فصلنامــه علمی پژوهشی دانش سرمایه‌گــذاری
سال دهم/ شماره سی‌وهفتم/ بهار ۱۴۰۰

ارزیابی کارایی مالی با مدل غیر شعاعی و داده های فازی و ورودی و خروجی هایی با ارزش حاشیه ای غیر خطی با تکنیک تحلیل پوششی داده ها

سعید سوادکوهی
دانشجوی دکتری گروه مدیریت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد دبی، امارات متحده عربی

فرهاد حسین زاده لطفی
استاد گروه ریاضی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران (نویسنده مسئول)
farhad@hosseinzadeh.ir

محمدرضا شهریاری
استادیار گروه مدیریت دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب، تهران، ایران

محسن واعظ قاسمی
استادیار گروه ریاضی دانشگاه آزاد اسلامی واحد رشت، گیلان، ایران

تاریخ دریافت: ۹۷/۱۰/۰۶ تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۱/۲۰

چکیده

از جمله سازمان های تولیدکننده و مالی مهم در اقتصاد ملی، تولیدکنندگان بزرگ کشور از جمله پتروشیمی ها و پالایشگاه ها هستندکه هدف مهم آن ها افـزایش کـارایی و جلوگیری از خام فروشی است. در این راستا مدیران این سازمانها ها با توجه به شرایط اقتصادی برای بهبـود کـارایی در تلاش می باشند. رویکرد کلاسیک مدلهای تحلیل پوششی دادهها در ارزیابی عملکرد قیمت گذاری خطی را برای ورودی و خروجی ها را در ارزیابی مد نظر میگیرد. در این مقاله کارایی ده شرکت بزرگ پتروشیمی را در سـال ۱۳۹۵ با مدل سازی به کمک متغیر های کمکی و ارزش گزاری غیر خطی ورودی و خروجی ها مورد بررسی قرار داده ایم. ویژگی مهم مدل ارائه شده این است که ارزش های غیر خطی ورودی ها و خروجی ها را در نظر می گیرد. در تجزیه و تحلیل کلاسیک DEA تمام وزن ها به صورت خطی در نظر گرفته می شوند که نمی توانند واقعیت امر را در بسیاری از مسائل کاربردی واقعی نشان دهند.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی کارایی، مدل غیر شعاعی، تحلیل پوششی داده‌ها، داده های فازی، هزینه حاشیه ای غیر خطی.

۱- مقدمه

صنعت پتروشیمی از جمله صنایع تاثیرگذار در جهان است که در اقتصاد هر کشورهای تولید کننده نقش بسزایی دارد. در نتیجه بهبود عملکرد آنان، جهت حفظ رقابت، امری ضروری است. لذا ارزیابی کارایی پتروشیمی ها، یکی از مسائل بسیار مهم در حوزه مدیریت می باشد. تکنیک تحلیل پوششی داده ها که روشی بر مبنای برنامه ریزی ریاضی می باشد ابزار بسیار قدرتمندی به منظور ارزیابی کارایی اقتصادی و مالی است. از جمله محاسن این روش نظر گرفتن شاخص های متعدد ورودی و خروجی می باشد. تحلیـل پوششـی داده ها یک روش نا پارامتری برمبنای برنامه ریزی ریاضـی برای ارزیابی کارایی واحدهای تصـمیم گیرنـد ه اسـت (Farell, 1957, 253). با توسـعه روش پیشنهادی از فارل (Charnes et. al. &, 1976, 429) مدل دیگری که معروف به CCR شد را پیشنهاد دادند کـه ارزیابی کارایی را در حضور چندین ورودی و خروجی با فرض بازده به مقیاس ثابت انجام می داد. با توسعه این روش و در نظر گرفتن بازده به مقیاس متغیر در سـال ۱۹۸۴ ،بنکـر و همکاران مـدل BCC (Banker et. al. &, 1984, 1078) را معرفی کردند. تکنیک تحلیـل پوششـی داده ها با در نظر گرفتن چندین واحد تصمیم گیرنده به جای مقایسه یک به یک واحدها، یک واحد مجازی از ترکیب سایر واحدهای تصمیم گیرنده ایجاد می کند. در این ارزیابی یک واحـد تصمیم گیرنده را کار معرفی می کند هرگاه واحد مجازی ای وجود نداشته باشد که با همان مقدار خروجی واحـد مـورد ارزیابی را با مقدار داده کمتری تولید کنند و در غیر این صورت آن واحد را ناکار معرفی می کند. این روش ارزیابی را ورودی محور می نامند. اگر واحد مجازی ای وجود نداشته باشد که با همان مقدار ورودی واحـد مـورد ارزیابی، مقدار خروجی بیشتری تولید کرده باشد آن گاه آن را کارا در ماهیت خروجی می نامند.

تکنیک تحلیـل پوششـی داده ها برای ارزیابی عملکرد در صنعت های متفاوتی مورد استفاده واقع شده است. از جمله محاسن این روش وجود ورودیها و خروجیهای چندگانه و به دست آوردن واحد های الگوی پاراتو کارا است. از جمله مدل های معروف در تحلیـل پوششـی داده ها مدل مبنی بر متغیر های کمکی SBM است که با بازده به مقیاس های متفاوت معرفی شد (Tone, 2000,498) . در ادامه مدل ابر کارایی SBM را معرفی شد (Tone, 2002, 32). همچنین مدل شبکه ای تحلیل پوششی دادههای برای مدل غیر شعاعی SBM توسعه داده شد (Tone at.al. &, 2009, 243). همچنین مدل پویای SBM نیز معرفی شد (Tone et. al. &, 2010, 145). همچنین ترکیب مدل شبکه ای و پویای SBM نیز ارایه شده است (Tone et. al.&, 2014, 124).

در این مقاله برای ارزیابی شرکتهای پتروشیمی این موضوع مورد بررسی قرار گرفته است که در مدل های تحلیل پوششی داده ها مجموع خروجی (ورودی) تابعی خطی از خروجی ها (ورودی ها) تعریف می شود. در صورتی که در بسیاری از مثال ها ورودی و خروجی هایی وجود دارند که ارزش غیر خطی دارند به این مفهوم که ارزش آن ها بر مبنای مقدار آن ها در تغییر است. ارزیابی واحد ها تصمیم گیرنده در حضور ورودی و خروجی هایی که ارزش حاشیه ای غیر خطی دارند ولی ارزش گذاری خطی برای آن ها انجام می شود نتایج درستی به دست نمی دهد. به این منظور در مدل های تحلیل پوششی داده ها توسعه ای انجام گرفت و در حضور چنین شاخص هایی به ارزیابی عملکرد و الگویابی پرداخته شد، (Hosseinzadeh et. al.& 2010, 729). در این مقاله به

بررسی و ارزیابی عملکرد واحد های تصمیم گیرنده در حضور ورودی و خروجی هایی که ارزش حاشیه ای غیر خطی دارند با مدل تعمیم یافته SBM که در این مقاله معرفی می شود پرداخته خواهد شد.

یکی از رویکردهای رایج، ارزیابی عملکرد و کارایی مالی سازمان و استفاده از شاخصهای مالی میباشد .سنجش عملکرد مالی سازمان جهت اتخاذ تصمیمات کارآمد و اثربخش سازمانی، امری حیاتی و کلیدی میباشد .اگرچه طی دو دهه اخیر موضوعاتی مانند یادگیری سازمانی، خلق دانش و ظرفیت نوآوری به عنوان عوامل تعیین کننده مزیتهای رقابتی مورد توجه قرار گرفته اند و این تمرکز به دلیل ظهور جهانی سازی، تشدید رقابت و پیشرفت بی سابقه تکنولوژی به خصوص در زمینه اطلاعات و ارتباطات بوده است و این امر سبب گردیده تا سازمانها برای یافتن شاخصهای فراگیر سنجش عملکرد تحت فشار قرار گیرند؛ ولیکن از آنجاکه همواره موقعیت مالی سازمانها از جمله کلیدیترین مجموعه شاخصها جهت سنجش عملکرد سازمانی میباشد مقوله ارزیابی موقعیت مالی در سازمانها از دیرباز مورد توجه و استفاده مدیران ارشد و ذینفعان سازمانی بوده است (زنجیردار و همکاران، ۱۳۸۹)

در قسمت دوم به معرفی مقدمات تحلیل پوششی داده ها و فازی می پردازیم. در قسمت سوم مدل مبنی بر متغیر های کمکی در تحلیل پوششی داده ها در حضور ورودی و خروجی هایی با ارزش غیر خطی معرفی می شود. در قسمت چهارم مقاله کاربردی از صنایع پتروشیمی ارائه شده است و قسمت پنجم نتیجه گیری ارائه خواهد شد.

۲- مفاهیم مقدماتی

۲-۱- مقدمه تحلیل پوششی داده‌ها

واحد تصمیم‌گیرنده، عبارت است از واحدی که با دریافت بردار ورودی مانند $(x_1,\ldots,x_m)$، بردار خروجی $(y_1,\ldots,y_s)$ را تولید می‌کند. منظور از واحدهای تصمیم‌گیرنده متجانس این است که واحدها عمل مشابه دارند و با دریافت ورودی‌های با جنس مشابه، خروجی‌های با جنس مشابه تولید می‌کنند. مانند شعبات یک بانک، کارخانجات یک شرکت خاص یا ادارات یک سازمان دولتی. کارایی درلغت به معنای خوب کار کردن، تحت تأثیر شاخص‌های درون سازمانی مثل سود هر واحد، فروش هر واحد و از این قبیل است.

در تکنیک DEA مجموعه فعالیت‌های شدنی، مجموعه امکان تولید نامیده شده و به‌صورت زیر بیان می‌شود:

$T = \{(X,Y) \in R^{m+s}$ بتواند به وسیله $Y \geq 0$ تولید شود: $X \geq 0\}$. (۱)

مدل‌های DEA هر کدام به یک مجموعه امکان تولید یکتا وابسته هستند که مجموعه امکان تولید نیز به طور یکتا، توسط یک مجموعه از فرض‌ها و اصول معین ساخته می‌شود.

مدل CCR اولین مدل DEA برای اندازه‌گیری کارایی واحدهای تصمیم‌گیرنده است که در ۱۹۷۸ ارایه شده است، (Charnes et. al. &, 1976, 429) .

(۲)

$$\begin{aligned} &Min \quad \theta-\varepsilon(1S^{-}+1S^{+}) \\ &s.t. \\ &\quad (\theta X_o\text{-}S^{-},Y_o+S^{+}) \in T_{CCR} \end{aligned}$$

با توجه به تعریف کارایی نسبی و اصل شهودی تجرید و با توجه به اینکه $(\theta X_o\text{-}S^{-},Y_o+S^{+}) \in T_{CCR}$، مدل (۲)، به مدل (۳) تبدیل می‌شود. مدل (۳)، که به مدل دو فازی CCR در فرم پوششی با ماهیت ورودی معروف است، همواره شدنی بوده و بهینه متناهی دارد و جواب بهین در شرط $0<\theta^{*}\leq 1$ صدق می‌کند. این مدل در دو فاز به بررسی واحد تحت ارزیابی کی پردازد. پس از انجام ارزیابی در دو فاز واحد الگوی پاراتو کارا از رابطـه زیـر محاسبه می گردد. $(\theta X_o\text{-}S^{-},Y_o+S^{+}) \in T_{CCR}$

$$\begin{aligned} &Min \quad \theta-\varepsilon(\sum_{i=1}^{m}s_i^{-}+\sum_{r=1}^{s}s_r^{+}) \\ &s.t. \quad \sum_{j=1}^{n}\lambda_j x_{ij}+\sum_{i=1}^{m}s_i^{-}=\theta x_{io}, \quad i=1,...,m, \\ &\quad \sum_{j=1}^{n}\lambda_j y_{rj}-\sum_{r=1}^{s}s_r^{+}=y_{ro}, \quad r=1,...,s, \\ &\quad \lambda_j \geq 0, \qquad j=1,...,n, \\ &\quad s_r^{+}\geq 0, s_i^{-}\geq 0 \qquad r=1,...,s,i=1,...,m. \end{aligned} \qquad (۳)$$

شرط لازم کارایی تحت مدل فوق این است که $\theta^{*}=1$. زیرا $\theta^{*}=1$، به این معنـی اسـت کـه امکـان کـاهش متناسب در همه ورودی‌های DMU_o، در مجموعه امکان تولید T_{CCR} وجود ندارد. اگر $\theta^{*}<1$، آن‌گاه DMU_o، ناکارا در ماهیت ورودی است و $(1-\theta^{*})$ مقدار ناکارایی تکنیکی در ماهیت ورودی است. DMU_o ، کارای قوی CCR گویند اگر و فقط اگر توسط هیچ DMUی عضو T_{CCR} مغلوب نگردد. برای هر $(o\in\{1,...,n\}), DMU_o$ یک مجموعه مرجع به‌صورت {حداقل در یک جواب بهین مدل (۴)، $\lambda_j^{*}>0$ باشد$\mid$ $E_o=\{j$ تعریف می‌شود. برای ارزیابی واحد های تصمیم گیرنده در یک فاز مدل مبتنی بر متغیر های کمکی را پیشـنهاد شـد کـه بسـیار مورد توجه قرار گرفت شد(Tone, 2000,498) . این مدل در یک فاز واحد الگوی پاراتو کارا را مشخص می کند.

(۴)

$$Min \quad \rho=\frac{\frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m}\frac{s_i^-}{x_{io}}}{\frac{1}{s}\sum_{r=1}^{s}\frac{s_r^+}{y_{ro}}}$$

$$s.t. \quad \sum_{j=1}^{n}\lambda_j x_{ij}+\sum_{i=1}^{m}s_i^- = x_{io}, \qquad i=1,\ldots,m,$$

$$\sum_{j=1}^{n}\lambda_j y_{rj}-\sum_{r=1}^{s}s_r^+ = y_{ro}, \qquad r=1,\ldots,s,$$

$$\lambda_j \geq 0, \qquad j=1,\ldots,n,$$

$$s_r^+ \geq 0,\ s_i^- \geq 0 \qquad r=1,\ldots,s, i=1,\ldots,m.$$

پس از انجام ارزیابی در یک فاز واحد الگوی پاراتو کارا از رابطه زیر محاسبه می گردد. $(X_o\text{-}S^-, Y_o+S^+)$
با توجه به تعریف متغیر های کمکی ورودی و خروجی به سادگی قابل بررسی است که $0<\rho^*\leq 1$. واحد تحت ارزیابی پاراتو کاراست اگر و فقط اگر $\rho^*=1$ و اگر $\rho^*<1$ آن گاه واحد تحت ارزیابی ناکاراست.

۲. ۲ مقدمه اعداد فازی

تعریف: اگر برد { 0,1 } را به بازه بسته [0,1] تبدیل کنیم ؛مجموعه کلاسیک به مجموعه فازی تبدیل می شود ؛به عبارتی مفروض به شکل زیر U در A مجموعه فازی ، Uبر مجموعه جهانی تعریف می شود.

(۵)

$$A:U \rightarrow [0,1]$$
$$A(U) \in [0,1]$$

A تابع عضویت نامیده می شود و میزان درجه عضویت A(U) را بیان می کند، (Zadeh, 1965).

تعریف: فرض کنید X مجموعه یی ناتهی باشد. هر زیرمجموعه ی فازی $\tilde{A}$ از X توسط یک تابع عضویت $\mu_{\tilde{A}}:X\rightarrow$ (0.1)، مشخص می شود که در آن برای هر $x\in X$، مقدار $\mu_{\tilde{A}}(x)$ در بازه [0.1] میزان عضویت x را در $\tilde{A}$ نشان می دهد. نزدیکی مقدار $\mu_{\tilde{A}}(x)$ به عدد یک نشانه عضویت قویتر عنصر x به مجموعه $\tilde{A}$ و نزدیکی آن به صفر نشان دهنده عضویت ضعیفتر x به مجموعه $\tilde{A}$ است، (Zadeh, 1965).

تعریف: فرض کنید X یک مجموعه مرجع و $\tilde{A}$ یک زیرمجموعه فازی از آن باشد. مجموعه نقاطی از X مانند x که $\mu_{\tilde{A}}(x)>0$ ، را محمل $\tilde{A}$ می نامند و با $Supp(\tilde{A})$ نشان می دهند یعنی:

$$Supp(\tilde{A}) = \{x \in X \mid \mu_{\tilde{A}}(x) > ۰\} \quad (۶)$$

تعریف: یک مجموعه فازی نرمال و محدب مانند $\tilde{A}$ از R (مجموعه اعداد حقیقی) را یک عدد فازی می گوییم هرگاه در شرایط زیر صدق کند:

۱) یک عدد منحصربفرد $x_۰ \in R$ وجود داشته باشد بطوریکه $A(x_۰) = 1$.

۲) تابع $A(x)$ قطعه ای پیوسته باشد.

قرارداد می شود که مجموعه ی تمام اعداد فازی را با $F(x)$ یا مختصرا F نشان دهند $(x \in R)$.

تعریف: اگر عدد فازی $\tilde{A}$ دارای تابع عضویتی بصورت

$$A(x) = \begin{cases} L\left(\frac{m-x}{\beta}\right) & x \le m. \\ R\left(\frac{x-m}{\gamma}\right) & x > m. \end{cases} \quad (۷)$$

باشد که در آن L وR توابعی غیر صعودی از R^+ به $[۰.1]$ هستند و $L(۰) = R(۰) = 1$، آنگاه $\tilde{A}$ را یک عدد فازی LR نامیده و با نماد $\tilde{A} = (m;\beta;\gamma)_{LR}$ نشان می دهند، (Zadeh, 1965). عدد m را مقدار میانی یا میانه و اعداد مثبت β وγ را به ترتیب پهنای چپ و پهنای راست$\tilde{A}$ می نامند. همچنین برای توابع L وR داریم:

$L(x) = L(-x)$و $R(x) = R(-x)$. (۸)

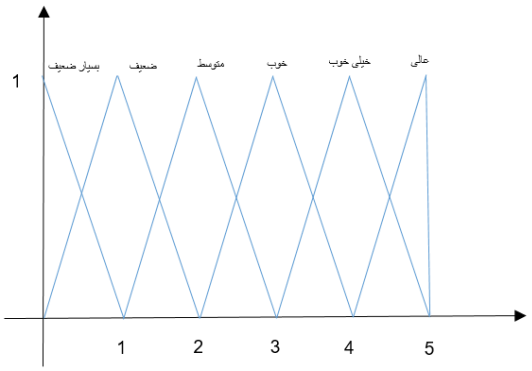
تعریف: اگر $\tilde{A} = (m;\beta;\gamma)_{LR}$ و$L = R$، $\tilde{A}$ را یک عدد فازی L نامیده و با نماد $\tilde{A} = (m;\beta;\gamma)_L$ نشان می دهند. چنانچه$\tilde{A} = (m;\beta;\gamma)_L$ ، آنگاه $\tilde{A}$ را یک عدد فازی مثلثی می نامند هرگاه

$$L(x) = max\{۰ ; 1 - x\} \quad (۹)$$

یک عدد فازی مثلثی $\tilde{A}$ که به صورت (m , β, γ) نمایش داده می شود، دارای تابع عضویتی به صورت فرمول زیر است که در آن γ و β اعداد حقیقی بزرگتر از صفر می باشند.

(۱۰)

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = \begin{cases} 1 - \dfrac{m-x}{\beta} & m - \beta \le x \le m \\ 1 + \dfrac{m-x}{\gamma} & m \le x \le m + \gamma \\ 0 & \text{سایر نقاط} \end{cases}$$



شکل۱: اعداد فازی مثلثی

روش های زیادی در ادبیات موضوع برای فازی زدایی معرفی شده که هر یک محاسن خاصی دارند. یکی از این روش ها روش مرکز ثقل است که توسط (Sugeno, 1985) معرفی شد. در این روش برای فازی زدایی عدد فازی مد نظر از فرمول زیر استفاده می شود.

(۱۱)

$$\hat{x}=\frac{\int \mu_{\tilde{A}}(x)\ \ x\ dx}{\int \mu_{\tilde{A}}(x)\ \ dx}$$

۳- مدل غیر شعاعی DEA در حضور ورودی و خروجی هایی با هزینه حاشیه ای غیر خطی

در اکثر مسائل دنیای پیرامون ما ارزش ورودی و خروجی ها به صورت غیر خطی می باشد.امروزه مدل های تحلیل پوششی داده ها در ارزیابی عملکرد واحد های تصمیم گیرنده بسیاربه کار گرفته شده اند و نتایج خوبی به دست داده اند. آن چه در این رساله حائز اهمیت است این است که در مسائل حقیقی اطراف ما داده های با ارزش غیر خطی وجود دارند لذا معرفی مدل های مناسبی که بتوان به کمک آن ها ارزیابی عملکرد را تحت این شرایط با دقت بیشتری انجام شود ضروری به نظر می رسد.در نتیجه معرفی مدل های مناسبی برای به دست آوردن مقدار کارایی، مشخص نمودن واحد های کارا و ناکارا و معرفی واحد های الگو ضروری به نظر می رسد.

همان طور که عنوان شد هدف در این بخش معدفی مدل غیر شعاعی در تحلیل پوششی داده ها با هدف قیمت گزاری غیر خطی ورودی ها و خروجی ها است. بنا بر آن چه در ادبیات موضوع آمده است مدل های غیر شعاعی تمامی ناکارایی را یک جا در نظر گرفته و دیگر نیازی به حل مدل دو فازی نمی باشد لذا با شرایط ذکر شده سعی بر معرفی مدل غیر شعاعی شده است.

در فرآیند ارزیابی عملکرد مالی، داده ها مستقیما از گزارشهای مالی گردآوری و به اطلاعات خلاصه شده تبدیل میگردند و سپس در اختیار تصمیمگیرندگان قرار میگیرند. در این فرآیند، نسبتهای مالی مبین ارتباط میان

دو عدد (مبلغ) یا بیشتر است که از گزارشهای مالی استخراج شده اند. اگرچه تجزیه و تحلیل نسبتهای مالی در فرآیند ارزیابی عملکرد مالی سازمانی قدمتی دیرینه دارد ولیکن یکی از مشکلات عدیده در استفاده از آنها انست که تک بعدی بوده و تنها یک بعد خاص سازمانی را میتوان بواسطه بکارگیری مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار داد.

لذا با توجه به محدودیتهای موجود و در عین حال کاربرد گسترده تجزیه و تحلیل نسبتهای مالی در ارزیابی عملکرد مالی سازمانی؛ سازمانها همواره درصدد توسعه و بکارگیری رویکردهایی به منظور بهبود و ارتقای قابلیتها و کاربردهای آنها میباشند تا بتوانند بواسطه نسبتهای مالی به درک صحیحی از میزان کارآمدی و اثربخشی خود دست یابند. رویکرد تحلیل پوششی داده ها از جمله کلیدیترین این راهکارها میباشد. بواسطه بکارگیری رویکرد تحلیل پوششی دادهها، میزان کارآمدی سازمانها بر اساس ورودیها و خروجیهای چندگانه برآورد میشود. رویکرد تحلیل پوششی دادهها سازمانها را قادر مینماید تا با نگرشی متوازن و تجمیعی به ارزیابی عملکرد خود بواسطه لحاظ کردن و مدنظر قرار دادن مجموعهای از نسبتها بپردازند و در نتیجه خود را از نگرش تک بعدی خارج کنند. از اینرو، نتایج حاصله از دقت، صحت و اعتبار به مراتب بالاتری برخوردار خواهد بود .یکی از محوریترین موضوعات در مقوله بکارگیری رویکرد تحلیل پوششی داده ها، انتخاب ورودیها و خروجیهای مدل میباشد.

بدون کم شدن از کلیت استدلال فرض کنید که I_2 و R_2 زیر مجموعه هایی ورودی و خروجی، به ترتیب، می باشند که ارزش غیر خطی و I_1 و R_1 به ترتیب زیر مجموعه هایی ورودی و خروجی می باشند که ارزش خطی دارند. لازم به ذکر است که $I = I_1 \cup I_2$ و $R = R_1 \cup R_2$ که در آن ها I و R مجموعه های کل ورودی و خروجی ها هستند.

فرض کنید که f و g تعداد ورودی های مصرفی و خروجی های تولیدی واحد های تحت ارزیابی باشند. مدل زیر را در نظر بگیرید.

(۱۲)

$$Min \quad \frac{1-(\frac{1}{f})(\sum_{i\in I_1}\frac{s_i^-}{x_{io}}+\sum_{i\in I_2}\sum_{k_i=1}^{l_{k_i}}\frac{s_r^{-k_i}}{x^{k_i}_{io}})}{1+(\frac{1}{g})(\sum_{r\in R_1}\frac{s_r^+}{y_{ro}}+\sum_{r\in R_2}\sum_{k'_r=1}^{l_{k'_r}}\frac{s_r^{+k'_r}}{y^{k'_r}_{ro}})}$$

$$s.t. \quad (x_i^{k_i}+\tau P_i^{k_i} : i\in I_2, x_i : i\in I_1, y_r^{k'_r}+\pi Q_r^{k'_r} : r\in R_2, y_r : r\in R_1)^t \in T^c{}_{pl}$$

حال مدل زیر را در نظر بگیرید:

(۱۳)

$$Min \quad \rho = \frac{1-(\frac{1}{f})(\sum_{i\in I_1}\frac{s_i^-}{x_{io}}+\sum_{i\in I_2}\sum_{k_i=1}^{l_{k_i}}\frac{s_i^{-k_i}}{x^{k_i}_{io}})}{1+(\frac{1}{g})(\sum_{r\in R_1}\frac{s_r^+}{y_{ro}}+\sum_{r\in R_2}\sum_{k'_r=1}^{l_{k'_r}}\frac{s_r^{+k'_r}}{y^{k'_r}_{ro}})}$$

$$s.t. \quad \sum_{j=1}^{n}\lambda_j x_{ij} \le x_{io}-s_i^- \qquad i\in I_1,$$

$$\sum_{j=1}^{n}\lambda_j {x_{ij}}^{k_i}+\sum_{l=1}^{f1}\tau_l {P_{il}}^{k_i} \le {x_{io}}^{k_i}-{s_i}^{-k_i} \qquad i\in I_2,\quad k_i=1,...,l_{k_i},$$

$$\sum_{j=1}^{n}\lambda_j y_{rj} \ge y_{ro}+s_r^+ \qquad r\in R_1,$$

$$\sum_{j=1}^{n}\lambda_j {y_{ij}}^{k'_r}+\sum_{l=1}^{f2}\pi_t {Q_{rt}}^{k'_r} \ge {y_{ro}}^{k'_r}+{s_r}^{+k'_r} \qquad r\in R_2,\quad k'_r=1,...,l_{k'_r},$$

$$s_i^{-k_i} \le {x_{io}}^{k_i}(1-w_{k_i}) \qquad i\in I_2,\quad k_i=l_{k_i},...,1, \qquad (a)$$

$$w_{k_i-1} \le ({x_{io}}^{k_i}-{s_i}^{-k_i}).M \qquad i\in I_2,\quad k_i=l_{k_i},...,2, \qquad (b)$$

$$({x_{io}}^{k_i}-{s_i}^{-k_i}) \le w_{k_i-1}.M \qquad i\in I_2,\quad k_i=l_{k_i},...,2, \qquad (c)$$

$${s_r}^{+k'_r} \le {\bar{y}_{rp}}^{k'_r}(1-v_{k'_r-1}) \qquad r\in R_2,\quad k'_r=1,...,l_{k'_r}, \qquad (d)$$

$$v_{k'_r} \le ({\bar{y}_{rp}}^{k'_r}-{s_r}^{+k'_r}).M \qquad r\in R_2,\quad k'_r=1,...,l_{k'_r}, \qquad (e)$$

$$({\bar{y}_{rp}}^{k'_r}-{s_r}^{+k'_r}) \le v_{k'_r}.M \qquad r\in R_2,\quad k'_r=1,...,l_{k'_r}, \qquad (f)$$

$$({x_{io}}^{k_i}-{s_i}^{-k_i}) \ge 0 \qquad i\in I_2,\quad k_i=1,...,l_{k_i}, \qquad (g)$$

$$s_i^- \ge 0, {s_i}^{-k_i} \ge 0 \qquad i\in I_1, i\in I_2, k_i=1,...,l_{k_i},$$

$$s_r^+ \ge 0, {s_r}^{+k_r} \ge 0 \qquad r\in R_1, r\in R_2, k'_r=1,...,l_{k'_r},$$

$$\lambda \ge 0, \pi \ge 0, \tau \ge 0$$

در مدل فوق $S^{-k_i}i$ و $S^{+k_r}r$ متغیر های کمکی های متناظر آن دسته از ورودی ها و خروجی هایی هستند که ارزش غیر خطی دارند. همچنین S^-i و S^+r متغیر های متناظر آن دسته از ورودی ها و خروجی هایی هستند که ارزش خطی دارند.

در ابتدا قرار دهید $v_0=0$ و M را یک عددمثبت بزرگ در نظر بگیرید. توجه داشته باشید متغیر دودویی v_{k_i-1} $(r\in R_2)$ $s^{+k'_r}{}_r$ را طوری هدایت می کند که در محدوده تعریف شده و به ترتیب مقدار اختیار کنند. به این منظور دسته قیود $(d),(e),(f)$ به مدل اضافه شده است.

به طور مشابه در ابتدا قرار دهید $w_{l_{k_i}}=0$. این متغیر دودویی $s^{-k_i}{}_i, i\in I_2$ را طوری هدایت می کند که به ترتیب و در محدوده مقدار از دست بدهند. به این منظور دسته قیود $(a),(b),(c)$ به مدل اضافه شده است.

با توجه به این که سطوح مختلف ورودی بده بستان برقرار است لذا ممکن است بعد از تصویر کردن واحد ها، آن ها روی مرز کارایی واقع نشود لذا به عنوان راه حل قید $x_{io}{}^{k_i}-s^{-k_i}{}_i\geq 0, i\in I_2$ به مدل اضافه شده است (Podinovski, 2009, 1311). همچنین مشکل دیگری که پودینوسکی عنوان کرد این است که λ های مثبت معرف واحد های پاراتو کارا نباشند. لازم به ذکر است که با توجه در صورت بروز چنین مشکلی از فاز سوم مدل پودینوسکی ۲۰۰۵ استفاده خواهد شد. لازم به ذکر است که اگر ورودی با مقدار صفر موجود بود کافی است جمله مربوط به آن را از تابع هدف حذف می شود و اگر چنین حالتی در خروجی ها رخ داد کافی است به جای آن ε قرار داده شود. با توجه به تابع هدف مدل فوق واضح است که $0<\rho\leq 1$. پس با ارزیابی مجموعه ای از واحد های تصمیم گیرنده به کمک مدل فوق می توان مقدار کارایی واحد ها را مشخص کرد. آن چه واضح است این است که **اگر** DMU_o پاراتو کار باشد آن گاه $\rho^*=1$ که به این معنی است که مقدار اسلک ها در جواب بهین صفر است در غیر این صورت مقادیر مقدار اسلک ها در جواب بهین مثبت است که نتیجه می دهد $\rho^*<1$.

۴- مثال کاربردی

در ابتدای این مطالعه کاربردی ابتدا به شناخت موثر پارامترها در قلمرو کاری این تحقیق می پردازیم. بدین منظور به شناخت و استخراج عوامل موثر ورودی و خروجی بر ارزیابی کارایی نسبی شرکتهای پتروشیمی پرداخته و با انجام مطالعات ای بر روی سیستم پتروشیمی مدل مفهومی تحلیل پوششی داده ها را مطابق شکل ۲ در نظر گرفتیم.

شکل ۲. مدل مفهومی مثال کاربردی

ورودی و خروجی ها عبارتند از:

ورودی ها:

کارکنان، امتیاز پرسنل، خوراک.

خروجی ها:
سود، تسهیلات، ارزش ریالی تولید، درآمدهای غیرعملیاتی و درآمدهای عملیاتی.
در گردآوری داده ها امتیاز پرسنل به صورت کیفی در اختیار محققین قرار گرفته است لذا از تکنیک فازی زدایی ذکر شده برای تبدیل توصیفات کیفی به مقادیر کمی استفاده شده است. اعداد فازی و توصیفات کیفی در جدول زیر آمده است.

جدول ۱: اعداد فازی مثلثی

عدد مثلثی فازی	عبارات کیفی
(۰،۰،۱)	بسیار ضعیف
(۱،۱،۱)	ضعیف
(۲،۱،۱)	متوسط
(۳،۱،۱)	خوب
(۴،۱،۱)	خیلی خوب
(۵،۱،۰)	عالی

جدول اطلاعات آماری ده شرکت پتروشیمی را به صورت زیردر نظر بگیرید.

جدول ۲: اطلاعات آماری داده ها

شاخص ها	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار
کارکنان	۴۰	۹۰	۵۰/۲	۱/۳۴
خوراک	۷۴۳	۱۹۷۲	۱۰۹۴	۲۱۳/۳۷۲
امتیاز پرسنل	۲	۹	۳/۵	۱/۷۰۰
سود	۱۴۷۸۳	۴۷۸۳۴	۹۸۷۲	۱۷۸/۳۲۰
تسهیلات	۱۸۹۲۶	۴۳۰۷۸۸	۵۴۳۷	۲۳۴۸/۰۴۵
ارزش ریالی تولید	۱۸۲۳۹	۲۴۰۹۸۵	۹۲۷۵	۴۲۸/۱۶۹
درآمدهای غیرعملیاتی	۸۹۳۵	۱۵۹۲۳	۱۲۸۴	۲۳۰/۲۸۹
درآمدهای عملیاتی	۶۹۸۳	۱۵۹۲۸	۱۸۳۴	۲۸۱/۲۶۷

خروجی ارزش تولید بسته به مقدار کمی آن دارای ارزش متفاوتی است. هر چه مقدار آن بیشتر شود ارزش آن نیز بیشتر خواهد شد. لذا با در نظر گرفتن ارزش غیر خطی برای آن بازهای مقدار آن نیز به صورت زیر در نظر گرفته می شود. همچنین ورودی خوراک تیز بسته به مقدار کمی آن دارای ارزش متفاوتی است. هر چه مقدار آن بیشتر شود ارزش آن نیز کمتر و با تخفیف همراه خواهد شد.

با اعمال روش پیشنهادی در مدل ارائه شده در این تحقیق بازه های متناظر ورودی و خروجی هـایی کـه ارزش غیر خطی دارند طبق نظر کارشناسان مربوطه به صورت زیر تعریف شده است. بازه های متنـاظر خروجـی ارزش تولید و ورودی خوراک به ترتیب به صورت زیر در نظر گرفته شده اند.

[∞و ۱۲۰]،(۱۲۰، ۵۰]،(۵۰، ۰]
[۱۸۰و ۱۴۵]، (۱۴۵و ۱۰۰]، (۱۰۰و۰]

ارزش متناظر هر یک از این بازه ها که به ترتیب باید به صورت یک دنباله صعودی و نزولـی باشـد کـه آن را بـا اعداد بزرگ تر از یک و کوچکتر از یک متناظر مولفه ها ی ماتریس ها ی P و Q در مـدل (۱۳) مشـخص شده اند. نتایج ارزیابی ده شرکت پتروشیمی به کمک مدل پیشنهادی در جدول زیر گردآوری شـده اسـت. در این جدول نتایج مدل کلاسیک SBM تحلیل پوششی داده ها نیز آورده شده است. همان طور که مشـاهده مـی شود در برخی شعب نتایج متفاوتی به دست آمده است.

جدول۳: کارایی

شرکتهای پتروشیمی	کارایی مدل (۳)	کارایی مدل(۱۳)
۱	۰/۶۷	۰/۵۳
۲	۱	۱
۳	۰/۹۳	۰/۹۵
۴	۰/۸۴	۰/۶
۵	۱	۱
۶	۰/۹	۱
۷	۰/۶۷	۰/۶۷
۸	۱	۰/۸۶
۹	۰/۵۸	۰/۷
۱۰	۰/۶۱	۰/۶۱

همان طور که در جدول فوق مشاهده می شود برخی از مقادیر کارایی در قیاس دو مدل (۱) و (۱۳) با ارزش گزاری خطی و غیر خطی دارای مقادیر یکسان می باشند. ولی در بسیاری از شعب مقـدار کـارایی تغییـر کـرده است. در ارزیابی کارایی با ارزش گزاری غیر خطی دسته بندی واحد ها ی کارا و ناکارا تغییر کرده است کـه بـا توجه به آن استراتژی های متفاوتی توسط مدیران بایستی لحاظ شود.

گروههای مختلف استفاده کننده از صورتهای مـالی، در تصـمیمگیری هـای خـود، هنگـام تجزیـه و تحلیـل صورتهای مالی نخست متوجه تجزیه و تحلیل نسبتها میگردند با وجود آنکه تجزیه و تحلیل مالی بسیار گسترده تر

از محاسبه نسبتهای مالی است، لیکن تجزیه و تحلیل نسبتها به عنوان روش اصلی تجزیه و تحلیل صورتهای مالی شناخته شده است. سرمایهگذاران، مدیران و اعتباردهندگان هر یک معیارهایی را برای سنجش عملکرد واحد تجاری مورد توجه قرار میدهند. (شهرضایی، ۱۳۸۴) در راستای سیر تکاملی نسبتهای مالی، امروزه استفاده از نسبتهای مالی برای تجزیه و تحلیل و تصمیمگیریهای راهبردی موضوعی حیاتی محسوب میگردد. تجزیه و تحلیل و ارزیابی عملکرد شرکتها نشان میدهد که اهداف سودآوری و عملیاتی شرکت محقق شده است یا خیر؟ یا اینکه آیا گزینه های مالی (تامین مالی) به طور مناسب استفاده شده است یا خیر؟ به منظور دستیابی به این اهداف عموما از نسبتهای مالی متنوعی استفاده میشود، نسبتهای مالی تنها به منظور درک عملکرد جاری و گذشته شرکت به کار نمیروند، بلکه از آنها به عنوان ابزاری برای برنامه ریزی و کنترل فعالیتهای شرکت نیز استفاده میشود .تجزیه و تحلیل نسبتها تکنیک استانداردی بوده که در اقتصاد برای ارزیابی عملکرد مدیریتی و تجاری مورد استفاده قرار میگرفته است .نسبتها رابطه بین برخی متغیرها را ارزیابی میکنند که این ارزیابی بینشی را نسبت به جنبه های متفاوت واحدهای تجاری مانند سودآوری، نقدینگی، کفایت سرمایه، کیفیت داراییها و ریسک مدیریت فراهم میکند (خواجوی و همکاران، ۱۳۸۹) با توجه به کاربرد گسترده تجزیه و تحلیل نسبتهای مالی در ارزیابی عملکرد مالی سازمانی؛ سازمانها همواره درصدد توسعه و بکارگیری رویکردهایی به منظور بهبود و ارتقای قابلیتها و کاربردهای آنها میباشند تا بتوانند بواسطه نسبتهای مالی به درک صحیحی از میزان کارآمدی و اثربخشی خود دست یابند.

همانطور که از جدول نتایج مشخص می گردد کارایی واحد های ۲ و ۵ در هر دو مدل ۱۰۰ درصد شده است. بنابراین این دو واحد کارایی مالی بسیار خوبی کسب کرده اند از طرفی واحد ۹ در مدل ۳ و واحد ۱ در مدل ۱۳ بدترین کارایی مالی را داشته اند بنابراین می توان نتیجه گیری نمود که واحد های ۱ و ۹ باید تغییر در فرآیند تبدیل داده به ستاده خود داشته باشند در واقع می بایست تکنولوژی خود را مطابق واحد های کارا تغییر دهند. در این بین واحد ۹ نیز در مدل نهایی کارای مالی بوده است اما در مدل ۳ این واحد کارایی ۹۰ درصد داشته است که می توان باز هم شرایط خوبی را برای آن متصور شد.

۵- نتیجه‌گیری

در این مقاله برای ارزیابی ده شرکت پتروشیمی که از جمله سازمان های مهم در اقتصاد کشور است به مدل مبنی بر متغیر های کمکی پرداخته شده است. از جمله محاسن این مدل در نظر گرفتن تمام ناکارایی های موجود در واحد تحت ارزیابی است. دیگر این که این مدل معرفی شده در نظر گرفتن ورودی و خروجی هایی با ارزش غیر خطی سعی در دقیق تر ارزیابی کردن واحد های تصمیم گیرنده دارد. توجه داریم اگر این شرایط که در مثال های حقیقی به کرات رخ می دهد را در مدل سازی در نظر نگیریم مقدار بدست آمده برای کارایی شامل خطا می باشد. پس برای ارزیابی دقیق بهتر است با توجه به نکات گفته شده مدل ارزیابی کارایی را در نظر بگیریم. از آن جایی که در بسیاری از مثال های کاربردی دنیای اطراف ورودی و خروجی هایی موجود می باشند که ارزش گزاری خطی برای آن ها نمی تواند به تمامی ماهیت آن ها را توضیح دهد لذا مثال از یک

پتروشیمی را برای توضیح شرایط به کار برده ایم. از جمله نتایج بسیار مهم در کاربرد این مدل جدیـد در مثـال کاربردی تغییر در نوع دسته بندی واحد ها ی کارا و ناکارا است. به این ترتیب مدیران می توانند برای واحد های تحت امرشان واحد های الگو معرفی کنند تا واحد ها بتوانند اضافه مصـرف ورودی یـا کمبـود مقـدار تولیـدی را شناسایی کنند و با تغییر در مقدار ورودی و خروجی هایشان به شرایط کارا شدن برسند. با توجه به ایـن مسـاله استراتژی های متفاوتی توسط مدیران بایستی برای ادامه حیاط سیستم لحاظ شود.

فهرست منابع

* زنجیردار،مجید؛ طالبی فراهانی،زرین؛ موسوی بصری،سیدمسلم؛ لونی،نـدا؛ مقایسـه سیسـتم هـای سـنجش عملکرد و تحلیلی بر کارت امتیازی متوازن به عنوان سیستم نوین سنجش عملکرد؛ بررسیهای بازرگانی؛ شماره ۴۱؛ خرداد و تیر ۱۳۸۹؛ صفحات ۳۵-۴۶
* شهرضایی، محمود؛ استفاده از نسبتهای مالی در تصمیم گیری؛ نشریه حسابدار؛ سال نـوزدهم؛ شـماره ۱۶۵؛ تیرماه ۱۳۸۴؛ صفحات ۲۱-۲۴
* نجفی، سید اسماعیل؛ آریانژاد، میربهادر؛ حسین زاده لطفی، فرهاد؛ ابنالرسول، سید اصغر؛ ارزیابی کارایی با تلفیق دو نظام اندازهگیری BSC وDEA ؛ فصلنامه مدیریت؛ سال پنجم؛ شماره ۱۱؛ پاییز ۱۳۸۷؛ صفحات ۱-۹
Farrell, M.J. (1957) The Measurement of Productive Efficiency. Journal of Royal Statistical Society, 120, 253-290.
* Charnes, A., W.W., Cooper, E., Rhodes, (1978), Measuring the efficiency of decision making units. European Journal of Operational Research, 2, 429-444.
* Banker, R. D., A., Charnes, W.W., Cooper, (1984), Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. Management Science, 30,1078–1092.
* Tone, K., (2001), A slacks based measure of efficiency in Data Envelopment Analysis. European Journal of Operational Research 130, 498–509.
* Tone, K., (2002), A Slacks-Based Measure of Super-Efficiency in Data Envelopment Analysis, European Journal of Operational Research 143, 32-41.
* Tone, Kaoru and Tsutsui, Miki. (2009) " Network DEA: A slacks-based measure approach " European Journal of Operational Research 197. 243–252.
* Tone, Kaoru and Tsutsui, Miki. (2010). " Dynamic DEA: Aslacks-based measure approach". Omega.145-156.
* Tone, Kaoru and Tsutsui, Miki.(2014)." Dynamic DEA with network structure: A slacks based measure approach ".Omega 42. 124–131.
* Hosseinzadeh Lotfi, M. Rostamy Malkhlifeh, Z. Moghaddas, (2010), European Journal of Operational Research, European Journal of Operational Research 205, 729–733.
* Zadeh, Lotfi, (1965). Fuzzy sets. Information Control 8, 338–353.
* Sugeno, M, (1985), Industrial Applications of Fuzzy Control," Elsevier Science, Amsterdam.
* Podinovsky, V.V, (2004), Production trade-offs and weight restrictions in data envelopment analysis. Journal of Operational Reaserch Society, 55, 1311-1322.
* Podinovsky V.V, (2004), Computation of efficient targets in DEA models with production trade-offs and weight restrictions. European Journal of Operational Reaserch, 181, 586-591.