه مرجع ایستگاه‌های ناکارا و وزن هر یک			
G.T.1	۰/۸۶۷۰	G.T.11 (۰/۳۶)	G.T.12 (۰/۴۶)	G.T.14 (۰/۱۶)	G.T.17 (۰/۰۰۱)
G.T.4	۰/۷۴۲۰	G.T.12 (۰/۷)	G.T.14 (۰/۲۹)	G.T.17 (۰/۰۰۷)	–
G.T.6	۰/۹۵۴۸	G.T.9 (۰/۰۱۶)	G.T.12 (۰/۴۳)	G.T.14 (۰/۵۱)	G.T.17 (۰/۰۰۳۸)
G.T.13	۰/۸۳۶۳	G.T.5 (۰/۹۸)	G.T.16 (۰/۰۱۲)	–	–
G.T.15	۰/۸۷۱۸	G.T.14 (۰/۴۹)	G.T.17 (۰/۱۱)	G.T.18 (۰/۳۸)	–
G.T.19	۰/۷۶۵۵	G.T.17 (۰/۲۹)	G.T.18 (۰/۷۰)	–	–
G.T.20	۰/۴۲۵۵	G.T.14 (۰/۳۸)	G.T.17 (۰/۵۹)	G.T.18 (۰/۰۲۱)	–

منبع: یافته‌های تحقیق

جدول ٥: نمایش واحدهای مرجع ایستگاه‌های ناکارا و وزن هر یک در حالت CCR پوششی نهاده‌گرا (سال ۹۰)

DMU	میزان کارایی	مجموعه مرجع ایستگاه‌های ناکارا و وزن هر یک			
G.T.1	۰/۷۹۸	G.T.7 (۰/۲۲)	G.T.11 (۰/۷۶)	G.T.14 (۰/۰۰۸۸)	–
G.T.2	۰/۹۶۴۶	G.T.7 (۰/۵۷)	G.T.11 (۰/۲۸)	G.T.14 (۰/۱۴)	–
G.T.3	۰/۹۵۲۷	G.T.7 (۰/۸۱)	G.T.8 (۰/۰۵۷)	G.T.14 (۰/۱۳)	–
G.T.4	۰/۹۴۶۶	G.T.7 (۰/۳۹)	G.T.11 (۰/۶۰)	–	–
G.T.5	۰/۸۸۵۹	G.T.7 (۰/۶۷)	G.T.11 (۰/۳۲)	–	–
G.T.6	۰/۹۳۶۵	G.T.7 (۰/۳۹)	G.T.11 (۰/۶۰)	–	–
G.T.9	۰/۹۷۸۰	G.T.7 (۰/۴۶)	G.T.11 (۰/۵۳)	–	–
G.T.10	۰/۸۸۸۱	G.T.7 (۰/۶۲)	G.T.11 (۰/۳۷)	–	–
G.T.13	۰/۹۸۰۱	G.T.14 (۰/۱۰۹)	G.T.18 (۰/۸۹)	–	–
G.T.15	۰/۹۷۹۵	G.T.11 (۰/۳۸)	G.T.14 (۰/۱۷)	G.T.18 (۰/۴۳)	–
G.T.17	۰/۹۹۵۰	G.T.11 (۰/۳۰)	G.T.12 (۰/۱۷)	G.T.14 (۰/۲۱)	G.T.18 (۰/۳۰)
G.T.20	۰/۹۳۵۲	G.T.7 (۰/۷۳)	G.T.11 (۰/۲۵)	–	–

منبع: یافته‌های تحقیق

جدول ٦: نمایش واحدهای مرجع ایستگاه‌های ناکارا و وزن هر یک در حالت CCR پوششی نهاده‌گرا (سال ۹۱)

DMU	میزان کارایی	مجموعه مرجع ایستگاه‌های ناکارا و وزن هر یک			
G.T.1	۰/۵۲۱۵	G.T.14 (۰/۰۵۷)	G.T.17 (۰/۵۴)	G.T.18 (۰/۴۰)	–
G.T.3	۰/۹۳۸۵	G.T.7 (۰/۵۷)	G.T.11 (۰/۵۴)	G.T.14 (۰/۴۰)	–
G.T.4	۰/۴۹۷۳	G.T.17 (۰/۴۷)	G.T.18 (۰/۵۲)	–	–
G.T.5	۰/۶۵۶۸	G.T.14 (۰/۶۸)	G.T.17 (۰/۴۱)	–	–
G.T.6	۰/۵۲۳۷	G.T.14 (۰/۰۵۶)	G.T.17 (۰/۵۵)	G.T.18 (۰/۳۹)	–
G.T.8	۰/۹۲۱۵	G.T.14 (۰/۷۳)	G.T.17 (۰/۰۲۵)	G.T.18 (۰/۲۳)	–
G.T.9	۰/۸۲۴۱	G.T.14 (۰/۷۱)	G.T.17 (۰/۶۵)	–	–
G.T.10	۰/۷۸۷۸	G.T.7 (۰/۷۴)	G.T.11 (۰/۱۵)	G.T.14 (۰/۰۳۳)	G.T.17 (۰/۰۸۲)
G.T.12	۰/۸۱۰۲	G.T.17 (۰/۴۲)	G.T.18 (۰/۵۸)	–	–
G.T.13	۰/۵۱۲۵	G.T.17 (۰/۵۵)	G.T.18 (۰/۴۵)	–	–
G.T.15	۰/۵۶۷۷	G.T.14 (۰/۵۶)	–	–	–
G.T.16	۰/۷۸۰۳	G.T.17 (۰/۳۳)	G.T.18 (۰/۶۶)	–	–
G.T.19	۰/۷۶۳۹	G.T.17 (۰/۲۹)	G.T.18 (۰/۷۰)	–	–
G.T.20	۰/۴۲۲۰	G.T.7 (۰/۰۴۹)	G.T.14 (۰/۳۹)	G.T.17 (۰/۵۸)	–

منبع: یافته‌های تحقیق

جدول ۷: نمایش فراوانی استفاده از واحدهای مرجع مدل CCR پوششی نهاده‌گرا - (سال ۹۰)

DMU	نمره کارایی	تعداد دفعات استفاده از واحد به‌عنوان مرجع
G.T.7	۱	۹
G.T.8	۱	۱
G.T.11	۱	۱۰
G.T.12	۱	۱
G.T.14	۱	۶
G.T.16	۱	۰
G.T.18	۱	۳
G.T.19	۱	۰

منبع: یافته‌های تحقیق

جدول ۸: نمایش فراوانی استفاده از واحدهای مرجع مدل CCR پوششی نهاده‌گرا - (سال ۹۱)

DMU	نمره کارایی	تعداد دفعات استفاده از واحد به‌عنوان مرجع
G.T.2	۱	۰
G.T.7	۱	۳
G.T.11	۱	۲
G.T.14	۱	۹
G.T.17	۱	۱۲
G.T.18	۱	۸

منبع: یافته‌های تحقیق

جدول ۹: نمایش فراوانی استفاده از واحدهای مرجع مدل BCC پوششی نهاده‌گرا - (سال ۹۰)

DMU	نمره کارایی	تعداد دفعات استفاده از واحد به‌عنوان مرجع
G.T.6	۱	۲
G.T.7	۱	۶
G.T.8	۱	۱
G.T.9	۱	۱
G.T.11	۱	۶
G.T.12	۱	۱
G.T.13	۱	۰
G.T.14	۱	۴
G.T.16	۱	۰
G.T.18	۱	۳
G.T.19	۱	۰

منبع: یافته‌های تحقیق

جدول ۱۰: نمایش فراوانی استفاده از واحدهای مرجع مدل BCC پوششی نهاده‌گرا - (سال ۹۱)

DMU	نمره کارایی	تعداد دفعات استفاده از واحد به‌عنوان مرجع
G.T.2	۱	۰
G.T.3	۱	۰
G.T.5	۱	۱
G.T.7	۱	۰
G.T.8	۱	۰
G.T.9	۱	۱
G.T.10	۱	۰
G.T.11	۱	۱
G.T.12	۱	۳
G.T.14		۵
G.T.16	۱	۱
G.T.17	۱	۶
G.T.18	۱	۳

منبع: یافته‌های تحقیق

جدول ۱۱: نمایش رتبه‌بندی ایستگاه‌های کارا در حالت CCR نهاده‌گرا (سال ۹۰)

رتبه	DMU	امتیاز کسب شده
۱	G.T.18	۲
۲	G.T.7	۱/۹۵۱۸
۳	G.T.8	۱/۶۰۰
۴	G.T.11	۱/۱۷۱۲
۵	G.T.16	۱/۱۰۰۱
۶	G.T.19	۱/۰۴۴۱
۷	G.T.12	۱/۰۲۱۵۴۵
۸	G.T.14	۱/۰۲۱۵۰۸

منبع: یافته‌های تحقیق

جدول ۱۲: نمایش رتبه‌بندی ایستگاه‌های کارا در حالت CCR نهاده‌گرا (سال ۹۱)

رتبه	DMU	امتیاز کسب شده
۱	G.T.7	۱/۶۲۰۲
۲	G.T.14	۱/۲۷۷۳
۳	G.T.17	۱/۲۳۴۵
۴	G.T.11	۱/۰۸۰۷
۵	G.T.2	۱/۰۴۴۳
۶	G.T.18	۱/۰۰۱

منبع: یافته‌های تحقیق

۵. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها معیاری به نام اندازه کارایی به‌دست می‌آید که در اقتصاد معیاری بسیار مناسب برای ارزیابی عملکرد محسوب می‌شود. استفاده از این مدل، ارزیابی را واقع‌بینانه می‌سازد و از مجموع واحدهای تحت بررسی تعدادی را به‌عنوان کارا معرفی می‌نماید و به کمک آن‌ها مرز کارایی تشکیل می‌شود و این مرز ملاک کارایی است. یکی از ویژگی‌های این روش آن است که واحدهای تحت بررسی به دلیل مقایسه با یک سطح استاندارد از قبل تعیین شده ارزیابی نمی‌شوند؛ بلکه ملاک وضعیت عملکردی سایر واحدها است. الگوسازی از ویژگی‌های دیگر این روش است و بدین صورت راهکارهای بهبود کارایی نیز تعیین می‌شود. این تحقیق، با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها، به‌بررسی تغییرات کارایی ۲۰ ایستگاه تقویت فشار گاز طی سال‌های ۹۰ تا ۹۱ پرداخته است. با توجه به نتایج به‌دست آمده در سال‌های ۹۰ و ۹۱، به ترتیب ۴۰ و ۳۰ درصد از ایستگاه‌های تقویت فشار گاز در هر دو حالت CRS و VRS کارا بوده‌اند یعنی توانسته‌اند هر دو کارایی فنی و مقیاس را کسب کنند (ایستگاه‌های شماره ۷ و

۸ و ۱۱ و ۱۲ و ۱۴ و ۱۶ و ۱۸ و ۱۹ در سال ۹۰ و ایستگاه‌های شماره ۲ و ۷ و ۱۱ و ۱۴ و ۱۷ و ۱۸ در سال ۹۱). در نقطه مقابل، در سال‌های ۹۰ و ۹۱ فقط ۱۵ و ۳۰ درصد از ایستگاه‌ها تنها در حالت VRS کارا هستند یعنی فقط کارایی فنی خالص دارند و فاقد کارایی مقیاس هستند (ایستگاه‌های شماره ۶ و ۹ و ۱۳ در سال ۹۰ و ایستگاه‌های شماره ۳ و ۵ و ۸ و ۹ و ۱۰ و ۱۶ در سال ۹۱).

در سال ۹۰ از مجموع ۲۰ ایستگاه، ۴ ایستگاه از بازدهی به مقیاس افزایشی و ۵ ایستگاه بازدهی به مقیاس کاهشی داشته‌اند. در سال ۹۱ مقدار ۳ و ۱۱ ایستگاه به ترتیب برای بازدهی به مقیاس افزایشی و کاهشی حاصل شده است.

در حالت CCR (نهاده‌گرا) در سال ۹۰ ایستگاه شماره ۱۸ رتبه اول کارایی را بین ۸ ایستگاه کارا کسب کرده است و در سال ۹۱ رتبه اول به ایستگاه شماره ۷ (ایستگاه رتبه دوم سال ۹۰) از بین ۶ ایستگاه کارا مربوط است.

منابع

۱. آذر، عادل و ترکاشوند، علیرضا (۱۳۸۵). «ارزیابی عملکرد آموزشی و پژوهشی با استفاده از مدل تحلیل پوششی داده‌ها: گروه‌های آموزشی دانشکده علوم انسانی دانشگاه تربیت مدرس»، **فصلنامه مدرس علوم انسانی**، دوره ۱۰، شماره ۱.

۲. ابوالحسنی، اصغر؛ فرهنگ، صفر و زارع شاهی، علی (۱۳۹۰). «ارزیابی کارایی و روند رشد تغییرات بهره‌وری صنعت کاشی و سرامیک ایران»، **دو فصلنامه اقتصاد و توسعه منطقه‌ای**، دوره جدید سال هجدهم، شماره ۲.

۳. جهانشاهلو، غلامرضا؛ نیکومرام، هاشم؛ حسین‌زاده لطفی، فرهاد (۱۳۸۹). **تحلیل پوششی داده‌ها و کاربردهای آن**، چاپ اول، تهران، نشر آثار نفیس.

۴. محرابیان، سعید (۱۳۷۸). «مفاهیم محاسباتی در تحلیل پوششی داده‌ها»، پایان‌نامه دکتری (علوم ریاضی)، دانشگاه تربیت مدرس.

۵. مهرگان، محمدرضا (۱۳۸۳). **ارزیابی عملکرد سازمان‌ها: رویکردی کمی با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها**، چاپ اول، تهران، انتشارات دانشگاه تهران.

6. Alfaraj, T.N., et al (1993). "Evaluation of Bank branches by means of DEA". **International Journal of Operation and Production Management:** 45-52.

7. Anders, Q; Nyrud and Sjur, Baardsen. (2003). "Production Efficiency and Productivity Growth in Norwegian Sawmilling", **Forest Science** 49(1): 89-97.

8. Anderson, P; Peterson, N.C. (1993). "A Procedure for Ranking Efficient Units In DEA", **Management Science,** No.39.

9. Banker, R. D., Charnes, A. and Cooper, W.W. (1984). "Some methods for estimating technical and inefficiencies in data envelopment analysis". **J. Man. Sci,** 30: 1078-1092.

10. Burges, J., (1996). "Hospital Ownership and Technical Inefficiency". **Management Science:** 7-20.

11. Chang, S.J, Hsiao, H.C, Huang, L.I and Chang, H. (2011). "Taiwan Quality Indicator Project and Hospital Productivity Growth", **Omega,** NO.39: 14-39.

12. Charnes, A; Cooper, W.W; Lewin, A.Y. (1994). Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology and Applications, Kluwer Academic Publishers, Boston.

13. Charnes, A; Cooper, WW; Golany, B; Seiford, L and Stutz, J. (1985). "Foundations of Data Envelopment Analysis for Pareto-Koopmans Efficient Empirical Production Functions", **Journal of Econometrics,** 30: 91-107.

14. Cook, WD and Zhu, J. (2005). "Modeling Performance Measurement, Applications and Implementation Issues in DEA", **Springer,** USA.

15. Cook, WD and Seiford, LM. (2009). "Data Envelopment Analysis (DEA) – Thirty Years On", **European Journal of Operational Research,** No.192: 1-17.

16. Fare, R., Grosskopf, S. and Lovell, C. (1985). The measurment of efficiency of production. Boston: Kluwer Nijhoff.

17. Ganley, J.A and Cubin, J.S. (1992). "Public Sector Efficiency Measurement Application of Data Envelopment Analysis", North-Holland, **Elsevier Science Publisher.**

18. Mostafa, Mohamed M. (2009). "Modeling The Efficiency of Top Arab Banks: A DEA Neural Network Approach", **Expert Systems with Applications,** 36: 309–320.
19. Nooreha, H., et al. (2000). "Evaluation Public Sector Efficiency with DEA". **Total Quality Management,** 125-134.
20. Norman, M., Stoker, B. (1991). Data envelopment analysis. John Woley & Sons.
21. Po, Rung-Wei; Guh, Yuh-Yuan and Yang, Miin-Shen. (2009). "A New Clustering Approach Using Data Envelopment Analysis", **European Journal of Operational Research,** 199: 276-284.
22. Sinuany-Stern, Zilla; Mehrez, Abraham and Hadad, Yossi. (2000). "An AHP/DEA Methodology for Ranking Decision making Units", **International Transactions in Operational Research**, 7: 109-124.
23. Wyatt, T. (1994). Educational Indicators: A Review of the Literature, in OECD, Marking Education Count.