Archive of SID

2th International Conference on Industrial Management
19 & 20 April 2017
دومیـــن کنفرانس بین المللی مدیریـــت صنعتـــی
(30 و 31 فروردین 1396)

ارزیابی کارایی انبارهای توزیع کالا با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌های راف (مورد مطالعه: کارایی انبارهای شرکت ایران خودرو)

سید علی ایازی[1]، فرزانه خسروانی[2]، جواد سیاهکالی مرادی[3]

1. دانشجوی دکتری مدیریت تحقیق در عملیات، دانشگاه علامه طباطبایی
2. دکترای مدیریت تولید و عملیات، دانشگاه تربیت مدرس
3. دانشجوی دکتری مدیریت دولتی، گرایش مدیریت تطبیق و توسعه، پردیس فارابی دانشگاه تهران

چکیده

در این پژوهش با توجه به اهمیت کارایی انبار محصولات در توسعه فعالیت های شرکت و افزایش رضایت مصرف کننده، به ارزیابی کارایی 11 انبار شرکت ایران خودرو بر اساس سه ورودی، 2 خروجی میانی و 3 خروجی نهایی پرداخته شده است. تحلیل پوششی داده‌ها یک رویکرد داده‌ای برای ارزیابی عملکرد و کارایی مجموعه‌ای از موجودیت‌های متجانس به نام واحد-های تصمیم‌گیری است که عملکرد آن‌ها بر اساس اندازه‌های متعدد مشخص می‌شود. نوآوری این پژوهش در ارائه یک مدل ترکیبی DEA دو مرحله ای با تئوری اعداد راف می باشد که به تصمیم گیرنده کمک می کند تا بتواند با شرایط عدم اطمینان و ابهام موجود در محیط مساله ارزیابی چندین واحد را با استفاده از ورودی و خروجی های مختلف مدل و حل نماید. نتیجه به دست آمده، فهرست رتبه بندی شده انبارهای شرکت بر اساس کارایی آن ها بوده است.

واژگان کلیدی: کارایی، تحلیل پوششی داده‌ها، نظریه مجموعه‌های راف، اعداد راف.

1. مقدمه

گستردگی رقابت و افزایش خواسته عمومی برای تسریع در روند توزیع و تحویل کالا، موجب شده است که شرکت های بزرگ، به بازنگری در عملکرد انبارهای خود روی بیاورند. اگر عملکرد انبارها در شبکه توزیع محصول مناسب نباشد، کیفیت نگهداری و سرعت تحویل کالا با افت مواجه شده و جایگاه شرکت به خطر می افتد. شرکت ایران خودرو به عنوان یکی از عمده ترین تولیدکنندگان خودرو در کشور، اگر چه از مزیت های بسیاری برای فروش محصولات خود برخوردار است اما شرکت های رقیب مانند سایپا و همچنین شرکت های چینی و فرانسوی، با ورود به بازارهای ایران و توسعه فعالیت های خود، سهمی از بازار را از آن خود کرده اند. به همین دلیل ارزیابی همه جانبه کارایی شرکت ایران خودرو، می تواند این شرکت را در بهبود و توسعه کیفیت محصولات و خدمات یاری دهد. انبار محصولات می تواند نقش موثری در ارائه خدمات به هنگام به مشتریان داشته باشد. شیوه نگهداری و میزان خطرات و رخدادهایی که در هنگام نگهداری خودرو رخ می دهد و شیوه ارائه خدمات و زمان ارائه خدمات، همگی از معیارهایی هستند که برای ارزیابی کارایی یک انبار مورد استفاده قرار می گیرد. شرکت ایران خودرو دارای 11 انبار محصول در بخش های مختلف استان تهران می باشد که در این پژوهش به ارزیابی عملکرد این انبارها با استفاده از روش تحلیل پوششی داده ها پرداخته شده است. تحلیل پوششی داده ها یک ابزار ناپارامتریک برای ارزیابی

www.SID.ir

Archive of SID

کارایی واحدهای تصمیم گیری (DMU) است. یک DMU به طور معمول به عنوان یک فرآیند یک طرفه که ورودی ها را به خروجی ها انتقال می دهد مدل سازی می شود. تابع ریاضی برای این انتقال ناشناخته است و کارایی DMU بر اساس تنها ورودی ها و خروجی های مشاهده شده ارزیابی می شود. با توجه به این موضوع، با در نظر گرفتن تکنولوژی مفروض، تولید مجموعه امکان استنباط می شود که شامل همه ترکیب های ورودی- خروجی موجه باشد [1].DEA شبکه ای نوعی از تکنیک DEA است که کارایی سیستم را در ساختار داخلی اندازه گیری می‌کند. کائو مدل‌های شبکه‌ای را به 7 دسته تقسیم می‌کند. این مدل‌ها عبارتند از 1) دو مرحله‌ای پایه 2) دو مرحله‌ای کلی3) مدل‌های سری 4) موازی 5) ترکیبی (سری-موازی) 6) سلسله مراتبی 7) پویا [2]. شبکه‌های سری نوعی از تحلیل پوششی هستند که دو واحد ابتدایی و انتهایی به ترتیب دارای ورودی و خروجی منفرد هستند و در واحدهای میانی، خروجی هر قسمت، ورودی قسمت بعدی می‌باشد [3].

تئوری مجموعه‌های راف[1]، که اولین بار توسط پاولاک[2] در سال 1982 معرفی شد، یک ابزار ریاضی با ارزش است که با ابهام و عدم اطمینان مرتبط است [4]. راف رویکردی در حوزه هوش مصنوعی است که شامل علوم شناختی، یادگیری ماشینی، کسب دانش، تجزیه و تحلیل تصمیم، کشف دانش، سیستم‌های پشتیبانی تصمیم، استدلال استنتاجی، و تشخیص الگو می‌شود [5]. نقطه آغازین نظریه مجموعه راف (RST) فرض این موضوع است که با هر هدف سود، برخی از اطلاعات را مرتبط می‌سازیم و اهداف یا مشابه هستند یا غیر قابل تشخیص که از طریق ویژگی‌های شان به وسیله برخی اطلاعات شناخته می‌شوند. این نوع از رابطه عدم تمایز، مبنای ریاضی نظریه مجموعه راف (RST) می‌باشد.

2. نظریه مجموعه‌های راف

مفهوم کلیدی نظریه مجموعه‌های راف(RST)، تقریب زدن مجموعه‌هایی در یک فضای تقریب معین است [4]. بر اساس مطالعات پاولاک، یک فضای تقریب A یک زوج مرتب (U, R) را تشکیل می دهد که U مجموعه مرجع می‌باشد و R برابر است با رابطه‌ای هم ارزی در ضرب دکارتی U ($R \subset U \times U$) که رابطه‌ای باینری است و رابطه غیر قابل تشخیص نامیده می‌شود. بدین صورت، اگر $x, y \in U$ و $(x, y) \in R$، این بدین معنا است که x و y غیر قابل تشخیص در A می‌باشند. کلاس‌های هم ارزی رابطهR مجموعه‌های ابتدایی (اتم ها) در A نامیده می‌شوند (مجموعه تهی نیز یک ابتدایی است) و مجموعه تمام اتم‌ها در A با U/R نشان داده می‌شود.

در رویکرد مجموعه راف، هر مفهوم مبهم به وسیله یک زوج قطعی مشخص می‌شود که تقریب بالا و پایین مفهوم مبهم است [7]. اگر $X \subseteq U$ یک زیر مجموعه از U باشد، آنگاه تقریب بالا و پایین X در A به صورت روابط 1 و 2 نشان داده می‌شود:

$$\underline{\mathbf{A}}(\mathbf{X}) = \{\mathbf{x} \in \mathbf{U} | [\mathbf{x}]_{\mathbf{R}} \subset \mathbf{X}\} \quad (1)$$

$$\overline{\mathbf{A}}(\mathbf{X}) = \{\mathbf{x} \in \mathbf{U} | [\mathbf{x}]_{\mathbf{R}} \cap \mathbf{X} \neq \emptyset\} \quad (2)$$

که $[x]_R$ کلاس هم ارز از رابطه R با عنصر X را نشان می‌دهد. علاوه بر این رابطه 3، مجموعه ناحیه مرزی X در A نامیده می‌شود.

$$\mathbf{BN_A}(\mathbf{X}) = \overline{\mathbf{A}}(\mathbf{X}) - \underline{\mathbf{A}}(\mathbf{X}) \quad (3)$$

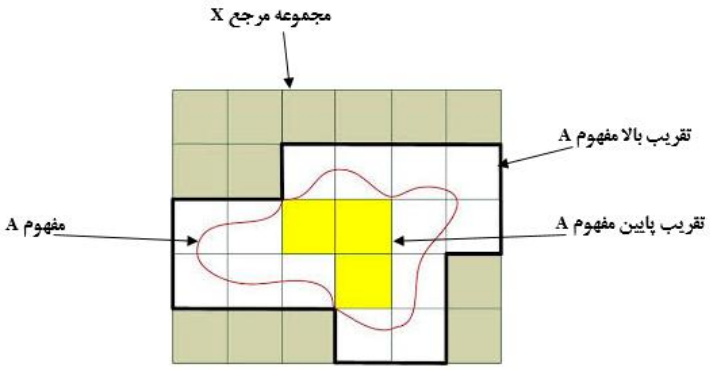
اگر مجموعه X به صورت راف در A قابل تعریف باشد، بدین معنا است که ما می‌توانیم مجموعه Xرا با تقریب بالا و پایین در A توصیف کنیم. تقریب بالا $\overline{A}(X)$ بدین معنا است که مجموعه حداقلی در Aوجود دارد که شامل اهدافی است که امکان

1 Rough Sets Theory
2 Pawlak

www.SID.ir

Archive of SID

تعلق به مفهوم مورد نظر را دارد. در جایی که تقریب پایین $\underline{A}(X)$، به معنی بزرگترین مجموعه قابل تعریف در A است که شامل اشیایی است که بطور کامل به مفهوم تعلق دارد. این مفهوم در شکل 1 نشان داده شده است.



شکل 1. مدل مفهومی سیستم راف

3. اعداد راف[1]

بر اساس نظریه مجموعه‌های راف، اعداد راف به وسیله ژای و همکاران[2] مطرح شد [8]. یک عدد راف معمولا شامل حد پایین و بالا و فاصله مرزی راف[3] می‌شود. که فقط وابسته به داده‌های اصلی است. بنابراین نیازی به هیچ اطلاعات کمکی[4] نیست و می‌تواند مفاهیم مورد نظر خبرگان را بهتر دریافت کند و عینیت تصمیم گیری را بهبود بخشد.

فرض کنید U یک مجموعه مرجع (جهانی) است که شامل تمامی اعضا است، Y یک عضو دلخواه از مجموعه U است. R یک مجموعه از tکلاس $(G_1, G_2, \dots, G_t)$ است که تمامی اعضا از U را پوشش می‌دهد،

$$R = \{G_1, G_2, \dots, G_t\}$$

اگر این کلاس‌ها به صورت ترتیبی باشند: $G_1 < G_2 < \cdots < G_t$ آنگاه

$$\forall Y \in U, G_q \in R, 1 \le q \le t$$

تقریب پایین $(\underline{Apr}(G_q))$ و تقریب بالا $(\overline{Apr}(G_q))$ و ناحیه مرزی $(Bnd(G_q))$از کلاس G_q به صورت 4و 5 و 6 تعریف می‌شود:

$$\underline{Apr}(G_q) = \bigcup \{Y \in U | R(Y) \le G_q\} \quad (4)$$

$$\overline{Apr}(G_q) = \bigcup \{Y \in U | R(Y) \ge G_q\} \quad (5)$$

$$Bnd(G_q) = \bigcup \{Y \in U | R(Y) \ne G_q\} = \{Y \in U | R(Y) > G_q\} \cup \{Y \in U | R(Y) < G_q\} \quad (6)$$

سپس G_q می‌تواند به وسیله یک عدد راف $RN(G_q)$ ارائه شود که به وسیله حد پایین و حد بالای متناظر آن ارائه شود که:

1 Rough number
2 Zhay et al
3 Rough boundary
4 Auxiliary information

www.SID.ir

Archive of SID

$$\underline{Lim}(G_q) = \frac{1}{M_L}\sum R(y)\Big| Y \in \underline{Apr}(G_q) \quad (7)$$

$$\overline{Lim}(G_q) = \frac{1}{M_U}\sum R(y)\Big| Y \in \overline{Apr}(G_q) \quad (8)$$

$$RN(G_q) = \left[\underline{Lim}(G_q), \overline{Lim}(G_q)\right] \quad (9)$$

که M_L و M_U، به ترتیب مقادیر اعضا $\underline{Apr}(G_q)$ و $\overline{Apr}(G_q)$ می شوند.

واضح است که حد پایین و حد بالا، مقدار میانگین عناصری را که در ارتباط با تقریب بالا و پایین است را به ترتیب مشخص می‌کند. تفاوت آنها به عنوان فاصله مرزی راف تعریف می‌شود(رابطه 10).

$$\mathrm{IRBnd}(\mathrm{G_q}) = \overline{\mathrm{Lim}}(\mathrm{G_q}) - \underline{\mathrm{Lim}}(\mathrm{G_q}) \quad (10)$$

فاصله مرزی راف، ابهام G_q را بیان می‌کند، به صورتی که عدد بزرگتر آن، به معنای ابهام بیشتر است، در حالی که عدد کوچک‌تر آن دقت بیشتری دارد. اطلاعات ذهنی می‌تواند با اعداد راف بیان شود.

برای مثال فرض کنید مجموعه داده $U = \{3,5,7,3,7\}$ باشد. سه کلاس وجود دارد و $R = \{G_1, G_2, G_3\}$. G_2 بر اساس روابط 4 تا 6 به صورت زیر تعریف عدد راف را توضیح می‌دهد:

$$\underline{Apr}(5) = \bigcup\{Y \in U | R(Y) \leq 5\} = \{3,5,3\}$$

$$\overline{Apr}(5) = \bigcup\{Y \in U | R(Y) \geq 5\} = \{5,7,7\}$$

$$Bnd(5) = \bigcup\{Y \in U | R(Y) \neq 5\} = \{3,7,3,7\}$$

بنابراین عدد راف متناظر G_2 بر اساس روابط 7 تا 9 به صورت زیر است:

$$\underline{Lim}(5) = \frac{1}{M_L}\sum R(y)\Big| Y \in \underline{Apr}(5) = \frac{1}{3}(3+5+3) = 3.67$$

$$\overline{Lim}(5) = \frac{1}{M_U}\sum R(y)\Big| Y \in \overline{Apr}(5) = \frac{1}{3}(5+7+7) = 6.33$$

$$RN(5) = \left[\underline{Lim}(5), \overline{Lim}(5)\right] = \lceil 3.67, 6.33 \rfloor$$

فاصله مرزی راف G_2 به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$IRBnd(5) = \overline{Lim}(5) - \underline{Lim}(5) = 2.66$$

در نهایت، عنصر 5 در مجموعه U به وسیله یک عدد راف $RN(5) = \lceil 3.67, 6.33 \rfloor$ ارائه می‌شود. به صورت مشابه عدد دیگر عناصر U به همین روش تعیین می‌شود. به دلیل اینکه اعداد راف مشابه اعداد فاصله‌ای می‌باشند، قوانین محاسباتی اعداد فاصله‌ای[1] می‌تواند در اعداد راف نیز مورد استفاده قرار گیرد.

فرض کنید $RN(\alpha) = \left[\underline{Lim}(\alpha), \overline{Lim}(\alpha)\right]$ و $RN(\beta) = \left[\underline{Lim}(\beta), \overline{Lim}(\beta)\right]$ دو عدد راف باشند و μ یک عدد ثابت غیر صفر باشد. آنگاه عملیات راف به صورت رابطه‌های 11 تا 13 تعریف می‌شود.

$$\mathrm{RN}(\alpha) \times \mu = \left[\underline{\mathrm{Lim}}(\alpha), \overline{\mathrm{Lim}}(\alpha)\right] \times \mu = \left[\mu \times \underline{\mathrm{Lim}}(\alpha), \mu \times \overline{\mathrm{Lim}}(\alpha)\right] \quad (11)$$

$$\mathrm{RN}(\alpha) + \mathrm{RN}(\beta) = \left[\underline{\mathrm{Lim}}(\alpha), \overline{\mathrm{Lim}}(\alpha)\right] + \left[\underline{\mathrm{Lim}}(\beta), \overline{\mathrm{Lim}}(\beta)\right] \quad (12)$$

1Interval number

www.SID.ir

Archive of SID

$$= \left[\underline{\mathrm{Lim}}(\alpha) + \underline{\mathrm{Lim}}(\beta), \overline{\mathrm{Lim}}(\alpha) + \overline{\mathrm{Lim}}(\beta)\right]$$
$$\mathrm{RN}(\alpha) \times \mathrm{RN}(\beta) = \left[\underline{\mathrm{Lim}}(\alpha), \overline{\mathrm{Lim}}(\alpha)\right] \times \left[\underline{\mathrm{Lim}}(\beta), \overline{\mathrm{Lim}}(\beta)\right] \quad (13)$$
$$= \left[\underline{\mathrm{Lim}}(\alpha) \times \underline{\mathrm{Lim}}(\beta), \overline{\mathrm{Lim}}(\alpha) \times \overline{\mathrm{Lim}}(\beta)\right]$$

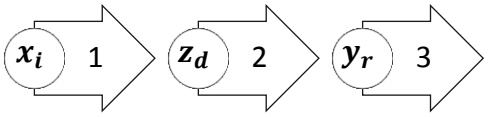
همچنین برای مقایسه دو عدد راف از رابطه 14 استفاده می‌شود. به این صورت که اگر A و B دو عدد راف باشند، خواهیم داشت:

$$C = [c_1, c_2] = A - B = [a_1 - b_2, a_2 - b_1]$$
$$\text{IF } \frac{|c_1|}{c_2 - c_1} < \frac{|c_2|}{c_2 - c_1} \rightarrow \text{Then } A > B \quad (14)$$
$$\text{IF } \frac{|c_1|}{c_2 - c_1} \geq \frac{|c_2|}{c_2 - c_1} \rightarrow \text{Then } A \leq B$$

در این پژوهش از اعداد راف برای محاسبه ورودی‌ها و خروجی‌های انبارهای شرکت ایران خودرو از تحلیل پوششی داده‌ها استفاده شده است و برای انجام محاسبات تحلیل پوششی داده‌ها، روابط عملیاتی راف به کار می‌رود.

4. تحلیل پوششی شبکه‌ای راف

در تحلیل پوششی راف، ورودی‌ها و خروجی‌ها اعداد فاصله‌ای هستند که بر مبنای تقریب‌های بالا و پایین تئوری مجموعه‌های راف بدست آمده است. در شکل زیر یک شبکه سری را مشاهده می‌کنید که در آن x_i ورودی i ام شبکه، z_d خروجی d ام مرحله اول و ورودی d ام مرحله دوم است. همچنین y_r خروجی r ام مرحله دوم می‌باشد.



شکل2: چهارچوب کلی شبکه سری تحلیل پوششی داده‌ها

بر اساس مدل تحلیل پوششی داده‌های فاصله‌ای[1] [9] و [10]، مدل تحلیل پوششی با داده‌های راف به صورت رابطه 15تعریف می‌کنیم:

$$Max\ \tilde{e}_p = \sum_r u_r \left[y_{rp}^L, y_{rp}^U\right]$$
$$S.T.$$
$$\sum_r u_r \left[y_{rj}^L, y_{rj}^U\right] - \sum_d w_d \left[Z_{dj}^L, Z_{dj}^U\right] \leq 0 \quad , j = 1,2,\dots,n$$
$$\sum_d w_d \left[Z_{dj}^L, Z_{dj}^U\right] - \sum_i v_i \left[x_{ij}^L, x_{ij}^U\right] \leq 0 \, , j = 1,2,\dots,n \quad (15)$$
$$\sum_i v_i \left[x_{ip}^L, x_{ip}^U\right] = 1$$
$$u_r, g_l, c_a, w_d, v_i \geq \varepsilon > 0$$

1 Interval DEA

www.SID.ir

Archive of SID

در رابطه15، y_{rj}^{L} و y_{rj}^{U} به ترتیب حد پایین و بالای خروجی‌های شبکه می‌باشد که از محاسبات اعداد راف بدست آمده است. همچنین Z_{dj}^{L} و Z_{dj}^{U} حد پایین و بالای ورودی زیر سیستم دوم است. x_{ij}^{L} و x_{ij}^{U} حد پایین و بالای ورودی‌های زیرسیستم اول در شبکه سری می‌باشد. u_r ، w_d و v_i وزن‌های ورودی‌ها و خروجی‌های شبکه هستند. اندیس p در این مدل نشان دهنده واحد تصمیم گیری p ام است. همچنین تمامی وزن‌ها بزرگ‌تر از یک عدد مثبت بسیار کوچک (ε) در نظر گرفته می‌شوند.

با توجه به مدل 15، می‌توان یک حد بالا و حد پایین برای میزان کارایی هر واحد تصمیم گیری (DMU) در نظر گرفت. در حد بالای کارایی، بهترین وضعیت واحد p ام اتفاق می افتد و مابقی واحدهای تصمیم‌گیری در بدترین حالت خود قرار می‌گیرند، بدین صورت که در تابع هدف حد بالای خروجی، و در محدودیت های مربوط به واحد مورد بررسی، بیشترین مقدار خروجی در هر منظر و کمترین ورودی در هر منظر محاسبه می گردد و به طور همزمان در محدودیت های مربوط به بقیه واحدهای تصمیم گیری، کمترین خروجی و بیشترین ورودی در نظر گرفته می‌شود. همچنین در حد پایین کارایی، بدترین حالت واحد p ام رخ می‌دهد و بقیه واحدهای تصمیم گیری در بهترین حالت قرار می‌گیرند [11]. شیوه مدل‌سازی در حالت بدبینانه دقیقا بر عکس حالت خوش‌بینانه است. این دو مدل در روابط 16 و 17 نمایش داده شده است.

$$
\begin{aligned}
&Max\ e_p^L = \sum_r u_r y_{rp}^L \\
&S.T. \\
&\sum_r u_r y_{rp}^L - \sum_d w_d Z_{dp}^U \le 0 \\
&\sum_r u_r y_{rj}^U - \sum_d w_d Z_{dj}^L \le 0 \ \ , j = 1,2,\dots,n, j \ne p \\
&\sum_d w_d Z_{dp}^L - \sum_i v_i x_{ip}^U \le 0 \\
&\sum_d w_d Z_{dj}^U - \sum_i v_i x_{ij}^L \le 0 \ , j = 1,2,\dots,n, j \ne p \\
&\sum_i v_i x_{ip}^U = 1 \\
&u_r, g_l, c_a, w_d, v_i \ge \varepsilon > 0
\end{aligned}
\qquad (16)
$$

$$
\begin{aligned}
&Max\ e_p^U = \sum_r u_r y_{rp}^U \\
&S.T. \\
&\sum_r u_r y_{rp}^U - \sum_d w_d Z_{dp}^L \le 0 \\
&\sum_r u_r y_{rj}^L - \sum_d w_d Z_{dj}^U \le 0 \ \ , j = 1,2,\dots,n, j \ne p \\
&\sum_d w_d Z_{dp}^U - \sum_i v_i x_{ip}^L \le 0
\end{aligned}
\qquad (17)
$$

www.SID.ir

Archive of SID

$$\sum_d w_d Z_{dj}^L - \sum_i v_i x_{ij}^U \le 0 \ , j = 1,2, \dots, n, j \ne p$$
$$\sum_i v_i x_{ip}^L = 1$$
$$u_r, g_l, c_a, w_d, v_i \ge \varepsilon > 0$$

و در نهایت برای ارزیابی نهایی و رتبه بندی واحدهای کارا به این صورت عمل می‌شود که اگر A و B دو عدد فاصله‌ای باشند، برای مقایسه دو عدد فاصله‌ای A و B از رابطه 14 استفاده می‌شود.

5. مورد مطالعاتی

در این پژوهش، کارایی 11 انبار ایران خودرو که مخصوص انبار محصولات تولید شده، مورد بررسی قرار گرفته است. از آنجا که حجم داده‌ها زیاد بود، در جدول 2 به ارائه داده های مربوط به سه انبار اول بسنده شده است. ورودی ها، خروجی های میانی و خروجی های نهایی برای ارزیابی کارایی به شرح زیر تعیین گردید:

ورودی ها (x): ظرفیت انبار، هزینه منابع انسانی، تعداد کارکنان اعم از رسمی و پیمانکاری

خروجی های میانی (z): هزینه نگهداری و تعمیرات، هزینه جابجایی انبار

خروجی های نهایی (y): تعداد خودروهای انبار شده، تعداد مشتریان هر انبار، تعداد خودروهای معیوب و ناقص شده در انبار

جدول 2: ورودی‌ها و خروجی‌های سه انبار ایران خودرو

y_3	y_2	y_1	z_2	z_1	x_3	x_2	x_1	DMU
629.61	12.369	93	32.55	1004.4	206.46	357.12	13.02	انبار 1
329.22	13.1316	170.19	34.41	885.36	262.26	233.43	13.95	
541.26	12.0063	143.22	34.41	669.6	231.57	195.3	16.74	
654.72	13.485	159.03	44.64	791.43	220.41	172.98	12.09	
485.46	20.4693	81.84	78.12	2165.04	141.36	165.54	16.74	انبار 2
598.92	21.39	69.75	26.97	2856.03	127.41	214.83	11.16	
651	23.1105	95.79	53.01	2658.87	161.82	372	8.37	
699.36	11.3181	96.72	66.03	2327.79	178.56	370.14	13.02	
744	16.833	202.74	115.32	1820.94	162.75	142.29	19.53	انبار 3
345.03	17.484	204.6	344.1	1675.86	253.89	195.3	17.67	
864.9	16.647	188.79	172.98	1607.97	224.13	298.53	16.74	
956.04	15.159	171.12	180.42	1530.78	212.97	249.24	18.6	

همان‌طور که در جدول 2 مشاهده می‌شود به دلیل وجود تغییرات و عدم اطمینان در داده‌های جمع آوری شده از هر انبار، می‌بایست این عدم اطمینان در مدل تحلیل پوششی داده‌ها اعمال شود. با تبدیل جدول 2 به داده‌های راف، جدول 3 بدست می‌آید.

جدول3. ورودی‌ها و خروجی‌های راف شبکه

y_3	y_2	y_1	z_2	z_1	x_3	x_2	x_1	
[537.67,	[13.1,	[100, 153]	[35,	[900.75,	[222,	[257.75,	[13.5,	انبار

www.SID.ir

Archive of SID

690.5]	13.67]		39.25]	1080]	247.5]	384]	15.67]	1
[354, 579.25]	[13.44, 14.31]	[153, 183]	[36.33, 40.67]	[841, 1016]	[247.5, 282]	215.67, 317.5]	[14, 16.5]	
[468, 654.33]	[12.91, 13.7]	[127, 169.33]	[36.33, 40.67]	[720, 900.75]	[236, 265.5]	[198, 281.67]	[15, 18]	
[579.25, 704]	[13.7, 14.5]	[141.67, 177]	[39.25, 48]	[785, 961]	[229.5 256]	186, 257.75]	[13, 15]	
[522, 654.5]	[17.09, 23.28]	[81.5, 98.33]	[60.25, 84]	[2328, 2690.25]	[144.5, 173.67]	[178, 301.75]	[13.25, 18]	انبار 2
[583, 698.67]	[19.23, 23.92]	[75, 92.5]	[29, 60.25]	[2690.25, 3071]	[137, 163.75	204.5, 343]	[10.5, 14.67]	
[622, 726]	[20.5, 24.85]	[88.67, 103.5]	[43, 70.67	[2563.33, 2965]	[154.33, 183]	[301.75, 400]	[9, 13.25	
[654.5, 752]	[12.7, 20.5]	[92.5, 104]	[52.33, 77.5]	[2415.5, 2811]	[173.67, 192]	[269, 399]	[11.67, 16]	
[585.5, 919.33]	[17.43, 18.45]	[201.67, 219]	[124, 218.5]	[1783.5, 1958]	[175, 229.5]	[153, 238]	[19.5, 21]	انبار 3
[371, 782.25]	[17.77, 18.8]	[206.25, 220]	[218.5, 370]	[1725.67, 1880]	[229.5, 273]	[181.5, 266.33]	[18.5, 21]	
[700.33, 979]	[17.1, 18.27]	[193.5, 213.67]	[155, 250]	[1687.5, 1829.67]	[215, 257]	[238, 321]	[18, 19.5]	
[782.5, 1028]	[16.3, 17.77]	[184, 206.25]	168, 282]	[1646, 1783.5]	[202, 247.67]	[210.33, 294.5]	[19, 20.5]	

میزان کارایی هر انبار و رتبه هر انبار نسبت به سایر کارایی سایر انبارها در جدول 4 نشان داده شده است. در این جدول میزان کارایی بلند مدت انبار که شامل 4 دوره زمانی بوده است، به صورت اعداد فاصله‌ای نشان داده شده است. بدین معنی که ابهام در سطح جواب نیز حفظ شده است. برای مثال کارایی انبار 11 بین اعداد 0.727 تا 1 تغییر می‌نماید. در جدول 4، انبارها بر اساس روابط 14 مقایسه و رتبه بندی شده‌اند.

جدول4: میزان کارایی فاصله‌ای انبارهای محصولات ایران خودرو

انبار	مقادیر کارایی	رتبه
انبار 1	[0.285, 0.571]	10
انبار 2	[0.450, 0.767]	8
انبار 3	[0.639, 1]	2
انبار 4	[0.743, 0.936]	3
انبار 5	[0.633, 0.855]	5
انبار 6	[0.346, 0.648]	9
انبار 7	[0.295, 0.391]	11
انبار 8	[0.482, 0.784]	7
انبار 9	[0.567, 0.839]	6

www.SID.ir

Archive of SID

انبار 10	[0.632, 0.991]	4
انبار 11	[0.727, 1]	1

نتیجه گیری

مدل‌های ابتدایی تحلیل پوششی داده‌ها، ابزاری برای ارزیابی یک سیستم بدون در نظر گرفتن مراحل و فرآیندهای داخلی بوده است. اما در طی سالیان سیر تطور خود تغییرات زیادی داشته است. از جمله این تغییرات این است که به جای در نظر گرفتن یک سیستم به مثابه یک جعبه سیاه، شبکه‌ای از فرآیندهای داخلی درنظر گرفته می‌شود. همچنین از دیگر تغییرات مدل اولیه تحلیل پوششی داده‌ها این است که به جای ارزیابی سیستم با داده‌های قطعی، از نظریات مجموعه‌های مبهم استفاده شده است. در این پژوهش، کارایی 11 انبار محصولات ایران خودرو مورد بررسی قرار گرفت که در این ارزیابی، از مدل‌های شبکه‌ای تحلیل پوششی داده‌ها با داده‌های راف به کار رفته است. نتایج این پژوهش نشان داد که انبار 11 و 3 دارای بیشترین کارایی هستند. به همین صورت مابقی انبارها نیز رتبه بندی شدند. باید توجه داشت که این پژوهش تنها متغیرهای معدودی را در ارزیابی انبارها دخیل داشته است. لذا برای بررسی‌های بیشتر می‌توان تحلیل پوششی با شبکه گسترده‌تر و متغیرهای جامع‌تر را مدنظر قرار داد تا ارزیابی با واقعیت تطبیق بیشتری داشته باشد. و با اعمال این تغییرات ممکن است نتایج و رتبه‌های بدست آمده در این تحقیق دستخوش تغییر قرار گیرد.

منابع

[1] Lozano, S., Gutiérrez, E., & Moreno, P. (2013). Network DEA approach to airports performance assessment considering undesirable outputs. Applied Mathematical Modelling, 37(4), 1665-1676.
[2] Kao, C. (2014). Network data envelopment analysis: A review. European Journal of Operational Research.239.pp.1-16.
[3] Pawlak, Z. (1982). Rough sets. International Journal of Computer and Information Science 11 (5): 341–56.
[4] Chen, L.-F., & Tsai, C.-T. (2016). Data mining framework based on rough set theory to improve location selection decisions: A case study of a restaurant chain. Tourism Management, 53, 197-206.
[5] خسروی، محمدرضا، شاهرودی، کامبیز (1393). کاربست مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای در سنجش کارایی بخش انتقال نیروی صنعت برق. مجله مدیریت صنعتی (دانشگاه تهران)، 6(2)، 263-282.
[6] Zhu, G. N., Hu, J., Qi, J., Gu, C., Peng, Y. H. (2015). An integrated AHP and VIKOR for design concept evaluation based on rough number. Advanced Engineering Informatics.
[7] Zhai, L. Y., Khoo, L. P., & Zhong, Z. W. (2008). A rough set enhanced fuzzy approach to quality function deployment. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, *37*(5-6), 613-624.
[8] Wang, Y. M., Greatbanks, R., & Yang, J. B. (2005). Interval efficiency assessment using data envelopment analysis. *Fuzzy sets and Systems*, *153*(3), 347-370.
[9] Wang, Y. M., & Yang, J. B. (2007). Measuring the performances of decision-making units using interval efficiencies. Journal of Computational and Applied Mathematics, 198 (1), 253-267.
[10] León, T., Liern, V., Ruiz, J. L., & Sirvent, I. (2003). A fuzzy mathematical programming approach to the assessment of efficiency with DEA models. *Fuzzy sets and systems*, *139*(2), 407-419.

www.SID.ir

Archive of SID

[11] Dyson, R.G., Camanho, A.S., Podinovski, V.V. and Sarrico, C.S. (2001). "Pitfalls and protocols in DEA", European Journal of Operational Research, 132, pp. 245-59.
[12] Chodakowska, E. (2015). An Example of Network DEA–Assessment of Operating Efficiency of Universities. *Metody Ilościowe w Badaniach Ekonomicznych*, *16*(1), 75-84.

www.SID.ir