پژوهش‌های مدیریت منابع سازمانی
دوره 2، شماره 3، پاییز1391

ارائه رویکرد ترکیبی DEA-AP برای رتبه‌بندی کارایی معادن سنگ آهن ایران

محمدرضا سلطانی[1]، احمد رضا صیادی[2*]، محمدرضا مهرگان[3]، محمدرضا عابدی[4]

1- دانشجوی دکتری مهندسی معدن، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
2- دانشیار اقتصاد معدن، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
3- دانشیار مدیریت، دانشگاه تهران، تهران، ایران
4- دانشجوی کارشناسی ارشد معدن، گرایش بررسی‌های فنی اقتصادی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

دریافت: 92/2/2 پذیرش: 92/4/25

چکیده

برای افزایش توان رقابتی راهکارهای متعددی وجود دارد که گاه این اهداف با یکدیگر در تضاد بوده و رسیدن به یکی مانعی برای رسیدن به دیگری است. یکی از بهترین راه‌کارهای ارائه شده برای غلبه بر مشکل فوق، بهبود بهره‌وری و کارایی است. در این تحقیق با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) که یک روش ریاضی و از بهترین روش‌های ناپارامتریک است، کارایی در پنج معدن سنگ آهن فعال درحوزه صنعت معدن ایران در سال‌های 1387 تا 1390 اندازه‌گیری و معادن کارا و ناکارا در مقایسه با یکدیگر مشخص شده‌اند. به دلیل محدودیت تعداد معادن سنگ آهن مورد بررسی در مقایسه با مجموع نهاده‌ها و ستانده‌ها و در نتیجه وقوع پدیده عدم تمایز از روش‌های مکمل مدل‌های کلاسیک تحلیل پوششی داده‌ها به‌خصوص روش اندرسون- پیترسون (AP) برای رتبه‌بندی نهایی واحدهای کارا استفاده شده است. براساس نتایج به دست آمده معدن

* نویسنده مسئول مقاله: E-mail: sayadi@modares.ac.ir

[Downloaded from ormr.modares.ac.ir on 2024-04-20]

[DOR: 20.1001.1.22286977.1391.2.3.4.8]

سنگ‌آهن میشدوان در سه سال متوالی 1388 تا 1390 دارای بهترین رتبه بوده و بالاترین مقدار کارایی را با به خود اختصاص می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: کارایی، تحلیل پوششی داده‌ها، روش اندرسون- پیترسون، معادن سنگ آهن.

1- مقدمه

اندازه‌گیری کارایی[1] و رتبه‌بندی واحدهای تصمیم‌گیرنده (DMUs)[2] بر مبنای آن از موضوع‌های مورد توجه برای مدیران و تصمیم گیرندگان به منظور بهبود استراتژی‌های تخصیص منابع و تقویت توان رقابتی می‌باشد. از آن جایی که قدم اول در چرخه بهره‌وری اندازه گیری آن بوده و اندازه‌گیری و تحلیل بهره‌وری بدون اندازه‌گیری انواع کارایی امکان‌پذیر نمی‌باشد، تعریف و محاسبه کارایی در بحث بهره‌وری ضروری است. در واقع بهره‌وری از تلفیق انواع کارایی در مقایسه بنگاه‌های مشابه و یا یک بنگاه خاص در بازه زمانی مورد نظر معنی پیدا می‌کند و قابل محاسبه است.

برای سنجش کارایی روش های متنوعی ارائه شده که در یک تقسیم‌بندی کلی در دو دسته پارامتریک و ناپارامتریک قرار دارند. روش های پارامتریک بر مبنای مدل‌های اقتصادسنجی و تئوری‌های اقتصاد خرد بنا شده‌اند، اما روش‌های ناپارامتریک مبتنی بر یک مجموعه بهینه‌سازی با استفاده از برنامه‌ریزی خطی می باشند [1].

روش تحلیل پوششی داده‌ها (DEA)[3] به عنوان یک روش ناپارامتریک قادر است تا کارایی نسبی واحدهای تصمیم‌گیرنده را براساس نسبت موزون ورودی‌ها و خروجی‌های چندگانه بدون هیچ فرضی راجع به تابع تولید اندازه‌گیری کند و چنانچه سازمان دارای چند خروجی متفاوت با واحدهای گوناگون باشد این روش در ارزیابی کارایی دچار مشکل نمی‌گردد. عمده مزیت این مدل در برابر روش‌های پارامتری آن است که در صورت وجود چندین ورودی و چندین خروجی، به نحوی که هیچ شاخصی برای تبدیل آن‌ها به یکدیگر نباشد و در عین حال هیچ توافق کلی در مورد وزن یا اهمیت آن‌ها وجود نداشته باشد، کاربرد دارد [2].

1. Efficieny Measurement
2. Decision Making Units(DMUs)
3. Data Envelopment Analysis(DEA)

[Downloaded from ormr.modares.ac.ir on 2024-04-20]

[DOR: 20.1001.1.22286977.1391.2.3.4.8]

از سوی دیگر به طور معمول مدیران با مدل‌های در بردارنده شاخص‌های بهره‌وری جزئی سعی در اندازه‌گیری کارایی و بهره‌وری دارند اما در نظر گرفتن این شاخص‌ها به صورت جداگانه و بی‌توجه به ارتباط میان آن‌ها باعث ایجاد تصویری ناقص از موضوع مورد بررسی می‌شود که با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها این معضل نیز رفع می‌گردد [3].

مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها فضای محدبی را به وجود می‌آورند که همه واحدهای مورد ارزیابی را شامل می‌شود. از این رو، به مدل‌های مذکور «مدل‌های پوششی» نیز گفته می‌شود. در این مدل‌ها، آن دسته از واحدها که بر حد نهایی فضای محدب قرار گرفته‌اند و مرز این فضا را تشکیل می‌دهند، واحدهای کارا هستند. سایر واحدها که درون فضای محدب قرار گرفته‌اند، (مجموعه امکان تولید)، واحدهای ناکارا هستند [3].

با استفاده از مدل‌های پایه‌ای تحلیل پوششی داده‌ها، واحدهای غیر کارا با کسب امتیاز کارایی (بین صفر تا یک) قابل رتبه‌بندی هستند، اما واحدهایی که امتیاز کارایی آن‌ها برابر یک می‌باشد قابل رتبه‌بندی نیستند [4].

از سال 1991 به بعد محققان به منظور حل مسائل رتبه‌بندی روش‌های گوناگونی برای بهبود قدرت تمایز[1] روش DEA ارائه کرده‌اند [5] و در این زمینه الگوریتم‌های مؤثری ارائه شده که از جمله آن‌ها، روش «اندرسون- پیترسون»، مدل رتبه‌بندی کارایی متقاطع و غیره است [6].

صنعت فولاد به‌عنوان صنعتی استراتژیک در برنامه‌های اقتصادی کشور محسوب شده و معادن سنگ آهن به منزله تأمین‌کننده اصلی مواد خام مورد نیاز این صنعت از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشند. طرح هدف‌مندی یارانه‌ها، افزایش نرخ مبادله ارز، افزایش قیمت نهاده‌های تولید، اهمیت اندازه‌گیری و تحلیل بهره‌وری در این صنعت را بیش از پیش آشکار ساخته است. در این تحقیق به این مهم توجه شده و سعی شده است تا کارایی معادن سنگ آهن ایران با استفاده از روش DEA-AP رتبه‌بندی شود. در این راستا نخست از روش تحلیل پوششی داده‌ها به منظور تعیین کارایی استفاده شده و واحدهای کارا و ناکارا مشخص شده‌اند. در مرحله بعد با استفاده از روش اندرسون - پیترسون و روش چارنز به رتبه‌بندی واحدهای کارا پرداخته شده است.

1. Discrimination

[Downloaded from ormr.modares.ac.ir on 2024-04-20]

[DOR: 20.1001.1.22286977.1391.2.3.4.8]

2- پیشینه تحقیق

در سال 1957 فارل با استفاده از روشی مشابه اندازه گیری کارایی در مباحث مهندسی اقدام به اندازه گیری کارایی برای یک واحد تولیدی نمود. در این تحقیق مدل شامل یک ورودی و یک خروجی بود [7].

در سال1978 چارنز و همکاران یک فرمول‌بندی از نوع برنامه‌ریزی کسری را معرفی کردند که در واقع گسترش همان شاخص نسبی کارایی یک‌ورودی - یک‌خروجی در علوم مهندسی به حالت چند ورودی - چند خروجی بدون نیاز به منابعی جهت اعمال وزن از بیرون به درون مدل بود [1؛ 6]. در واقع اولین مقاله مدل تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) توسط چارنز و همکاران با نام اختصاری CCR (متشکل از حروف اول نام بنیانگزاران مدل) با جامعیت بخشیدن به روش فارل ارائه شد [1].

مدل اولیه CCR بدون در نظرگرفتن مقیاس متغیر واحدهای تصمیم‌گیرنده (DMU) یا همان بنگاه‌ها طراحی شده بود. بنکر و همکاران (1984) با تغییرات در مدل CCR و تبدیل بازگشت به مقیاس ثابت[1] (CRS) به بازگشت به مقیاس متغیر[2] (VRS) قابلیت مدل را به منظور محاسبه تأثیر مقیاس سازمان‌ها در بهره‌وری افزودند. این مدل به اختصار BCC نامیده شد [3؛ 8].

در مواردی ممکن است تعدادی از واحدهای ناکارا در مجموعه واحدهای کارا قرار گیرد که به پدیده عدم تمایز موسوم است. این مشکل به دلیل وجود بالنسبه زیاد مجموعه متغیرهای ورودی (نهاده‌ها) و خروجی(ستانده‌ها) در مقایسه با واحدهای تصمیم‌گیرنده بوده و موجب اختلال در تمایز بین واحدهای کارا و ناکارا می‌شود. هم چنین در مواردی که تعداد واحدها به مقدار قابل توجهی از سه برابر تعداد ورودی و خروجی بیشتر نباشد، چند واحد به طور همزمان کارا ارزیابی می‌گردند [9]. از این رو روش‌های گوناگونی برای بهبود رتبه‌بندی کارایی و افزایش دقت روش DEA به کار گرفته شده‌اند. اندرسون و پیترسون[3] (1993) با استفاده از رتبه‌بندی واحدهای کارا این مسئله را حل نموده‌اند [5]. متعاقب آن روسئو و سیمپل[4] (1995) روشی را برای رتبه‌بندی

1. Constant Return to Scale
2. Variable Return to Scale
3. Anderson and Peterson
4. Rousseuu & Semple

[Downloaded from ormr.modares.ac.ir on 2024-04-20]

[DOR: 20.1001.1.22286977.1391.2.3.4.8]

واحدهای کارا پیشنهاد کردند که امکان تعیین کاراترین واحد را میسر ساخته و با این تکنیک امتیاز واحدهای کارا می‌توانند از یک بیشتر شود . به این ترتیب واحدهای کارا نیز مانند واحدهای غیرکارا می‌توانند رتبه بندی شوند [10؛ 11]. کوک و کرس[1] (1991) روشی نظری مبتنی بر ساختار DEA برای رتبه‌بندی ترتیبی ارائه داده‌اند. کوپر و تون[2] (1997) واحدها را با استفاده از اندازه‌گیری اسکالر ناکارایی در DEA مبتنی بر متغیرهای کمکی رتبه بندی کردند [5]. دویل و گرین[3] (1994) مدل «ماتریس کارایی متقاطع» (CEM)[4] را به مدل کلاسیک (مدل کارایی ساده)[5] افزودند [12؛ 13].

دسته دیگری از محققان نیز با استفاده از روش‌های تجزیه و تحلیل چند متغیره از جمله تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA)[6] سعی در کاهش تعداد ورودی‌ها و خروجی‌ها برای تخمین کارایی کارایی و بهبود رتبه‌بندی داشته‌اند. علاوه بر این برخی محققان نیز از ترکیب DEA و روش‌های آماری چند متغیره برای رتبه‌بندی کامل استفاده کرده‌اند [14].

عده‌ای از محققان نیز با استفاده از روش‌های تلفیقی DEA با هوش مصنوعی و روش‌های حل مسائل تصمیم‌گیری چند معیاره، سعی در ارائه مدل رتبه‌بندی کرده‌اند، از جمله محمدی و حسینی‌زاده (2004)، با استفاده از رویکرد تلفیقی DEA و AHP مدلی برای رتبه بندی ارائه دادند که رتبه‌بندی نهایی با استفاده از یک رویکرد کیفی انجام گرفته است [15]

به‌تازگی نیز برخی تحقیقات روی انتخاب متغیرها و انتخاب مجموعه مرجع متمرکز شده‌اند. به عنوان نمونه کوک و ژو[7](2007) مسئله طبقه بندی ورودی‌ها و خروجی‌ها در DEA را مطرح کرده‌اند [5]. جهان تیغ و همکاران به منظور ارائه مدلی فراگیر که بتواند همه مزایای مدل‌های مختلف تحلیل پوششی داده‌ها را برای رتبه‌بندی واحدهای تصمیم‌گیرنده در بر گیرد، از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره[8] استفاده نمودند. آن‌ها به‌طور مشخص روش چند شاخصه تاپسیس را برای رتبه‌بندی سیستم بانکی پیشنهاد دادند [16].

1. Cook and Kress
2. Cooper and Tone
3. Doyle & Green
4. Cross-Efficiency Matrix
5. Simple-Efficiency Model
6. Principal Component Analysis
7. Cook and zhu
8. Multi Criteria Decision Making

[Downloaded from ormr.modares.ac.ir on 2024-04-20]

[DOR: 20.1001.1.22286977.1391.2.3.4.8]

صفری و همکاران در مقاله‌ای با عنوان "یک مدل جدید تصمیم‌گیری بر مبنای مجموعه اوزان عمومی تحلیل پوششی داده‌ها و برنامه‌ریزی خطی آرمانی" به نقص مدل‌های کلاسیک تحلیل پوششی داده‌ها در زمینه رتبه‌بندی واحدهای کارا، عدم تمایز واحدهای کارا و ناکارا در حالتی که تعداد واحدهای تصمیم گیرنده در مقایسه با تعداد نهاده‌ها و ستانده‌های مدل کم بوده و نیز غیرمنطقی بودن محاسبات مربوط به رتبه‌بندی واحدهای تصمیم‌گیرنده با اوزان مختلف، اشاره و روش جدیدی بر مبنای برنامه‌ریزی خطی آرمانی (مجموعه اوزان عمومی برای ورودی‌ها و خروجی‌های مدل در نظر گرفته شده) ارائه نمودند [17].

3- روش تحقیق

از مطالعات مختلف این گونه بر می‌آید که انتخاب یک مدل منطبق با موضوع مسئله مهمی است. در پژوهش حاضر برای اندازه‌گیری کارایی از مدل کلاسیک تحلیل پوششی داده‌ها CCR به عنوان یک ابزار قدرتمند برای اندازه‌گیری کارایی استفاده شده و در ادامه از یکی از روش‌های اولیه ارائه شده توسط چارنز و هم‌چنین مدل اندرسون- پیترسون (AP) که از پرکاربردترین روش‌های رتبه‌بندی می‌باشد، استفاده شده است [18].

3-1- اندازه‌گیری کارایی با استفاده از روش DEA

به دلیل گسترش فراوان متدولوژی تحلیل پوششی داده‌ها در ابعاد تئوری و عملی، انتخاب مشخصه‌های مدل مناسب جهت ارزیابی عملکرد و سنجش کارایی واحدهای تصمیم‌گیرنده بسیار مهم است؛ چرا که نتایج حاصل از ارزیابی وابسته به مدل انتخاب شده می‌باشد.تمام مدل‌های DEA دارای مشخصه‌هایی هستند که مهم‌ترین آن‌ها عبارتند از [19]:

1. محوریت مدل: مدل‌های DEA به دو گروه (ورودی محور) و (خروجی محور) تقسیم می‌شوند. مدل‌های ورودی محور، مدل‌هایی هستند که بدون تغییر در خروج ها از ورودی‌های کمتری برای به دست آوردن همان مقدار خروجی استفاده می‌کنند و مدل‌های خروجی محور آن‌هایی هستند که بدون تغییر در میزان ورودی میزان خروج‌های بیش‌تری را به دست می‌دهند [20].

[Downloaded from ormr.modares.ac.ir on 2024-04-20]

[DOR: 20.1001.1.22286977.1391.2.3.4.8]

2. نوع بازده به مقیاس مدل: بازده به مقیاس مفهومی است بلندمدت که منعکس کننده نسبت افزایش در خروجی به ازای افزایش در میزان ورودی‌ها است. این نسبت می‌تواند ثابت، صعودی و یا نزولی باشد.

3. فرم (صورت) مدل: به سه گروه مدل‌های کسری، مضربی و مدل‌های پوششی تقسیم‌بندی می‌شوند که مدل‌های پوششی، ثانویه مدل‌های مضربی‌اند [10].

در این تحقیق به دلیل کم بودن داده ها و برای قدرت تفکیک بهتر از روش بازده به مقیاس ثابت استفاده شده است. هم‌چنین مدل به صورت ورودی محور اجرا شده است. فرم مدل نیز به صورت پوششی می‌باشد. چون در این مقاله مدل پوششی ورودی‌محور با بازده به مقیاس ثابت مورد استفاده قرار گرفته است، تنها مدل فوق به صورت کامل تشریح شده است.

3-2- مدل مضربی CCR ورودی‌محور

برای ساختن مدل فرض کنید n واحد موجود است و هدف ارزیابی کارایی واحد تحت بررسی (واحد صفر یا واحد تصمیم‌گیرنده که ورودی‌های $x_1,x_2,\ldots,x_m$ را برای تولید خروجی‌های $y_1,y_2,\ldots, y_s$ مصرف می کند، است. در صورتی که وزن‌های تخصیص داده شده به خروجی ها (یا قیمت خروجی ها) با $u_1,u_2,\ldots,u_s$ و وزن تخصیص داده شده به ورودی‌ها (یا هزینه تأمین ورودی‌ها) با $v_1,v_2,\ldots, v_m$ نشان داده شود، آن‌گاه مدل ریاضی مضربی به صورت رابطه 1 می‌باشد:

$$MaxZ_0 = \sum_{r=1}^{s} y_{r0}\, u_r$$

St:

$$\sum_{i=1}^{m} x_{i0}\, v_i = 1 \qquad (1)$$

$$\sum_{r=1}^{s} y_{rj}\, u_r - \sum_{i=1}^{m} x_{ij}\, v_i \le 0 \qquad (j=1, 2,\ldots, n)$$

$$u_r, v_{i\ge\varepsilon}$$

[Downloaded from ormr.modares.ac.ir on 2024-04-20]

[DOR: 20.1001.1.22286977.1391.2.3.4.8]

در مدل‌های مضربی CCR برای هر واحد یک محدودیت در نظر گرفته می‌شود و تعداد محدودیت‌ها به مراتب بیشتر از تعداد متغیرهاست. از آن جایی که حجم عملیات در حل سیمپلکس بیشتر وابسته به تعداد محدودیت‌هاست تا متغیرها، از این رو حل مسئله ثانویه مدل مضربی نیازمند حجم عملیات کمتری خواهد شد. به ثانویه مدل مضربی، مدل پوششی نیز می‌گویند.

مدل مورد استفاده در این تحقیق نیز مدل پوششی است و مدل مضربی تنها برای چگونگی ساختن مدل پوششی از روی آن شرح داده شده است. در زیر این مدل تشریح شده است.

3-3- مدل پوششی CCR ورودی محور

در صورتی که متغیر متناظر با محدودیت $\sum_{i=1}^{m} x_{i0} v_i = 1$ را در مسئله ثانویه با θ و متغیرهای متناظر با محدودیت‌های $\sum_{r=1}^{s} y_{rj} u_r - \sum_{i=1}^{m} x_{ij} v_i \le 0$ با λ_j و متغیرهای متناظر $V_i \ge \varepsilon, U_r \ge \varepsilon$ به ترتیب S_i^-, S_r^+ بیان گردد، مدل پوششی CCR آن به شکل رابطه 2 خواهد شد [6]:

$$MinY_0 = \theta - \varepsilon \left(\sum_{r=1}^{s} S_r^+ + \sum_{i=1}^{m} S_r^- \right)$$

St:

$$\sum_{j=1}^{n} Y_{rj} \lambda_j - S_r^+ = Y_{ro} \qquad (2)$$

$$\sum_{j=1}^{n} X_{rj} \lambda_j + S_r^- = \theta X_{ro}$$

$\lambda_j \ , S_i^+, S_i^- \ge 0$ (j=1,2,3,…,n) و (i=1,2,3,…,m) و (r=1,2,3,…,s)

و θ آزاد در علامت

4-3- رتبه‌بندی کامل با استفاده از تکنیک AP

مدل‌های کلاسیک تحلیل پوششی داده‌ها به دلیل عدم ایجاد رتبه‌بندی کامل بین واحدهای کارا امکان مقایسه واحدهای کارا با یکدیگر را به راحتی فراهم نمی‌آورد. مدل اندرسون و پیترسون

[Downloaded from ormr.modares.ac.ir on 2024-04-20]

[DOR: 20.1001.1.22286977.1391.2.3.4.8]

در سال 1993 را می‌توان از نخستین رهیافت‌های قابل قبول در این زمینه دانست. در مدل‌های CCR وBCC واحدهایی که روی مرز کارایی قرار می‌گیرند، دارای حداکثر مقدار کارایی برابر یک می‌باشند. در این صورت خود واحد تحت بررسی به عنوان ملاک ارزیابی خودش قرار می‌گیرد. اما مدل پیشنهادی به وسیله اندرسون و پیترسون، مرجع قرار گرفتن واحد تصمیم‌گیرنده برای خود آن واحد را رد می‌کند. در واقع همان مدل‌های استاندارد DEA (CRS یا VRS) را با این فرض که واحد تصمیم‌گیرنده تحت ارزیابی از مجموعه مرجع خارج شده است، اجرا می‌کند [21].

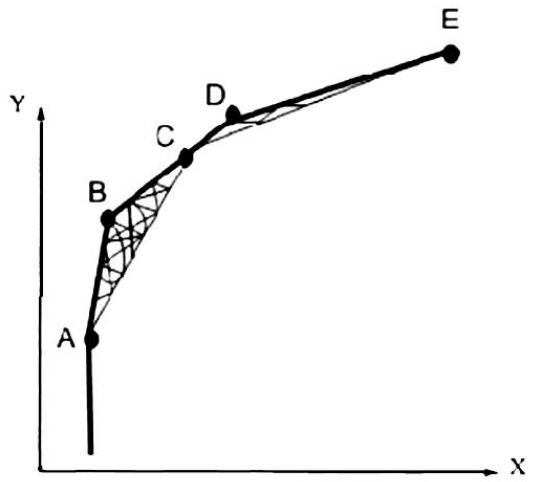
روش کلی مدل، رتبه‌بندی کامل بر اساس میزان تغییر مرز کارایی ناشی از حذف واحد تحت بررسی از فرایند ارزیابی است. در ارزیابی به روش AP حد تحت بررسی از ارزیابی حذف می‌شود. مدل‌های کلاسیک برای ارزیابی هر واحد تصمیم‌گیرنده از خود واحد تصمیم‌گیرنده، برای ایجاد واحد نشانه، بهره می‌گیرند. از این رو چون واحدهای ناکارا در شکل‌گیری مرز کارایی تأثیرگذار نیستند، از این رو حذف آن‌ها از ارزیابی تأثیری بر مرز کارایی نخواهد داشت و کارایی تکنیکی آن‌ها حتی در مدل رتبه‌بندی کامل با نگرش AP تغییری نخواهد یافت، ولی واحدهای کارا که مرز کارایی را تشکیل می‌دهند، حذفشان سبب تغییر شکل مرز کارایی خواهد شد [22].

مدل در حالت ورودی محور میزانی از افزایش نسبی در ورودی‌ها را برای یک واحد تصمیم‌گیرنده بدون برهم زدن وضعیت کارایی آن واحد نسبت به مرز کارایی ایجاد شده به‌وسیله سایر واحدهای تصمیم‌گیرنده باقیمانده، ارائه می‌کند.

در واقع ایده اصلی این روش از آن جایی ناشی شد که هر DMU چه قدر باعث جا به جایی مرز کارایی شده است. برای این منظور DMU مورد نظر را از مجموعه امکان تولید حذف کرده و مرز کاراییبه طور مجدد بدون حضور آن ساخته می‌شود. برای نمونه در شکل 1 ایده رتبه‌بندی در روش اندرسون- پیترسون آورده شده است، مشاهده می‌شود که واحد تصمیم‌گیرنده B نسبت به واحد تصمیم‌گیرندهD مرز کارا را بیشتر توسعه داده است، بنابراین در رتبه‌بندی واحدهای کارا، حایز رتبه بالاتری می‌باشد. در واقع میزان توسعه مرز کارایی، ملاک رتبه‌بندی واحدهای کارا می‌شود [21؛ 22].

[Downloaded from ormr.modares.ac.ir on 2024-04-20]

[DOR: 20.1001.1.22286977.1391.2.3.4.8]



شکل 1 ایده رتبه‌بندی در روش اندرسون- پیترسون

از لحاظ فرمول‌بندی مسئله برنامه‌ریزی ریاضی با حذف محدودیت‌های مرتبط با واحدهای کارا و نیز حذف محدودیتی که سبب می‌شود حداکثر مقدار تابع هدف برابر 1 شود، به یک مدل AP [1] دست خواهیم یافت. در نتیجه مقدار کارایی حاصل از این مدل می‌تواند بیشتر از یک شود.

در رابطه شماره 3 مدل برنامه‌ریزی خطی پوششی روش AP نشان داده شده است [6]

$$MinY_0 = \theta - \varepsilon\left(\sum_{r=1}^{s} S_i^+ + \sum_{i=1}^{m} S_r^-\right)$$

St:

$$\sum_{\substack{j=1 \\ j\neq k}}^{n} \lambda_j yr_j - S_r^+ = y_{rk} \qquad (3)$$

$\lambda_j \ , S_i^+, S_i^- \geq 0$ (j=1,2,3,…,n) و (i=1,2,3,…,m) و (r=1,2,3,…,s)

و θ آزاد در علامت

1. Anderson Peterson

[Downloaded from ormr.modares.ac.ir on 2024-04-20]

[DOR: 20.1001.1.22286977.1391.2.3.4.8]

4- داده‌های تحقیق

نیاز سنگ آهن کشور برای دستیابی به سطح تولید 25 میلیون فولاد خام و چدن (تا پایان سال 1414) در حدود 42 میلیون تن سنگ آهن دانه‌بندی شده و کنسانتره است. سهم معادن مورد مطالعه در این تحقیق[1] (پنج معدن اصلی سنگ آهن کشور) در حدود 80 درصد هدف‌گذاری شده است [23]. تولید سنگ آهن دانه‌بندی شده و کنسانتره کشور در سال 1390 بالغ بر 27 میلیون تن بوده که 86 درصد آن به‌وسیله این معادن تأمین شده است (جدول 1).

جدول 1 مشخصات کلی معادن سنگ آهن مورد مطالعه

ردیف	نام معدن	موقعیت جغرافیایی	سال شروع به کار	ذخیره (میلیون تن)	میزان تولید (تن)	سهم از تولید کشور	ارزش تولید در سال 90 (میلیون ریال)
1	شرکت سنگ آهن چادر ملو	180 کیلومتری شمال شرقی یزد	1378	312	9810503	%34	5559031
2	شرکت سنگ آهن مرکزی ایران	125 کیلومتری جنوب شرقی یزد	1350	1700	6258040	%22	2914735
3	شرکت سنگ آهن گل گهر	55 کیلومتری جنوب غربی شهرستان سیرجان	1369	1135	6634460	%23	3392005
4	واحد سنگ آهن میشدوان	30 کیلومتری شهرستان بافق	1385	13	830201	%3	469774
5	واحد سنگ آهن جلال آباد	38 کیلومتری شمال شهرزرند	1387	200	1090647	%4	167856
جمع				3360	24623851	%86	12503401

1. معادن سنگ آهن تحت پوشش شرکت تهیه و تولید مواد معدنی ایران

[Downloaded from ormr.modares.ac.ir on 2024-04-20]

[DOR: 20.1001.1.22286977.1391.2.3.4.8]

5- رتبه‌بندی

همان طور که اشاره شد در آغاز کارایی واحدهای تصمیم‌گیرنده با استفاده از مدل کلاسیک DEA ورودی محور با بازده به مقیاس ثابت محاسبه شده است. مدل‌ها با استفاده از نرم‌افزار تحت وب DEAOS اجرا گردیده است. در هر مرحله خروجی نرم افزار به صورت شکل مربوطه ارائه شده و در ادامه رتبه‌بندی با استفاده از روش AP ارائه گردیده است.

نهاده‌های مورد استفاده شامل دارایی‌های ثابت، هزینه دستمزد، هزینه انرژی، هزینه عملیاتی استخراج معدن بوده و ستانده‌ها نیز درامد و سود انباشته سالیانه را در بر می‌گیرند (جدول 2).

لازم به یادآوری است که نهاده‌ها و ستانده‌ها از اسناد مالی ستاد مرکزی شرکت و مراجعه حضوری به واحدهای مورد مطالعه جمع‌آوری شده است.

جدول 2 داده‌ها و ستانده‌های معادن سنگ آهن تحت بررسی (میلیون ریال)

نام شرکت	دارایی ثابت مشهود	خدمات قراردادی	هزینه مستقیم تولید	هزینه آب، برق و سوخت	هزینه‌های عمومی و سایر هزینه‌ها	بهای تمام شده	میزان تولید دانه‌بندی و گندله (تن)	سود انباشته
میشدوان 1390	71231	2521	3983	620	861	48322	242225	198043
جلال آباد 1390	433555	196519	14003	897	772	86550	166882	79581
گل‌گهر1390	3743517	1161565	116024	119108	339540	1682782	6658754	45995599
چادرملو1390	5528801	1656654	739748	217000	63692	3604997	4983239	31137717
مرکزی1390	1898166	1606106	385913	162247.5	1106860	1773731	2587766	1247057
میشدوان 1389	31239	61882	2927	220	382	38788	123221	91657
جلال‌آباد 1389	133642	373885	20425	1586	1120	17976	220932	130498
گل‌گهر 1389	5371655	1746126	175213	93513	1044418	2271573	6370314	3795467

[Downloaded from ormr.modares.ac.ir on 2024-04-20]

[DOR: 20.1001.1.22286977.1391.2.3.4.8]

ادامه جدول 2

نام شرکت	دارایی ثابت مشهود	خدمات قراردادی	هزینه مستقیم تولید	هزینه آب، برق و سوخت	هزینه‌های عمومی و سایر هزینه‌ها	بهای تمام شده	میزان تولید دانه‌بندی و گندله (تن)	سود انباشته
چادرملو 1389	4219517	2017905	730487	110018	566778	3771595	6420358	3578547
مرکزی 1389	1902920	932268	271366	113050	1234745	1408410	3086401	652354
میشدوان 1388	33246	41116	537	307	396	25127	37374	13194
جلال‌آباد 1388	111727	197886	4227	783	1139	112172	120339	10655
گل‌گهر 1388	4793077	1335264	120759	47143	137984	1421506	2652392	1921043
چادرملو 1388	3189222	15390305	659256	89367	43771	3295259	49262297	3443632
مرکزی 1388	669194	834522	197691	75012	1051942	1005450	2411534	492415

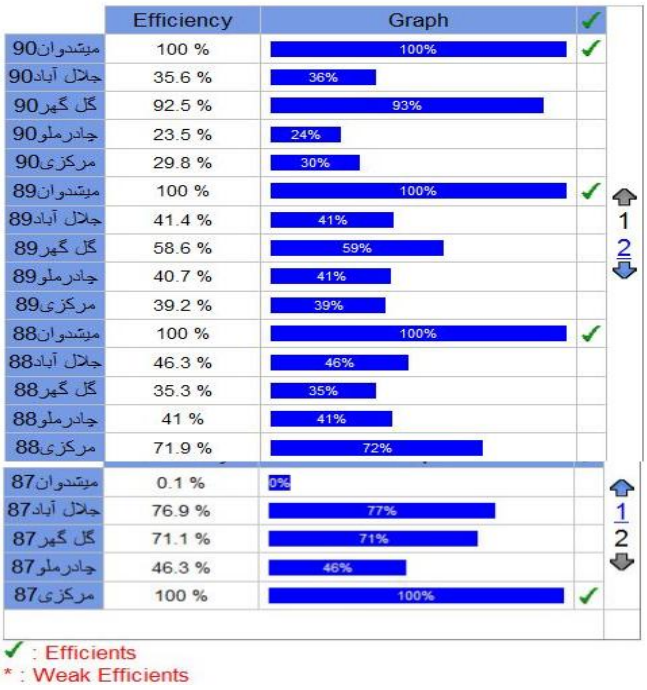
در ادامه با استفاده از مدل ورودی‌محور با بازگشت به مقیاس ثابت، مدل اجرا شده است. پس از اجرای مدل، نتایج نشان می‌دهد که واحد سنگ آهن میشدوان در سه سال متوالی 1388، 1389 و 1390 و هم‌چنین واحد سنگ‌آهن مرکزی نیز در سال 1387 کارا شناخته شده است. هم‌چنین کمترین کارایی مربوط به واحد میشدوان در سال 1387 می‌باشد. علت این امر به این دلیل است که در سال 1387 این واحد در مرحله آماده‌سازی بوده است، از این رو هنوز به تولید اسمی خود نرسیده بوده و حتی سود انباشته آن نزدیک به صفر بوده است. در این صورت شاید این‌طور به نظر می‌رسد که با توجه به اینکه این واحد هنوز به ظرفیت نرسیده است باید از مجموع داده‌ها حذف میشد ولی با توجه به اینکه داده‌های مسئله و تعداد سال‌های مورد بررسی کم بوده است بهتر دیده شد که از داده‌های این سال نیز در محاسبات استفاده شود.

در نهایت با اجرای مدل فوق برای 20 واحد تصمیم‌گیرنده (پنج واحد تصمیم‌گیرنده طی چهار سال) چهار واحد کارا و تعداد 16 واحد ناکارا شناخته شده‌اند که مقادیر کارایی آن‌ها نیز

[Downloaded from ormr.modares.ac.ir on 2024-04-20]

[DOR: 20.1001.1.22286977.1391.2.3.4.8]

در شکل 2 واحدهای کارا و ناکارا ارائه شده است. لازم به یادآوری است در حالت بازگشت به مقیاس متغیر تعداد واحدهای کارا به 9 عدد افزایش پیدا می‌کند اما چون برای ساخت مدل از روش بازگشت به مقیاس ثابت استفاده گردیده است، نتایج آورده نشده است [7].



شکل 2 واحدهای کارا و ناکارا

در ادامه برای رتبه‌بندی واحدهای کارا از دو روش چارنز و AP استفاده شده است که نتایج در شکل‌های 3و 4 نشان داده شده است.

5-1- رتبه‌بندی با روش چارنز

در این روش به عنوان یک روش اولیه و ساده، تعداد دفعاتی که یک DMU به عنوان مرجع سایرDMU ها قرار گرفته است، به عنوان معیاری برای رتبه‌بندی واحدهای کارا مورد استفاده قرار می‌گیرد.

[Downloaded from ormr.modares.ac.ir on 2024-04-20]

[DOR: 20.1001.1.22286977.1391.2.3.4.8]

همان طور که شکل شکل3 نشان می‌دهد، واحد میشدوان در سال 1390 بیش از سایر واحدها به عنوان مرجع قرار گرفته است (16 بار) و پس از آن واحد سنگ آهن مرکزی در سال 1387 و بعد واحد میشدوان در سال‌های 1388 و 1389 به تعداد برابر مرجع قرار گرفته‌اند؛ به عبارت دیگر می‌توان این واحد را در هر یک از این سال‌ها دارای رتبه سوم یا چهارم دانست. از این رو همان طور که مشاهده می‌شود، این روش برخی اوقات در رتبه‌بندی واحدهای کارا ضعیف عمل می‌کند و به همین علت تنها به عنوان یک روش اولیه برای رتبه‌بندی ارائه شده است [7]. همان طور که در توضیح روش اندرسون- پیترسون(AP) شرح داده شد، زمانی که تعداد واحدهای تصمیم‌گیرنده کم است، این روش به عنوان یکی از روش‌های مؤثر برای رتبه‌بندی واحدهای کارا به کار می‌رود. در ادامه رتبه‌بندی با استفاده از این روش آورده شده است.

	Peer Group	Frequencies	✓
میشدوان90	میشدوان90	16	✓
جلال آباد90	میشدوان90,میشدوان89	0	
گل گهر90	میشدوان90,میشدوان88	0	
چادرملو90	میشدوان90,مرکزی87	0	
مرکزی90	میشدوان90,میشدوان89,مرکزی87	0	
میشدوان89	میشدوان89	8	✓
جلال آباد89	میشدوان89,مرکزی87	0	
گل گهر89	میشدوان90,میشدوان88	0	
چادرملو89	میشدوان90,میشدوان89,مرکزی87	0	
مرکزی89	میشدوان90,مرکزی87	0	
میشدوان88	میشدوان88	8	✓
جلال آباد88	میشدوان90,میشدوان88	0	
گل گهر88	میشدوان90,میشدوان88	0	
چادرملو88	میشدوان90,میشدوان89,مرکزی87	0	
مرکزی88	میشدوان90,میشدوان89,مرکزی87	0	
میشدوان87	میشدوان90,میشدوان88	0	
جلال آباد87	میشدوان90,میشدوان88	0	
گل گهر87	میشدوان90,میشدوان88	0	
چادرملو87	میشدوان90,میشدوان89,مرکزی87	0	
مرکزی87	مرکزی87	9	✓

1 2

1 2

✓ : Referenced

شکل 3 رتبه‌بندی واحدهای کارا با روش چارنز

[Downloaded from ormr.modares.ac.ir on 2024-04-20]

[DOR: 20.1001.1.22286977.1391.2.3.4.8]

2-5- رتبه‌بندی با روش AP

در این روش با حذف محدودیت‌های واحدهای کارا در رابطه اولیه مدل تحلیل پوششی داده ها، مقادیر کارایی بزرگ‌تر از یک برای واحدهای کارا محاسبه می‌شود [21] که در شکل4 نشان داده شده است.

با استفاده از رتبه‌بندی با روش AP مشاهده می‌شود که بالاترین رتبه‌بندی مربوط به معدن میشدوان در سال 1390 است. به طور کلی این معدن توانسته است در سال‌های مورد بررسی کارایی خود را به نحو مطلوبی ارتقا دهد و در حالی که در سال آغازین دارای کمترین امتیاز کارایی بوده است در سه سال بعد بیش‌ترین امتیاز کارایی را در میان سایر معادن کسب کند. معدن سنگ آهن مرکزی در این مدت کاملاً برعکس عمل کرده است و در حالی که در سال نخست دارای امتیاز خوبی بوده است، در سال‌های بعد دچار کاهش شده است.

شکل 4 نتایج رتبه‌بندی AP

[Downloaded from ormr.modares.ac.ir on 2024-04-20]

[DOR: 20.1001.1.22286977.1391.2.3.4.8]

6- نتیجه‌گیری

رتبه‌بندی واحدهای کارا در مدل های کلاسیک تحلیل پوششی داده‌ها امکان‌پذیر نیست. با توجه به اهمیت معادن سنگ‌آهن مورد بررسی در تأمین سنگ آهن مورد نیاز صنعت فولاد کشور از یک طرف و محدودیت تعداد معادن سنگ آهن کشور و در نتیجه وقوع پدیده عدم تمایز و اختلال در تمایز بین واحدهای کارا و ناکارا موجب شد تا در این مقاله با استفاده از روش‌های مکمل روش‌های کلاسیک تحلیل پوششی داده‌ها به‌خصوص روش اندرسون و پیترسون (AP)، واحدهای معدنی مورد مطالعه در حد فاصل سال‌های 1387 تا 1390 رتبه‌بندی شوند. نتایج به دست آمده در روش DEA-AP نشان داده است که معدن سنگ آهن میشدوان در سه سال متوالی 1388تا 1390 بالاترین رتبه کارایی را دارد و از این نظر می‌تواند به عنوان الگو برای سایر واحدهای مشابه مطرح شود. درسال 1387 معدن سنگ آهن مرکزی بیش‌ترین کارایی را داشته است. اما این کارایی در سال‌های بعد کاهش یافت. هم‌چنین پایین بودن کارایی در معدن میشدوان در سال 1387 به این دلیل است که در این سال واحد میشدوان در مرحله آماده‌سازی بوده است، از این رو هنوز به تولید اسمی خود نرسیده بود. در این صورت شاید این‌طور به نظر می‌رسد که با توجه به اینکه این واحد هنوز به ظرفیت نرسیده است باید از مجموع داده‌ها حذف می‌شد ولی با توجه به اینکه داده‌های مسئله و تعداد سال‌های مورد بررسی کم بوده است، بهتر دیده شد که از داده‌های این سال نیز در محاسبات استفاده شود.

باید توجه داشت که در روش‌های تحلیل پوششی داده‌ها اعم از ورودی محور یا خروجی محور، مقادیر ورودی‌ها و خروجی‌های مقصد برای دستیابی واحدهای ناکارا به واحدهای کارای مرجع (همتا) نظیر خود، قابل محاسبه می‌باشد و به طور دقیق مشخص می‌کند که هر واحد ناکارا با الگوبرداری از واحدهای مرجع خود در حالت ورودی‌محور (روش پیشنهادی در این مقاله) چه مقدار ورودی‌های خود را باید کاهش دهد. این کاهش می‌تواند به صورت شعاعی (تکنیکی) و یا غیر شعاعی (ترکیبی) باشد.

از دیگر نکات شایان ذکر، نتایج یکسان رتبه‌بندی کارایی معادن مورد بررسی در دو روش AP و چارنز می‌باشد.

[Downloaded from ormr.modares.ac.ir on 2024-04-20]

[DOR: 20.1001.1.22286977.1391.2.3.4.8]

7- منابع

[1] Charnes A., Cooper W.W., Rhodes E.; "Measuring the efficiency of decision making units"; *European journal of operations research*, Vol. 2, pp. 429-444, 1978.

[2] Sikka V., Luke RD, Ozcan YA.; "The efficiency of hospital-based clusters: 010), Evaluating system performance using data envelopment analysis"; *Health care management*, Vol. 3 Issue 3, pp. 251-261, 2009.

[3] Banker R.D., Charnes A., Cooper W.W; "Some models for estimation technical and scale in efficiencies in data envelopment analysis", *Management science*, Vol. 30, Issue 9, pp.1078 – 1092, 1984.

[4] Tsou Ch., Huang D.; "Interfaces with other disciplines on some methods for performance ranking and correspondence analysis in the DEA context", *European journal of operational research*, Vol. 203, pp 771–783, 2010.

[5] Phillips F.; "25 Years of data envelopment analysis"; *International journal of information technology & decision making*, Vol. 4, No. 3, pp. 317–323, 2005.

[6] مهرگان، م.ر.؛ مدل‌های کمی در ارزیابی عملکرد سازمان‌ها؛ چاپ اول، تهران: مؤسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران، 1383.

[7] Farrell M.J.; "The Measurement of productive efficiency", *Journal of the Royal Statistical Society, A CXX*, Part 3, pp. 253-290, 1957.

[8] Aigner Dj, Lovell C. A. K, Schmidt P.; "Formulation and estimation of stochastic frontier production function models"; *Journal of econometrics*, Vol. 6, Issue 5, pp 21-37, 1977.

[Downloaded from ormr.modares.ac.ir on 2024-04-20]

[DOR: 20.1001.1.22286977.1391.2.3.4.8]

[9] Caves D. W., Christensen, L. R., Diwert, W. E.; "The economic theory of index numbers and measurement of input, output and productivity"; *Economical*, Vol. 50, Issue , pp. 1393-1414, 1982.

[10] Akcay A. E., Ertek, G., Büyüközkan, G.; "Analyzing the solutions of DEA through information visualization and data mining techniques: Smart DEA framework"; *Expert systems with applications*, Vol. 39, pp. 7763–7775, 2012.

[11] Rousseau, J.J., Semple, J.H.; "Two-person ratio efficiency game"; *Managment science*, Vol. 41, Issue 3, pp 435-441, 1995.

[12] Koksalan k., Tuncer C.; "A DEA-Based approach to ranking multi-criteria alternitives"; *International Journal of information Technology & Decision Making*, Vol. 8, No. 1, pp 29–54, 2009.

[13] Doyle J., Dreen R.; "Eefficiency and cross-efficiency in DEA: Derivations,meaning and uses"; *Journal of the operational research society*, Vol. 45, Issue 5, pp 567-578, 1994.

[14] Jenkins L., Anderson M.; "A comparison of data envelopment analysis using fewer variables versus principal components"; Dept of Business Administration Royal Military College of Canada, 2004.

[15] قاسمی، ه.، دین‌محمدی، م.، نجفی، س. ا.؛«رتبه‌بندی گروهی از محصولات شرکت‌های خودروسازی با رویکرد ترکیبی از مدل‌های DEA و بازه‌ای AHP»، *فصلنامه تحقیقات مدلسازی اقتصادی*، شماره 6، زمستان 1390.

[16] Jahantigh. M., Hosseinzadeh Lotfi. F. , Moghaddas Z.; " Ranking of DMUs by using Topsis and different ranking models in DEA"; *Int. J. Industrial Mathematics* (ISSN 2008-5621) Vol.5, No. 3, 2013 Article ID IJIM-00341, 9 Page.

[Downloaded from ormr.modares.ac.ir on 2024-04-20]

[DOR: 20.1001.1.22286977.1391.2.3.4.8]

[17] Safari H., Jafarzadeh A.H., Moradi-Moghadam M., Molavi M.; " A new decision model based on the common set of weights DEA and liner goal programming"; *Rep Opinion*, 5(5):54-56, 2013.

[18] جهانشاهلو، غ. ر.، حسین‌زاده لطفی، ف.، نیکومرام، ه.؛ تحلیل پوششی داده‌ها و کاربردهای آن؛ چاپ اول، تهران: دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات، 1387.

[19] Charnes A., Cooper W.W., Huang Z. M., Sun D. B.; "Poly hedral cone-ratio DEA models with anillustrative application to large commercial banks; *Journal of Econometrics*, Vol. 30, pp 91-107, 1990.

[20] Jahanshahloo G. R., Junior H. V., Lotfi F. H., Akbarian D.; "Decision support; A new DEA ranking system based on changing the reference set"; *European Journal of Operational Research*, Vol. 181, pp 331-337, 2007.

[21] Anderson P., Peterson N. C.; "A procedure for ranking efficient units in data envelopment analysis"; *Managment Seiece*, Vol. 39, Issue 10, pp 1261-1264, 1993.

[22] Sueyoshi T, Mika G.; "Measurment of linkage among environmental operational and financial performance in Japanese manufacturing firms: A use of data envelopment analysis with strong complementary slackness condition"; *European Journal of Operational Research*, Vol. 207, Issue 3, pp 1742 – 1753, 2010.

[23] ایمیدرو، گزارش پیش‌بینی برنامه زمانی تولید و سرمایه‌گذاری طرح‌های تجهیز معدنی و فراوری معادن سنگ آهن در افق 30 ساله؛ سازمان توسعه و نوسازی معادن و صنایع معدنی ایران- ایمیدرو، 1383.

[Downloaded from ormr.modares.ac.ir on 2024-04-20]

[DOR: 20.1001.1.22286977.1391.2.3.4.8]