فصلنامه مدیریت کسب و کار، شماره ۵۳، بهار ۱۴۰۱، نوع مقاله : پژوهشی، صص ۷۰-۴۱

ارائه مدلی برای محاسبه کارایی شرکت‌ها به کمک تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای با عوامل نامطلوب

احمد رویایی[۱]
فرهادحسین زاده لطفی[۲]

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۰۷/۲۳ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۰۸/۲۴

چکیده

هر شـــرکت تولید فولاد، مواد اولیه مورد نیاز خود را از تولیدکنندگان موردنظر خریداری می‌کند و بدین ترتیب با آنان تشکیل زنجیره‌های تأمین با خاصیت شبکه‌ای می‌دهد. ازاین‌رو لزوم انجام تحقیقی از بعد کارایی به‌منظور بهبود عملکرد این زنجیره‌ها احســاس می‌شــود. در مطالعات انجام‌شــده، بررســی ســاختارهای خاص در زنجیرهٔ تأمین کمتر موردتوجه قرارگرفته اســت. در این تحقیق ســعی شــده که شبکه و نحوه ارزیابی عملکرد آن در حضور عوامل غیرقابل‌کنترل، نامطلوب موردبررسی قرار گیرد. برای این منظور، مدل‌هایی از DEA شـــبکه‌ای ارائه‌شـــده که عملکرد زنجیره را در حضـــور ورودی‌ها و خروجی‌های غیرقابل‌کنترل، خروجی نامطلوب حتی در ساختار درونی آن، ارزیابی می‌نماید. در ادامه،۱۱ شـــرکت فولاد حاضـــر که زنجیرهٔ متناظر هر یک از آن‌ها دارای دومرحله‌ای اســـت، توســـط مدل‌های ارائه‌شده، در سال ۱۳۹۸ مورد ارزیابی قرار گرفتند. مدل طراحی‌شده بر اساس تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای متناسب با شرکت‌های موردمطالعه ساخته‌شده و کارایی آن‌ها محاسبه گردید. بر اساس نتایج به‌دســت‌آمده یک شــرکت در زیر بخش اول و یک شــرکت در زیر بخش دوم کارا شــناخته شــد و همه شرکت‌ها کارایی کل کمتر از یک داشتند.

کلمات کلیدی

کارایی زنجیرهٔ تأمین، صنعت فولاد، DEA شبکه‌ای، عوامل غیرقابل‌کنترل، خروجی نامطلوب

۱-گروه مهندسی صنایع، واحد امارات، دانشگاه آزاد اسلامی، دبی، امارات متحده عربی.ahmadroiayi48@gmail.com
۲-گروه ریاضی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. (نویسنده مسئول)farhad@hosseinzadeh.ir

مقدمه

تحلیل پوششی داده‌ها[1] یک مدل برنامه‌ریزی خطی است که کاربردهای متنوعی در ارزیابی عملکرد دارد و خود موجب تحقیقات نظری در بهینه‌سازی شده است که این مدل را از مدل‌های کاربردی دیگر متمایز می‌کند. امروزه نقش عوامل نامطلوب در یک شبکه موردتوجه بسیاری از محققین قرارگرفته است لذا در این تحقیق به دنبال ارائه مدلی بر پایه تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای هستیم تا بتواند کارایی را در حضور عوامل نامطلوب محاسبه نماید و نمره کارایی در یک شبکه را مشخص کند.

با توجه به دنیای رقابتی، شرکت‌ها و سازمان‌های تولیدی و خدماتی به‌منظور بقا و دوام پایدار، نیازمند سنجش عملکرد در شبکه خود می‌باشند. شبکه دومرحله‌ای همچون شبکه‌ای از سلول‌ها است که هدف آن‌ها تحویل یک محصول سطح بالا، نه‌فقط با کمترین هزینه بلکه سریع و با ارزش از تمام جهات ساخت محصول است. با پیچیده شدن رقابت در بازار، مدیریت شبکه و به‌تبع آن ارزیابی عملکرد فرایندهای شبکه، به موضوعی تأثیرگذار مبدل گشته است. این امر در صنایع بزرگ بالاخص صنعت فولاد دارای نقش مؤثرتر و عمیق‌تری است.

صنعت فولاد به‌عنوان یکی از صنایع پایه، نقش اساسی در توسعه زیربنای اقتصادی هر کشور بر عهده دارد. این صنعت در کشور ما همواره درحال‌توسعه بوده به‌طوری‌که در طول سال‌های اخیر جایگاه ایران در زمینه تولیدوصادرات این محصول در بین سایرکشورهای تولیدکننده درحال رشد و ارتقا است.

فولاد و بازار آن یکی از مهم‌ترین کالا و بازارهای کالایی در اقتصاد ایران به حساب می‌آید. اهمیت این کالا از ویژگی این محصول به‌عنوان یکی از تأمین‌کنندگان نیازهای اساسی فعالیت‌های سازه‌ای ناشی می‌شود.

علاوه بر آن، قیمت فولاد به طور مستقیم در قیمت تمام شده بسیاری از طرح‌ها اثر دارد؛ به گونه‌ای که تغییرات و نوسانات مرتبط با این صنعت (اعم از تغییرات تولید، مصرف، قیمت) بلافاصله بر پیکره صنایع پیشین و پسین مرتبط با آن منعکس خواهد شد. افزایش تعداد تولیدکنندگان و بهینه سازی تأمین مواد اولیه از تأمین‌کنندگان برای هر یک از واحدهای تولید، سبب افزایش اهمیت توجه به زنجیره‌های تأمین مواد می‌گردد و همچنین منافع ناشی از کارایی یا هزینه‌های ناشی از عدم کارایی این زنجیره‌ها نقش مهم‌تری در کل هزینه‌ها و منافع سازندگان دارد.

لذا با توجه به اهمیت و نقش مؤثر مقوله ارزیابی عملکرد در مدیریت شبکه، تدوین و پیاده سازی یک سیستم جامع و مدون ارزیابی عملکرد بایستی به‌عنوان یکی از نیازهای اصلی سازمان‌های بزرگ

مانند صنعت فولاد موردتوجه قرار گیرد.

اندازه‌گیری کارایی برای ارزیابی عملکرد سازمان‌ها، همواره موردتوجه بوده است. در بین روش‌های زیاد ارزیابی، تحلیل پوششی داده‌ها به طور گسترده برای ارزیابی عملکرد نسبی یک مجموعه از فرایندهای تولید که واحدهای تصمیم‌گیرنده (DMUs)[۲] نامیده می‌شوند، استفاده می‌شود؛ زیرا مدل‌های DEA با در نظر گرفتن ورودی و خروجی‌های چندگانه، نیاز به رجوع به تابع دقیق تولید ندارند (چن و یان، ۲۰۱۱)[۳]. تحلیل پوششی داده‌ها روشی غیر پارامتری است که کارایی نسبی واحدها را در مقایسه با یکدیگر ارزیابی می‌کند.

مدل اولیه DEA توسط چارنز، کوپر و رودز[۴] در سال ۱۹۷۸ ارائه شد، آن‌ها به دیدگاه غیر پارامتریک فارل[۵] که در سال ۱۹۵۷ برای ارزیابی کارایی واحدهای تصمیم‌گیری با دو نهاده و یک ستاده مطرح شده بود، استفاده از برنامه‌ریزی ریاضی را اضافه کردند که به مدل CCR با بازده به مقیاس ثابت معروف شد و توانایی اندازه‌گیری کارایی با چندین ورودی و خروجی را دارد. در سال ۱۹۸۴ بنکر، چارنز و کوپر[۶] با تغییر در مدل CCR، مدل جدیدی به نام BCC با بازده به مقیاس متغیر را مطرح نمودند.

یکی از نواقص این مدل‌ها غفلت از فعالیت‌های درونی و پیوسته شبکه است. مدل‌های کلاسیک DEA نمی‌توانند به طور صریح به محصولات میانی رسیدگی کنند (تن و توتی، ۲۰۰۹) بلکه هر DMU را با در نظر گرفتن فقط مصرف ورودی‌های اولیه و تولید خروجی‌های نهایی توسط آن، یک "جعبه سیاه"[۷] تلقی می‌کنند. مدل‌های DEA سنتی، جایی که یک فرآیند دو یا چند مرحله‌ای ارائه شود فقط کارایی یک مرحله به خصوص را می‌توانند اندازه‌گیری نمایند (چن و ژو، ۲۰۰۴).

در این پژوهش، کاربرد تحلیل پوششی داده‌ها در ارزیابی مدیریت شبکه در حضور عوامل غیرقابل‌کنترل، نامطلوب موردبررسی قرار می‌گیرد و مدلی با لحاظ قرار دادن شرایط خاص مذکور ارائه می‌شود که براساس آن عملکردشرکت‌های فولادمحاسبه می‌گردد. لذا نوآوری این تحقیق عبارت‌است از:

- ❖ توسعه مدل‌های شبکه، در تحلیل پوششی داده‌ها با خروجی‌های نامطلوب؛
- ❖ توسعه مدل‌های شبکه، در تحلیل پوششی داده‌ها در حضور عوامل غیرقابل‌کنترل و درصدی کنترل‌پذیر؛
- ❖ به‌کارگیری مدل‌های توسعه‌یافته در صنعت فولاد با لحاظ نمودن شرایط خاص شاخص‌ها؛

در فصل دوم مبانی نظری و مطالعات انجام‌شده گذشته موردبحث قرار خواهد گرفت. معرفی داده‌ها و طراحی مدل جدید در فصل سوم ارائه می شود. نتایج به‌دست‌آمده از حل مدل در فصل چهارم و در نهایت نتیجه‌گیری و پیشنهادها در فصل پنجم موردبحث قرار می‌گیرد.

پیشینه تحقیق

nواحد تصمیم‌گیرنده $DMU_n,...DMU_2,DMU_1$ را در نظر بگیرید که DMU_j به ترتیب بردارهای ورودی و خروجی $Y_j=(y_{1j},...,y_{sj})^t, X_j=(x_{1j},...,x_{mj})^t$ است و $X_j\neq 0, X_j\geq 0$ و $Y_j\neq 0, Y_j\geq 0$. فرض کنید:

x_{ij}: میزان ورودی i ام برای واحد j ام y_{rj}: میزان خروجی r ام برای واحد j

u_r: وزن داده شده به خروجی r ام (قیمت خروجی r ام)

v_i: وزن داده شده به ورودی i ام (هزینه ورودی i ام)

مدل CCR، مسأله برنامه‌ریزی خطی ذیل می‌باشد که به فرم پوششی مدل CCR در ماهیت ورودی معروف است.

$$
\begin{aligned}
&\text{Min}: Z'_o=\theta-\varepsilon\left(\sum_{r=1}^{s}s_r^+ +\sum_{i=1}^{m}s_i^-\right)\\
&\text{s.t}\quad \sum_{j=1}^{n}\lambda_j y_{rj}-s_r^+=y_{ro}\quad ,\quad r=1,\dots,s,\\
&\qquad \sum_{j=1}^{n}\lambda_j x_{ij}+s_i^-=\theta x_{ro}\quad ,\ i=1,\dots,m,\\
&\qquad \lambda_j\geq 0\qquad ,\quad j=1,\dots,n,\\
&\qquad s_r^+,s_i^-\geq 0\qquad ,\quad r=1,\dots,s,,\ i=1,\dots,m.
\end{aligned}
\tag{1}
$$

برای تخمین زدن کارایی واحد DMU_o، با ورودی X_o و خروجی Y_o، مدل زیر را برحسب متغیرهای $\lambda_n,...,\lambda_2,\lambda_1$ و $s_1^+,...,s_s^+$ و $s_1^-,...,s_m^-$ در نظر بگیرید که به آن مدل SBM گویند.

$$
\begin{aligned}
&\text{Min}: P=\frac{1-\frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m}\frac{s_i^-}{x_{io}}}{1+\frac{1}{s}\sum_{r=1}^{s}\frac{s_r^+}{y_{ro}}}\\
&\text{s.t}\quad \sum_{j=1}^{n}\lambda_j y_{rj}-s_r^+=y_{ro}\quad ,\quad r=1,\dots,s,\\
&\qquad \sum_{j=1}^{n}\lambda_j x_{ij}+s_i^-=x_{ro}\quad ,\ i=1,\dots,m,\\
&\qquad \sum_{j=1}^{n}\lambda_j=1,\\
&\qquad \lambda_j\geq 0\qquad ,\quad j=1,\dots,n,\\
&\qquad s_r^+,s_i^-\geq 0\quad ,r=1,\dots,s,\quad i=1,\dots,m.
\end{aligned}
\tag{2}
$$

در مدل (۲) فرض بر این اســت که تمام ورودی و خروجی‌ها مثبت هســتند. اگر $x_{io} = 0$، در این صورت جمله $\frac{s_i^-}{x_{io}}$ از تابع هدف حذف می‌گردد. همچنین اگر $y_{ro} = 0$، آنگاه به‌جای y_{ro} عبارت ε جایگزین خواهد شد.

تعریف ۱: اگر به ازای جواب بهینه مدل (۷-۲)، P=1 آنگاه DMU_o پاراتو کارا یا کارای قوی می‌باشد.

مدل (۲) غیرخطی است. با تبدلات چارنز کوپر این مدل به مسأله زیر تبدیل می‌گردد.

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

تعریف ۲: DMU_o، SBM کارا است اگر و فقط اگر $P^* = 1$.

بیان تعریف فوق آن است که DMU_o کارا است اگر هیچ ورودی را هدر ندهد و هیچ کمبودی در تولید خروجی نداشته باشد.

به‌طورکلی سیستم‌هایی که در آن‌ها بیش از یک مرحله مرتبط با یکدیگر وجود دارد، شبکه نامیده می‌شوند. در این سیستم‌ها خروجی‌های فرایند یا مرحله اول به‌عنوان ورودی‌های فرایند یا مرحله بعدی محسوب می‌شوند که به آن‌ها داده‌های میانی گویند (کوک و همکاران، ۲۰۱۰).

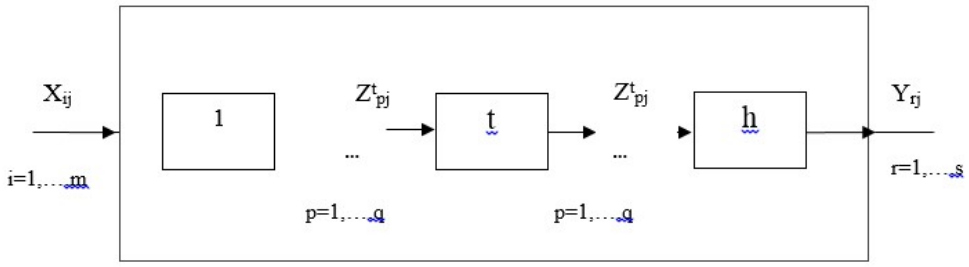
برای محاســبه کارایی یک ســیســتم شــبکه، به یک مدل DEA شــبکه‌ای نیاز داریم. برخلاف مدل DEA مرسوم، مدل DEA شبکه‌ای، استانداردی ندارد بلکه شکل آن بستگی به ساختار شبکه موردنظر دارد. مدل‌های تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای روابط میانی DMU را پیش‌بینی می‌کنند و به ما

اجازه می‌دهند درون یک DMU پیچیده با گره‌های چندگانه را ببینیم.

به‌طورکلی سه نوع ساختار برای مدل DEA شبکه‌ای وجود دارد؛ سری، موازی و ترکیبی.

در یک واحد تصمیم‌گیری چندبخشی وقتی فعالیت بخش‌ها به‌صورت متوالی قرار می‌گیرد، سیستم ساختار سری دارد. در این حالت ورودی کل سیستم به بخش اول وارد می‌شود و خروجی نهایی سیستم از آخرین بخش خارج می‌شود (حیدری، ۱۳۹۰).

به‌منظور معرفی مدل یک واحد تصمیم‌گیری با h بخش را در نظر بگیرید که بخش‌های آن به‌صورت سری در کنار یکدیگر قرارگرفته‌اند (شکل(۱)). x_{ij} و y_{rj} به ترتیب ورودی‌ها و خروجی‌های مستقیم واحد j ام را نشان می‌دهند. Z^t_{pj} را به‌عنوان داده‌های میانی تعریف می‌کنیم $\left(t = ۱,...,h-۱\right)$ تعداد محصولات واسطه‌ای برای هر بخش می‌تواند متفاوت از بخش‌های دیگر باشد. برای راحتی کار، تعداد محصولات واسطه‌ای همه بخش‌ها را $\left(p = ۱,...,q\right)$ در نظر می‌گیریم.



شکل ۱: ساختار سری(کاو، ۲۰۰۹)

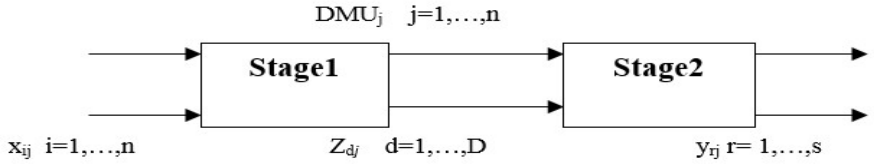
در یک واحد تصمیم‌گیری چندبخشی هر گاه فعالیت بخش‌ها به‌صورت موازی در کنار یکدیگر قرار گیرند، سیستم ساختار موازی دارد. در این ساختار، ورودی کل بین تمامی بخش‌ها تقسیم می‌شود و خروجی کل از خروجی تمام بخش‌ها حاصل می‌شود (حیدری، ۱۳۹۰).

ساختار شبکه‌ای عمومی دو مرحله‌ای شکل (۲) را در نظر بگیرید. با توجه به تحقیق چن و ژو (۲۰۰۴) و کائو و هانگ (۲۰۰۸) فرض کنیم که هر $DMU_j \left(j = ۱,...,n\right)$، برای مرحله اول دارای m ورودی $x_{ij} \left(j = ۱,...,n\right)$ و D خروجی $Z_{dj} \left(D = ۱,...,d\right)$ است که این D خروجی، ورودی‌های مرحله دوم می‌باشند و مقادیر میانی تلقی می‌شوند. خروجی‌های مرحله دوم $Y_{rj} \left(r = ۱,...,s\right)$ها هستند. برای هر DMU_j کارایی مرحله اول را با e^1_j و کارایی مرحله دوم را با e^2_j نشان می‌دهیم. با استفاده از مدل DEA چارنز و همکاران و با فرض بازده به مقیاس ثابت، کارایی مراحل اول و دوم

به‌صورت زیر محاسبه می‌گردد:

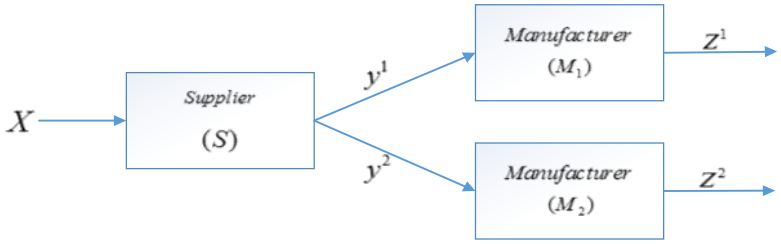
$$e_j^1 = \frac{\sum_{d=1}^{D} w_d z_{dj}}{\sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij}} \quad , \quad e_j^2 = \frac{\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj}}{\sum_{d=1}^{D} \tilde{w}_d z_{dj}} \qquad (۴)$$

v_i و w_d و $\tilde{w}_d$ و u_r، وزن‌های نا منفی هستند که بین آن‌ها w_d می‌تواند با $\tilde{w}_d$ مساوی باشد.



شکل ۲: فرایند دو مرحله‌ای

مدل کنترل متمرکز توسط چن و یان در سال ۲۰۱۱ برای ارزیابی عملکرد شبکه دومرحله‌ای ارائه گردید. آن‌ها برای سادگی، یک زنجیرهٔ تأمین کننده - تولیدکننده، مانند شکل (۳) را در نظر گرفتند.



شکل ۳: شبکه دومرحله‌ای

که در آن S تأمین کننده و M_1 و M_2 به ترتیب تولید کننده اول و دوم را نشان می‌دهد. $X = (x_1,...,x_m)$ بردار ورودی تأمین کنندهٔ S می‌باشد و $Y^1 = (y_1^1,...,y_k^1)$، $Y^2 = (y_1^2,...,y_{k'}^2)$ بردارهای خروجی آن هستند که بردارهای ورودی تولیدکنندگان M_1 و M_2 نیز خواهند بود $Z^1 = (z_1^1,...,z_s^1)$، $Z^2 = (z_1^2,...,z_{s'}^2)$ بردار خروجی متناظر تولیدکنندگان به ترتیب M_1 و M_2 می‌باشند.

فرض کنید $DMU_1, DMU_2,...,DMU_n$ واحدهای تصمیم‌گیرنده متناظر به ترتیب زنجیره اول، ...، زنجیره n ام، باشند. مدل ارائه‌شده توسط چن و یان برای محاسبهٔ کارایی کل زنجیرهٔ متناظر

DMU_o با فرض بازده به مقیاس ثابت به‌صورت زیر می‌باشد.

$$
\begin{aligned}
&Min: \quad \theta, \\
&s.t: \quad \sum_{j=1}^{n} \lambda_j^1 x_{ij} \le \theta x_{io} \quad , \quad i = 1,...,m, \\
&\qquad \sum_{j=1}^{n} \lambda_j^1 y_{tj}^1 \ge \sum_{j=1}^{n} \lambda_j^2 y_{tj}^1 \ , \ t = 1,...,k, \\
&\qquad \sum_{j=1}^{n} \lambda_j^1 y_{t'j}^2 \ge \sum_{j=1}^{n} \lambda_j^3 y_{t'j}^2 \ , \ t' = 1,...,k', \\
&\qquad \sum_{j=1}^{n} \lambda_j^2 Z_{rj}^1 \ge Z_{ro}^1 \quad , \quad r = 1,...,s, \\
&\qquad \sum_{j=1}^{n} \lambda_j^3 Z_{r'j}^2 \ge Z_{r'o}^2 \quad , \quad r' = 1,...,s' \\
&\qquad \lambda_j^1, \lambda_j^2, \lambda_j^3 \ge 0 \quad , \quad j = 1,...,n.
\end{aligned}
\tag{۵}
$$

بحث اصـــلی مدل (۵)، نحوه ارزیابی زنجیرهٔ تأمین با در نظر گرفتن تولیدات میانی در مدل‌های DEA می‌باشد. با استفاده از مدل فوق، شبکه تحت ارزیابی کارا است اگر و فقط اگر $\theta^* = 1$

- لل، لیو و دینگ[۸] در ســال ۲۰۰۰ روش تحلیل پوشـــشـــی داده‌ها را برای ارزیابی جامع عملکرد تأمین‌کنندگان شرکت تولید کننده ابزارهای کشاورزی به کار گرفتند. در این پژوهش، تنوع محصولات عرضـه کننده و کیفیت محصـول به‌عنوان سـتاده‌ها و فاصـله عرضـه کننده، عملکرد در تحویل و سـطح نسـبی قیمت محصـول به‌عنوان داده‌های عرضـه کننده مورد اسـتفاده قرار گرفتند. هدف نهایی در این پژوهش کاهش تعداد تأمین‌کنندگان و خرید محصولات متنوع‌تر از تأمین‌کنندگان کمتر بود.
- بیکر و تالوری[۹] در تحقیقی در سال ۲۰۰۲ یک چارچوب DEA چند مرحله‌ای را ارائه دادند تا به‌وسـیله آن فرایند تصـمیم‌گیری برای انتخاب مجموعه‌ای سـازگار و کارا از شـرکت‌کنندگان در طراحی شبکه صورت گیرد. در این تحقیق، ورودی‌های تأمین کننده شامل: هزینه کل محموله‌ها، تعداد محموله در هر ماه و خروجی‌ها شـــامل: تعداد محموله‌های به موقع دریافت شـــده، تعداد صـورت‌حسـاب‌های دریافت شـده بدون اشـتباه از تأمین‌کنندگان، بود. همچنین ورودی‌های تولید کننده عبارت بودند از: تعداد پرســنل و تعداد ماشـــین‌ها و خروجی‌های آن شـــامل میانگین کار در جریان، متوسط زمان جریان کار و مطلوبیت منبع بود و نیز ورودی توزیع کننده: هزینه‌های عملیاتی و خروجی‌های آن، سـطح خدمت و درصـد تحویل‌های به موقع و درصـد انجام صـحیح سـفارشـات مشتری بود.

➢ دروج و راس[10] در تحقیقی در سال ۲۰۰۲، از DEA برای محاسبه کارایی یک سیستم شبکه در مقیاس بزرگ (شامل ۱۰۲ مرکز توزیع در زمینه تجارت نفت خام) استفاده کردند. ورودی‌های تحقیق عبارت بودند از: میانگین وسایل نقلیه در هر مرکز توزیع، تجربه و میزان سفارش روزانه. خروجی‌ها عبارت بودند از: حجم فروش هر یک از چهار کالا از محصولات نفت خام.

➢ لیانگ، یانگ، کوک و ژو در سال ۲۰۰۶ یک مدل دو مرحله‌ای را برای سنجش کارایی شبکه (seller-buyer) ارائه دادند (با ورودی‌های: نیروی کار، هزینه عملیاتی، هزینه حمل و نقل و خروجی میانی: تعداد محصول A و تعداد محصول B و تعداد محصول C و خروجی نهایی: فروش و سود). آن‌ها نشان دادند که یک شبکه می‌تواند کارا فرض شود درصورتی‌که اعضایش ممکن است در روابط DEA غیرکارا باشند.

➢ چن، لیانگ و یان در سال ۲۰۰۶ برای سنجش کارایی شبکه، یک مدل دومرحله‌ای تأمین کننده- تولید کننده را پیشنهاد دادند (با ورودی‌های: X_{s1}، X_{s2} و X_{s3} و خروجی میانی: Y_{s1} و Y_{s2} و خروجی نهایی Y_{m1}, Y_{m2}. آن‌ها بازی کارایی بین دو عضو شبکه را بررسی کرده و نشان دادند که تعداد زیادی طرح کارایی موازنه Nash در بازی تأمین کننده- کارخانه‌دار وجود دارد.

➢ یانگ و لیانگ در سال ۲۰۰۹ یک مدل دومرحله‌ای (تأمین کننده- تولید کننده) را برای سنجش کارایی شبکه پیشنهاد دادند و این مدل را برای ارزیابی عملکرد شعبات بانک به کار بردند (با ورودی‌های: سرمایه ثابت، پرسنل، هزینه وخروجی میانی: اعتبارو وام بانکی و خروجی نهایی: وام، سود).

➢ چن و یان در سال ۲۰۱۱ ضمن تحقیقی برای ارزیابی عملکرد شبکه دو مرحله‌ای، سه مدل DEA شبکه‌ای را تحت مکانیزم‌های سازمانی متمرکز و غیرمتمرکز و ترکیبی ارائه دادند (ورودی: X و خروجی میانی: Y_1, Y_2 و خروجی نهایی: Z_1, Z_2). در این تحقیق ارتباط کارایی سه مکانیزم سازمانی و نیز کارایی کل با کارایی بخشی و اتلاف منبع درونی موردبررسی قرار گرفت.

➢ رزمی و بامداد در سال ۱۳۸۳ تکنیک DEA را برای ارزیابی ۸ تأمین کننده شرکت ر سا قطعه خودرو جاهد بکار بردند و به رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان با توجه به ورودی و خروجی‌های مدل پرداختند.

➢ امین دوست و کتابی در سال ۱۳۸۶ در تحقیق خود با استفاده از تکنیک DEA به ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان در شبکه پرداختند. آن‌ها برای بررسی جنبه‌های کاربردی روش DEA، از داده‌های واقعی شرکت مخابرات اصفهان و از اطلاعات مربوط به تأمین‌کنندگان کابل‌های مخابراتی به‌منظور انتخاب بهترین تأمین‌کنندگان استفاده کردند.

- دارابی و سعیدی در سال ۱۳۸۷ در تحقیق خود از تلفیق مدل‌های DEA و برنامه‌ریزی چند هدفه، برای ارزیابی تأمین‌کنندگان شرکت‌های بزرگ نظیر خودروسازی (که در مناقصه‌های آن تعداد کثیری پیمانکار شرکت دارند)، استفاده نمودند.
- جعفری و فتحی الماس در سال ۱۳۹۰ با استفاده از تکنیک DEA دو مدل کارایی تکنیکی و تخصیصی را برای شبکه ۲۲ شرکت مورد آزمون قرار دادند (با ورودی‌های: هزینه، توانایی داخلی تولید، چرخه زمانی و خروجی‌های: درآمد و نرخ تحویل به موقع) نتایج حاصل نشان داد که همه شرکت‌هایی که به لحاظ تکنیکی کارا هستند، الزاماً به لحاظ تخصیصی کارا نیستند.
- نجفی و موحدی مهر در سال ۱۳۹۰ برای محاسبه کارایی شبکه از روش ایجاد زنجیره‌های تأمین مجازی با فرض بازده به مقیاس ثابت و روش DEA دو مرحله‌ای استفاده کردند و این روش را روی یک نمونه عملی متشکل از ۱۷ شبکه مربوط به شعب بانک اجرا نمودند.
- ژو و همکاران (۲۰۰۹) عملکرد شبکه صنایع تولید مبلمان در جنوب غربی چین را با ارائه مدلی از تحلیل پوششی داده‌های تقریبی ارزیابی نمودند. آن‌ها عوامل اصلی عدم قطعیت را که بر روند ارزیابی تأثیر می‌گذارد، شناسایی و سپس آن‌ها را با استفاده از مدل‌های تحلیل پوششی داده‌های تقریبی[11] (RDEA) مدل‌سازی و آنالیز نمودند.
- همان‌طور که می‌دانیم، یک اندازه‌گیری مناسب جهت محاسبهٔ کارایی زنجیرهٔ تأمین، باید هم خواص شبکه‌ای این زنجیره را در نظر بگیرد و هم روابط بین "تأمین کننده"، "تولید کننده"، "توزیع کننده" و "مشتری" را لحاظ نماید. در نظر گرفتن این ملاحظات موجب گردید که سارانجا و موزر (۲۰۱۰)، تینگ و چن (۲۰۱۰) و چن و یان (۲۰۱۱)، مدل‌های مختلفی با ساختارهای متفاوت شبکه ارائه دهند.
- مومنی و شاه خواه در سال ۱۳۸۸ در تحقیقی با عنوان " ارزیابی کارایی شرکت‌های بیمه ایران با استفاده از مدل ارتباطی DEA دو مرحله‌ای" به ارزیابی کارایی شرکت‌های بیمه ایران طی سال‌های ۱۳۸۵-۱۳۸۱ پرداختند
- آزاده و عالم(۲۰۱۰) سه نوع مدل از انتخاب تأمین کننده در شبکه را در شرایط قطعی، غیرقطعی و احتمالی ارائه دادند. این مدل‌ها، تحلیل پوششی داده‌ها، تحلیل پوششی داده‌های فازی[12](FDEA) و محدودیت شانس در تحلیل پوششی داده‌ها[13] (CCDEA) می‌باشد.
- ژائو[14] و همکاران در سال ۲۰۱۱ یک رویکرد را برای ارزیابی عملکرد شبکه حمل و نقل مجهز به سیستم ذخیره‌سازی فضا ارائه دادند و این رویکرد را از سه دیدگاه، یعنی دیدگاه تأمین کننده، مصرف

کننده خدمات حمل و نقل و جمعیت بر اساس DEA شبکه‌ای موردبررسی قرار دادند. سه گره تأمین کننده، مصرف کننده و جمعیت به‌صورت شبکه متصل بودند.

- لی و همکاران در سال ۲۰۱۲ یک مدل DEA را برای ساختارهای دو مرحله‌ای، برای ارزیابی عملکرد ۳۰ بخش R&D منطقه‌ای چین بکار برده‌اند. در این تحقیق مدل متمرکز و مدل غیر همکاری برای ارزیابی کارایی کل فرایند پیشنهاد شده و در ادامه کارایی کل به امتیازات کارایی دو بخش فرایند، تجزیه گردیده است.
- لیو و یانگ در سال ۲۰۱۲ از یک مدل DEA شبکه‌ای را برای ارزیابی کارایی شعب بانک تایوان استفاده کرده‌اند. آن‌ها یک مدل دو مرحله‌ای را بکار برده‌اند که مرحله اول، بهره‌وری و مرحله دوم، سودآوری می‌باشد.
- توانا و همکاران (۲۰۱۳) با ارائه مدل اپسیلون محور شبکه‌ای[۱۵]، عملکرد شبکه را مورد ارزیابی قرار داده و تغییرات هم‌زمان در ورودی‌ها و خروجی‌ها را به‌صورت شعاعی و غیرشعاعی (ترکیبی)، در شبکه، مورد تأکید قرار دادند.
- گریگرودیس و همکاران (۲۰۱۴) الگوریتم بازگشتی (RDEA)[۱۶] را ارائه نمودند که روش متفاوت طراحی یک شبکه را معرفی می‌کند.
- شفیعی و همکاران (۲۰۱۴) ترکیبی از DEA شبکه‌ای و روش کارت امتیازی متوازن[۱۷] را در ارزیابی شبکه به کار بردند. در این روش، ابتدا ترکیب روش کارت امتیازی متوازن(BSC) و روش دی متل[۱۸] برای ساختار شبکه‌ای استفاده گردید.
- میرهدایتیان و همکاران (۲۰۱۴) مدیریت شبکه سبز[۱۹] را در حضور خروجی‌های نامطلوب و داده‌های فازی مورد ارزیابی قرار دادند.
- خداکرمی و همکاران (۲۰۱۵) در زمینه پایداری مدیریت شبکه بر اساس توسعه مدل دومرحله‌ای، ارزیابی ۲۷ شرکت ایرانی را مورد تجزیه‌وتحلیل قرار دادند.
- تاج‌بخش و حسینی(۲۰۱۵) روشی برای ارزیابی پایداری شبکه‌های شبکه ارائه نمودند. تمرکز آن‌ها بر ۳ موضوع به حداکثر رساندن بازده اقتصادی، به حداقل رساندن اثرات محیطی و دستیابی به انتظارات اجتماعی بود که در این زمینه، دو مطالعه موردی، یکی در بخش تولید و دیگری در بخش بانکی را با مدل ارائه‌شده مورد ارزیابی قرار دادند.
- توانا و همکاران(۲۰۱۶) یک روش دومرحله‌ای جهت ارزیابی عملکرد زنجیرهٔ تأمین سه‌بخشی شامل تهیه‌کننده، تولید کننده و توزیع کننده، ارائه نمودند.

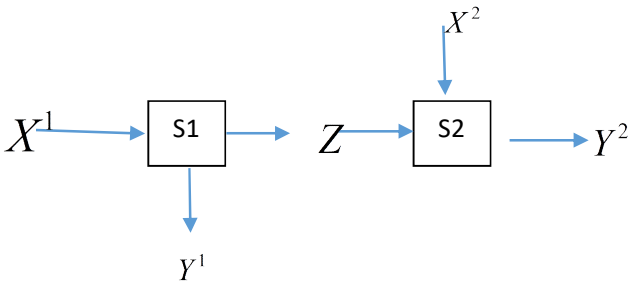
- ایزدی‌خواه و فرضی‌پور صائن(۲۰۱۶) پایداری زنجیره‌های تأمین با مدل دومرحله‌ای، در حضور داده‌های منفی را مورد ارزیابی قرار دادند.
- ایزدی‌خواه و همکاران (۲۰۱۷) با توسعه مدل‌های مرسومDEA، روشی برای ارزیابی پایداری تأمین‌کنندگان در حضور داده‌های بازه‌ای و فازی ارائه نمودند.
- یوسفی و همکاران (۲۰۱۷) با ارائه مدل ترکیبی از برنامه‌ریزی آرمانی[۲۰] و تحلیل پوششی داده‌ها با ساختار شبکه، راه‌کارهای بهبود و جواب‌های بهینه را ارائه نمودند.
- بابازاده و همکاران (۲۰۱۷) با استفاده از مدل‌ترکیبی تحلیل‌پوششی داده‌ها و مدل برنامه‌ریزی ریاضی، مدل‌شبکه‌ای‌شبکه‌راجهت‌سازماندهی‌یک‌نوع‌سوخت‌غیرسطحی[۲۱] درکشور ایران طراحی نمودند.
- وی هوآنگ (۲۰۱۸) صنعت توریسم را در قالب زنجیرهٔ تأمین بررسی نموده و کارایی هر بخش و کارایی کل را محاسبه نمودند.
- بدیع‌زاده و همکاران(۲۰۱۸) زنجیرهٔ تأمین را در حضور داده های بزرگ[۲۲] و خروجی های نامطلوب، موردبحث و بررسی قرار دادند.
- بوداغی و فرضی‌پور صائن(۲۰۱۸) برای پیش‌بینی عضویت گروهی تأمین‌کنندگان، در شبکه پایدار، مدلی تلفیقی از تحلیل پوششی داده‌ها و تحلیل ممیز[۲۳](DEA-DA)، ارائه نمودند که مدل ارائه‌شده، عضویت گروهی تأمین‌کنندگان را با توجه به ماهیت عوامل، مانند ورودی‌ها، خروجی‌ها و کارایی هر تأمین‌کننده پیش‌بینی می‌نمود.
- فتحی و فرضی‌پور صائن (۲۰۱۸) با ارائه مدلی از DEA شبکه‌ای جهت‌دار در ارزیابی پایداری زنجیره‌های‌تأمین‌توزیعی، شرکت‌های‌حمل‌ونقل‌ایران‌رارتبه‌بندی و راه‌حل‌های بهبودراپیشنهاد نمودند.
- کلانتری و فرضی‌پور صائن (۲۰۱۸) پایداری زنجیره‌های تأمین را با مدلی از DEAپویای شبکه‌ای معکوس، مورد ارزیابی قرار دادند.
- گودرزی و فرضی‌پور صائن (۲۰۱۸) با توسعهٔ مدل (SBM)[۲۴] در DEA شبکه‌ای، خروجی‌های نامطلوب را نیز در نظر گرفتند.
- توسلی و فرضی‌پور صائن(۲۰۱۹) پیش‌بینی عضویت در گروه تأمین‌کنندگان پایدار را از طریق DEA و تحلیل ممیز مورد ارزیابی قرار دادند.
- شراهی و خلیلی دامغانی (۲۰۱۹) شبکه گاز طبیعی را با برنامه‌ریزی دی-نوو فازی نوع دوم(Fuzzy type-II De-Novo)، جهت تخصیص منابع و تنظیم هدف در DEAشبکه‌ای، مورد ارزیابی قرار دادند.

- ژای و همکاران (۲۰۱۹)، کارایی زنجیره‌های تأمین انرژی، با طرح تجارت را با ارائهٔ یک مدل DEA دومرحله‌ای تغییر مرز، اندازه‌گیری نمودند.

مدل‌سازی

در سیستم‌های مدیریتی، ارزیابی و پیش‌بینی کارایی واحدهای تصمیم‌گیرنده از موارد ضروری در تصمیم‌گیری آتی آن‌ها می‌باشد. تحلیل پوششی داده‌ها، در زمینه ارزیابی کارایی واحدهای تصمیم‌گیرنده و ارائه الگو به واحدهای ناکارا، یکی از ابزارهای با کاربرد فراوان می‌باشد. بااین‌وجود، DEA در ارزیابی کارایی شبکه و ارائه الگو در آینده در ازای مقادیر جدید پارامترهای ورودی که توسط مدیر تعیین می‌گردد، با محدودیت‌هایی مواجه خواهد شد؛ زیرا لازم است پارامترهای خروجی متناسب با پارامترهای ورودی جدید در طی زمان و بر اساس شبکه‌ای تخمین زده شود. هدف این مطالعه، فراهم نمودن مدلی بر اساس تحلیل پوششی داده‌ها با ساختار شبکه‌ای جهت ارزیابی عملکرد شبکه می‌باشد. این مدل به طور کاربردی در صنعت فولاد مورد سنجش قرار می‌گیرد. در این فصل سعی می‌شود روش و روش ولوژی تحقیق بررسی شود و مدل‌های کاربردی مطرح شده در فصل دوم که اساس تدوین مدل تحقیق است بیان گردد.

بررسی عملکرد شبکه در صنایع، نمونه‌ای از واحدهای تصمیم‌گیرندهٔ چند مرحله‌ای و شبکه‌ای به شمار می‌آید که باید محصولات میانی و ارتباط فعالیت‌های بین بخش‌های مختلف درون سیستمی آن مد نظر قرار گیرد. در این سیستم‌ها خروجی‌های یک مرحله (فرآیند) به‌عنوان ورودی‌های مرحله‌ی بعدی محسوب می شوند که به آن‌ها داده‌های میانی گویند (کوک و همکاران، ۲۰۱۰). همچنین در هر مرحله، امکان دارد ورودی‌های مستقل برای آن مرحله هم وجود داشته باشد که باید در نظر گرفته شوند. مدیران باید سعی کنند با ایجاد شیوه‌های مناسب، عوامل مؤثر بر عملکرد شبکه را نیز شناسایی و از آن‌ها برای اندازه‌گیری کارایی کل و کارایی بخش‌های مختلف، استفاده نمایند. برخی از این عوامل مؤثر، ورودی‌ها و خروجی‌های غیرقابل‌کنترل و خروجی‌های نامطلوب و خروجی‌های منفی می‌باشند که لازم است شناسایی و در ارائه مدل برای ارزیابی، موردتوجه قرار گیرند. در این پژوهش شبکه در صنعت فولاد را در حضور عوامل غیرقابل‌کنترل، نامطلوب و منفی مورد ارزیابی قرار می‌دهیم که دارای ساختار به‌صورت شکل ۴ خواهد بود:



شکل ۴: شبکه دومرحله‌ای

در شبکه فوق:

- S_1 و S_2 نشان‌دهنده به ترتیب مرحله اول و دوم می‌باشند.
- $X_j^f = \begin{pmatrix} x_{ij}^{fD} & , \ i \in D^f \\ x_{ij}^{fND} & , \ i \in ND^f \end{pmatrix}$ بـه ازای $f = ۱,۲$ بردار ورودی DMU_j، شـــامـل ورودی‌های قابل‌کنترل و غیرقابل‌کنترل به مرحله S_f می‌باشد.
- $Z_j = \begin{pmatrix} z_{lj}^{D} & , \ l \in DZ \\ z_{lj}^{ND} & , \ l \in NDZ \end{pmatrix}$ داده میانی از مرحله S_1 به مرحلهٔ S_2 واحد jام می‌باشـــد که شـــامل داده‌های قابل‌کنترل و غیرقابل‌کنترل اســـت یا به‌عبارت‌دیگر بردار خروجی مرحلهٔ S_1 واحد j-ام، شامل خروجی‌های قابل‌کنترل و غیرقابل‌کنترل را نشان می‌دهد که بردار ورودی مرحلهٔ S_2 آن واحد نیز خواهد بود.
- $Y^1 = \left(y_{rj}^1 ; \ r \in R^1 = \{1,...,t\}\right)$ بردار خروجی نامطلوب مرحله S_1 می‌باشد.
- $Y^2 = \left(y_1^2,...,y_s^2\right)$ بردار خروجی مرحلهٔ S_2می‌باشد.
- D^f و ND^f به ازای $f = ۱,۲$ مجموعه اندیس ورودی های به ترتیب قابل‌کنترل و غیرقابل‌کنترل را نشان می‌دهند.
- DZ و NDZ مجموعه اندیس شـــاخص‌های به ترتیب قابل‌کنترل و غیرقابل‌کنترل را برای تولید میانی نشان می‌دهند.
- R^1 مجموعه اندیس خروجی‌های نامطلوب مرحله S_1 را نشان می‌دهد.

n شبکه یکسان همانند زنجیرهٔ شکل (۲) که در ادبیات تحلیل پوششی داده‌ها n واحد تصمیم‌گیرنده $DMU_1, DMU_2, ..., DMU_n$ نامیده می‌شوند را در نظر بگیرید. برای محاسبه کارایی آن‌ها به یک مدل DEA شبکه‌ای نیاز است که دارای ساختار سری باشد. مدلBCC، به طور خاص نمی‌تواند عملکرد جعبه سیاه متناظر شبکه شکل (۲) را مورد شناسایی قرار دهد. چراکه فقط ورودی‌های اولیه و خروجی‌های نهایی شبکه را مد نظر قرار می‌دهد و تولیدات میانی ناشی از مراحل شبکه و عوامل مؤثر بر عملکرد آن را نادیده می‌گیرد؛ بنابراین لازم است مدل مناسبی جهت ارزیابی شبکه فوق طراحی شود.

با پذیرفتن اصول شمول مشاهدات، تحدب، امکان‌پذیری (به‌جز تولیدات میانی غیرقابل‌کنترل) و کمینه درون‌یابی، PPSمراحل و PPS کل شبکه شکل (۳-۱) به شرح ذیل می‌باشند.

$$T_v^1 = \left\{ \begin{pmatrix} X^{1D} \\ X^{1ND} \\ Z^D \\ Z^{ND} \\ Y^1 \end{pmatrix} \middle| \begin{array}{l} \sum_{j=1}^{n} \lambda_j^1 X_j^{1D} \le X^{1D} \,\&\, \sum_{j=1}^{n} \lambda_j^1 X_j^{1ND} \le X^{1ND} \,\&\, \sum_{j=1}^{n} \lambda_j^1 Z_j^D \ge Z^D \,\& \\ \sum_{j=1}^{n} \lambda_j^1 Z_j^{ND} = Z^{ND} \,\&\, \sum_{j=1}^{n} \lambda_j^1 Y_j^1 \le Y^1 \,\&\, \sum_{j=1}^{n} \lambda_j^1 = 1 \,\&\, \lambda^1 \ge 0 \end{array} \right\} \quad (۶)$$

$$T_v^2 = \left\{ \begin{pmatrix} X^{2D} \\ X^{2ND} \\ Z^D \\ Z^{ND} \\ Y^2 \end{pmatrix} \middle| \begin{array}{l} \sum_{j=1}^{n} \lambda_j^2 X_j^{2D} \le X^{2D} \,\&\, \sum_{j=1}^{n} \lambda_j^2 X_j^{2ND} \le X^{2ND} \,\&\, \sum_{j=1}^{n} \lambda_j^2 Z_j^D \le Z^D \,\& \\ \sum_{j=1}^{n} \lambda_j^2 Y_j^2 \le Y^2 \,\&\, \sum_{j=1}^{n} \lambda_j^2 = 1 \,\&\, \lambda^2 \ge 0 \end{array} \right\} \quad (۷)$$

مدل SBM، به طور خاص نمی‌تواند عملکرد جعبه سیاه متناظر شبکه شکل (۴) را مورد شناسایی قرار دهد. چراکه فقط ورودی‌های اولیه و خروجی‌های نهایی شبکه را مد نظر قرار می‌دهد و تولیدات میانی ناشی از مراحل شبکه و عوامل مؤثر بر عملکرد آن را نادیده می‌گیرد. در این تحقیق برای ارزیابی عملکرد DMU_o ، مدل شبکه‌ای غیر شعاعی زیر پیشنهاد می‌گردد:

$$\text{Min}: \quad \frac{1-\frac{1}{\alpha}\left(\sum_{i\in D^1}\frac{s_i^-}{x_{io}^{1D}}+\sum_{i\in D^2}\frac{s_i^-}{x_{io}^{2D}}+\sum_{r\in R^1}\frac{s_r^{1-}}{y_{ro}^1}\right)}{1+\frac{1}{s}\sum_{r=1}^{s}\frac{s_r^{2+}}{y_{ro}^2}}$$

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

$$\sum_{j=1}^{n}\lambda_j^1 x_{ij}^{1ND}+s_i^- = x_{io}^{1ND}, \qquad i\in ND^1$$

$$\sum_{j=1}^{n}\lambda_j^1 z_{lj}^{D} \geq \sum_{j=1}^{n}\lambda_j^2 z_{lj}^{D}, \qquad l\in DZ$$

$$\sum_{j=1}^{n}\lambda_j^1 z_{lj}^{ND} = z_{lo}^{ND}, \qquad l\in NDZ$$

$$\sum_{j=1}^{n}\lambda_j^1 y_{rj}^1+s_r^{1-} = y_{ro}^1, \qquad r\in R^1 \qquad (8)$$

$$\sum_{j=1}^{n}\lambda_j^2 x_{ij}^{2D}+s_i^- = x_{io}^{2D}, \qquad i\in D^2$$

$$\sum_{j=1}^{n}\lambda_j^2 x_{ij}^{2ND}+s_i^- = x_{io}^{2ND}, \qquad i\in ND^2$$

$$\sum_{j=1}^{n}\lambda_j^2 z_{lj}^{ND} = z_{lo}^{ND}, \qquad l\in NDZ$$

$$\sum_{j=1}^{n}\lambda_j^2 y_{rj}^2-s_r^{2+} = y_{ro}^2, \qquad r=1,\ldots,s$$

$$\sum_{j=1}^{n}\lambda_j^1=1,\ \sum_{j=1}^{n}\lambda_j^2=1,\quad \lambda_j^1,\lambda_j^2\geq 0,\quad j=1,\ldots,n,$$

$$s_i^-\geq 0,\quad i\in D^1\cup D^2\cup ND^1\cup ND^2,$$

$$s_r^{1-}\geq 0,\quad r\in R^1,$$

$$s_r^{2+}\geq 0,\quad r=1,\ldots,s.$$

برای حل مدل (۸) که غیرخطی است، لازم است به مدلی خطی تبدیل شود. برای این منظور، با تبدیلات مناسب، آن را به مسأله برنامه‌ریزی خطی زیر تبدیل می‌نماییم.

$$\text{Min}: \ \rho = q - \frac{1}{\alpha}\left(\sum_{i\in D^1} \frac{s_i^-}{x_{io}^{1D}} + \sum_{i\in D^2} \frac{s_i^-}{x_{io}^{2D}} + \sum_{r\in R^1} \frac{s_r^{1-}}{y_{ro}^1} \right)$$

$$\text{s.t}: \quad q + \frac{1}{s}\sum_{r=1}^{s} \frac{s_r^{2+}}{y_{ro}^2} = 1$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j^1 x_{ij}^{1D} + s_i^- = q x_{io}^{1D}, \qquad i \in D^1$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j^1 x_{ij}^{1ND} + s_i^- = q x_{io}^{1ND}, \qquad i \in ND^1$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j^1 z_{lj}^{D} \geq \sum_{j=1}^{n} \lambda_j^2 z_{lj}^{D}, \qquad l \in DZ$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j^1 z_{lj}^{ND} = q\, z_{lo}^{ND}, \qquad l \in NDZ$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j^1 y_{rj}^1 + s_r^{1-} = q\, y_{ro}^1, \qquad r \in R^1 \qquad (9)$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j^2 x_{ij}^{2D} + s_i^- = q\, x_{io}^{2D}, \qquad i \in D^2$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j^2 x_{ij}^{2ND} + s_i^- = q\, x_{io}^{2ND}, \qquad i \in ND^2$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j^2 z_{lj}^{ND} = q\, z_{lo}^{ND}, \qquad l \in NDZ$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j^2 y_{rj}^2 - s_r^{2+} = q\, y_{ro}^2, \qquad r = 1,\ldots,s$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j^1 = q, \quad \sum_{j=1}^{n} \lambda_j^2 = q, \quad \lambda_j^1, \lambda_j^2 \geq 0, \quad j = 1,\ldots,n,$$

$$s_i^- \geq 0, \quad i \in D^1 \cup D^2 \cup ND^1 \cup ND^2,$$

$$s_r^{1-} \geq 0, \quad r \in R^1,$$

$$s_r^{2+} \geq 0, \quad r = 1,\ldots,s,$$

$$q \geq \varepsilon.$$

تعریف۳: شبکه متناظر DMU_o، در ارزیابی با مدل (۳۰-۳) پاراتوکارا است هرگاه $\rho^* = 1$ و در هر جواب بهینه، مقدار همه متغیرهای کمکی برابر صفر باشند.

نتایج

بر مبنای مطالبی که در فصول قبلی مطرح گردید، هدف از انجام پژوهش حاضر، استفاده از تکنیک DEA شبکه‌ای برای سنجش کارایی زنجیره‌های تأمین در حضور عوامل غیرقابل‌کنترل، نامطلوب و منفی در صنایع تولید فولاد می‌با شد. در فصل سوم به طورکامل به بحث در مورد مدل‌های ارائه شده پرداخته شد. در این فصل نمونه‌هایی از حل هرکدام از مدل‌ها توسط نرم‌افزار GAMS بیان می‌شود و نتایج کارایی حاصل از حل این مدل‌ها ارائه می‌گردد و نشان داده خواهد شد که کدام یک از زنجیره‌ها کارا و کدام یک ناکارا هستند. همچنین کارایی مراحل نیز در روش‌های ارائه‌شده مشخص می‌گردد.

مدیریت شبکه، یکی از موضوعات حیاتی در سازمان‌ها می‌با شد که مدیران جهت ارزیابی عملکرد، نیاز به طراحی مدل‌های مناسب در این زمینه دارند. در این خصوص برخی مواقع ممکن است با خروجی‌های نامطلوبی همچون آلاینده‌های زیست محیطی مواجه شویم. در این تحقیق، برای ارزیابی صحیح کارخانه‌های صنعت فولاد در قالب زنجیرهٔ تأمین، عوامل نامطلوب و آسیب‌رسان به محیط‌زیست نیز در نظر گرفته می‌شوند.

ارزیابی کارخانه‌های فولاد کشور در قالب زنجیره‌های تأمین کامل و توجه به عوامل نامطلوب و منفی و همچنین عوامل غیرقابل‌کنترلی که تغییرات در آن‌ها یا به‌طورکلی از حوزه اختیارات مدیر خارج و یا درصدی قابل تغییر می‌باشند، انگیزه‌ای برای انجام این تحقیق گردیده است.

- دامنه زمانی پژوهش:

برای اجرای مناسب و افزایش دقت، نیاز به داده‌های کافی می‌باشد؛ اما با توجه به محدود بودن دوره زمانی انجام رساله و با توجه به اینکه در این تحقیق به‌منظور ارائه مدل تحلیل پوششی داده‌ها از داده‌های واقعی استفاده شده است برای جمع‌آوری داده‌های تعدادی از متغیرهای ورودی مدل، نیاز به توزیع پرسشنامه جهت سنجش وضع موجود شاخص‌های عملکردی بود لذا برای اجرا داده‌های مربوط به سال ۱۳۹۸ استفاده شد. درحالی‌که در صورت استفاده از دوره عملکردی بلندمدت، مدل‌ها با دقت بیشتری اجرا می‌گردید.

- دامنه موضوعی پژوهش:

تحقیق حاضر به‌منظور ارائه مدل ریاضی بر پایه تحلیل پوششی داده‌ها می‌با شد که جهت آزمون مدل، زنجیره‌های تأمین صنعت فولاد حاضر در نظر گرفته شده است و نتایج آن به طور کامل

قابل‌تعمیم به سایر صنایع نیست؛ اما از روش‌شناسی ارائه‌شده می‌توان جهت کسب نتایج در سایر صنایع استراتژیک استفاده نمود.

- دامنه مکانی پژوهش:

در این پژوهش جامعه در نظر گرفته شده، کلیه شرکت‌های تابعه فولاد می‌باشد. از مجموع ۱۲ شرکت فولاد فعال در کشور وضعیت شبکه ۱۱ شرکت بر اساس مدل جدید ارائه شده در این تحقیق ارزیابی می‌شود.

برای دستیابی به اطلاعات مربوط به ادبیات تحقیق، از روش های مختلفی همچون مطالعات کتابخانه‌ای، اسناد و منابع علمی و جستجوی رایانه‌ای در سایت‌ها و پایگاه‌های اطلاعاتی مختلف استفاده شده است. برای جمع‌آوری اطلاعات مربوط به زنجیره‌های تأمین فولاد و دستیابی به داده‌های مربوط به ورودی‌ها و خروجی‌ها، از بانک اطلاعاتی و پرسشنامه استفاده شده است. همچنین در این پژوهش برای سنجیدن کارایی زنجیره‌های تأمین و پاسخ به سؤالات تحقیق از مدل DEA شبکه‌ای استفاده شده است و برای حل آن‌ها، نرم‌افزار GAMSکمک گرفته شد.

شاخص‌های مدنظر در صنعت فولاد علاوه بر شاخص‌های مالی، اقتصادی و تولیدی، دربرگیرنده شاخص‌ها و عوامل غیرقابل‌کنترل و خروجی‌های نامطلوب نیز می‌باشد. مدل ارائه شده قادر است شبکه متناظر این صنعت را ارزیابی نماید.

- هزینه‌های فروش اداری و عمومی (میلیون ریال)

هزینه‌های فروش هر محصول یا ارائه هر خدمتی، هزینه‌هایی به وجود می‌آید که به آن هزینه‌های عمومی و اداری می‌گویند.

- سایر درآمدها و هزینه‌های غیر عملیاتی (میلیون ریال)

این سرفصل شامل مواردی از قبیل کسری و اضافات انبار (ناشی از انبارگردانی)، فروش ضایعات (با توجه به حواله انبار و مدارک مزایده یا فروش صورت گرفته)، زیان کاهش ارزش موجودی‌ها (در راستای به‌کارگیری قاعده اقل بهای تمام شده و خالص ارزش فروش در قیمت‌گذاری پایان دوره موجودی‌ها طبق استاندارد حسابداری)، سود و زیان تسعیر ارز (ناشی از تفاوت نرخ ارز مربوط به اقلام پولی در پایان سال مالی طبق استاندارد حسابداری تسعیر ارز) و ... می‌باشد

- سود ناخالص (میلیون ریال)

کل درآمد یک شرکت (برابر با فروش کل) منهای بهای تمام شده کالاهای فروش رفته سود ناخالص

گفته می‌شود. سود ناخالـــص سودی است که یک شرکت بعد از کسر هزینه‌های مربوط به ساخت و فروش کالاهایش، یا هزینه‌های مربوط به تهیه خدماتش به دست می‌آورد. سود ناخالص در صورت سود و زیان شرکت وجود دارد یا می‌توان آن را از طریق فرمول زیر محاسبه کرد:

سود ناخالص= بهای تمام شده کالاهای فروش رفته درآمد

- سود خالص (میلیون ریال)

سود خالص سودی است که از مازاد خرجی که برای کاری هزینه کرده‌ایم به دست می‌آید.

فرمول محاسبه سود خالص عبارت است از:

فرمول سود خالص = کل درآمد – (کل هزینه‌ها – مالیات – بهره)

- سود خالص قبل از مالیات (میلیون ریال)

در حسابداری و مالی، درآمد قبل از بهره و مالیات یا سود قبل از بهره و مالیات معیاری است از سود شرکت که هزینه‌های بهره و مالیات را مستثنی می‌کند. درآمد عملیاتی حاصل تفریق عایدیِ عملیاتی و هزینه عملیاتی ا ست. گاهی اوقات برای شرکتی درآمد غیرعملیاتی صفر دارد، درآمد عملیاتی هم‌معنا با درآمد قبل از بهره و مالیات (EBIT)و سود عملیاتی به‌کاربرده می‌شود.

درآ مد قبل از بهره و مالیات = (EBIT) عا یدی - هزینه های عملیاتی + (OPEX) درآ مد غیرعملیاتی درآمد عملیاتی = عایدی - هزینه‌های عملیاتی

- سپرده حسن انجام کار

سپرده ح سن انجام کار مطابق ماده ۳۵ شرایط عمومی پیمان از هر پرداخت به پیمانکار معادل ده درصد به‌عنوان تضمین حسن انجام کار کسر و در حساب سپرده نزد کارفرما نگهداری می‌شود.

نصف این‌مبلغ‌پس از تصویب صورت وضعیت قطعی‌ونصف‌دیگرآن‌پس‌ازتحویل‌قطعی‌مستردمی‌گردد.

ســـپرده حســـن انجام کار در دفاتر پیمانکار ماهیت بدهکار داشـــته و در ذیل دارایی‌های جاری طبقه‌بندی می‌شود.

در دفاتر کارفرما ســـپرده حســـن انجام کار ماهیت بســـتانکار داشـــته و در ذیل بدهی‌های جاری طبقه‌بندی می‌شود.

- دارایی‌های جاری (میلیون ریال)

دارایی‌های جاری به آن دســـته از دارایی‌هایی که بیشـــترین قابلیت نقد شـــوندگی را دارا هســـتند، می‌گویند. می‌توان از میان دارایی‌های جاری به تنخواه‌گردان، موجودی نقد، سرمایه‌گذاری کوتاه‌مدت یا

موقت، سرمایه‌گذاری کوتاه‌مدت بانکی، حساب‌های دریافتنی (بدهکاران)، ارزش خالص بازیافتنی، اسناد دریافتنی (سفته، برات)، موجودی کالا و مواد (مانده مواد - کالای در جریان ساخت ـ کالای ساخته‌شده - قطعات و لوازم خانگی - موجودی ملزومات)، پیش‌پرداخت اثاثه، پیش‌پرداخت های (کوتاه مدت)، پیش‌پرداخت هزینه بیمه، پیش‌پرداخت بیمه اموال و غیره، درآمد اجاره دریافتنی اشاره کرد. مثال‌های فوق، مثال‌هایی درباره دارایی‌های جاری می‌باشد.

دارایی جاری به وجوه نقد و سایر دارایی‌هایی که انتظار می‌رود در جریان عملیات جاری واحد، ظرف یک سال تبدیل به وجه نقد گردند، فروخته شوند یا به مصرف رسند، گفته می‌شود. در یک واحد خدماتی کوچک دارایی‌های مذکور علاوه بر وجوه نقد، شامل خساب ها و اسناد دریافتنی، موجودی مواد و هزینه‌های پیش‌پرداخت شده است.

- دارایی‌های غیر جاری (میلیون ریال)

دارایی‌های بلندمدت به اقلامی از دارایی گفته می‌شود که موسسه قصد نگهداری و استفاده از آن‌ها برای سال‌های متمادی دارد: مانند زمین، ساختمان، ماشین‌آلات. دارائی‌های بلندمدت را دارائی‌های ثابت نیز می‌گویند.

- سرمایه (میلیون ریال)

سَرمایه در علم اقتصاد، عبارت است از حق صاحبان یک مؤسسه نسبت به باقیمانده دارایی مؤسسه مذکور. در علم حقوق مالی، عبارت است از وثیقه بستانکاران شرکت و یا حق صاحبان یک موسسه نسبت به باقیمانده دارایی موسسه مذکور پس از انحلال یا تصفیه موسسه. در علم مالی عبارت است از دارایی استفاده شده جهت تولید ثروت بیشتر یا ایجاد و توسعه یک کسب‌وکار جدید.

از نظر حسابداری این مبلغ از کم کردن بدهی‌های مؤسسه از جمع دارایی آن به دست می‌آید. به‌عبارت‌دیگر پس از پرداخت تمام بدهی‌ها و تعهدات یک مؤسسه آنچه از دارایی باقی می‌ماند متعلق به صاحب یا صاحبان سرمایه مؤسسه است.

- بدهی‌های جاری (میلیون ریال)

بدهی‌های جاری بدهی‌هایی هستند که طی حداکثر یک سال باید تسویه شوند.

بدهی‌های غیر جاری (میلیون ریال)

شامل:

- حساب‌ها و اسناد پرداختنی بلندمدت

با توجه به تفکیک بدهی‌ها از نظر زمان سررسید جهت پرداخت آن، سررسید پرداخت حساب‌ها و اسناد پرداختنی بلندمدت، بیش از یک سال و یک دوره مالی است .

- تسهیلات مالی بلندمدت

وام‌ها و تسهیلات مالی که از بانک‌ها دریافت می شود، درصورتی‌که سررسید پرداخت آن‌ها بیش از یک سال باشد در طبقه‌بندی "تسهیلات مالی بلندمدت" جای می‌گیرد.

- ذخیره مزایای پایان خدمت کارکنان

با توجه به قانون کار جمهوری اسلامی ایران (ماده ۲۴) بر کارفرما تکلیف شده در صورت خاتمه قرارداد کاری فی‌مابین کارگر و کارفرما، درصورتی‌که کارگر یک سال یا بیشتر به کار اشتغال داشته باشد، کارفرما می‌بایست به ازای هرسال سابقه کاری او یک ماه آخرین حقوق و مزایا را به‌عنوان مزایای پایان کار با کارگر پرداخت نماید.

- پس‌انداز کارکنان

درصورتی‌که ماهانه مبلغی از حقوق کارکنان با رضایت آن‌ها کسر و نگهداری شود و به تنهایی و یا با درصدی کمک از سوی موسسه به آن‌ها با عنوان وام پرداخت شود، این وجوه کسر شده به‌عنوان پس‌انداز کارکنان در طبقه‌بندی " بدهی بلندمدت " ثبت و نگهداری می‌شود.

- استهلاک انباشته (میلیون ریال)

به مفهوم جمع انباشته مبالغی است که از زمان تحصیل دارایی به حساب هزینه استهلاک منظور شده است.

- مانده تجهیزات (میلیون ریال)

دارایی سرمایه‌ای مشهود غیر جاری است که برای تعیین درآمد و سود بکار برده می‌شود. این دارایی برای برنامه‌ریزی و تحلیل مالی عملیات یک شرکت و مخارج آن از اهمیت زیادی برخوردار است.

- پرسنل

عبارت است از تعداد افرادی که به‌صورت تمام‌وقت در شرکت مشغول کار می‌باشند.

- ماشین‌آلات و تجهیزات (میلیون ریال)

در اصطلاح، ماشین‌آلات و تجهیزات معمولاً شامل اقلام زیر می‌باشد:

انواع ماشین‌آلات تولیدی، اثاثه، مبلمان، قالب‌ها، ابزارآلات، منصوبات و ظروف قابل‌استرداد که در روال عادی عملیات واحد تجاری بکار می‌روند.

- تعداد مشتریان

شامل تعداد افراد حقیقی یا حقوقی که از شرکت خرید می‌کنند.

برای تثبیت شاخص‌ها ابتدا بامطالعه تمام‌کارهای مرتبط گذشته چک لیستی از شاخص‌ها شناسایی شد وبراساس‌نظرات افرادخبره وهم‌چنین‌محدودیت‌دسترسی به آن‌ها، شاخص‌های نهایی تثبیت گردید.

با توجه به تعریف داده‌ها، دسته‌بندی آن‌ها بر اساس شکل ۳ در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱: شاخص‌های ورودی، میانی و خروجی هر مرحله

ورودی مرحله اول	ورودی مرحله دوم	تولید میانی	خر. جی مرحله اول	خروجی مرحله دوم
۱- دارایی‌های جاری (قابل‌کنترل) ۲- دارایی‌های غیرجاری (قابل‌کنترل) ۳- سرمایه (غیرقابل‌کنترل)	۱- پرسنل (غیرقابل‌کنترل) ۲- ماشین‌آلات و تجهیزات (قابل‌کنترل) ۳- تعداد مشتری(غیرقابل‌کنترل) ۴- هزینه‌های فروش اداری و عمومی (قابل‌کنترل)	۱- بدهی‌های جاری (غیرقابل‌کنترل) ۲- بدهی‌های غیرجاری (قابل‌کنترل) ۳- تسهیلات مالی بلندمدت (قابل‌کنترل) ۴- استهلاک انباشته (قابل‌کنترل)	سپرده حسن انجام کار (قابل‌کنترل و نامطلوب)	۱- سایر درآمدها (قابل‌کنترل و مطلوب) ۲- سود خالص (قابل‌کنترل و مطلوب) ۳- مانده تجهیزات (قابل‌کنترل و مطلوب) ۴- درآمدهای عملیاتی (قابل‌کنترل و مطلوب)

در ادامه مقادیر شاخص‌ها برای خشت شرکت زیرمجموعه فولاد در جدول ۲ نشان داده شده است. به دلیل محرمانه بودن اطلاعات تمام داده‌ها با نرم بی‌نهایت، نرمالایز شده‌اند.

مقادیر مربوط به متغیرها با مراجعه به بخش آمار و اطلاعات فولاد و دریافت اطلاعات مورد نیاز و همچنین اسناد و اطلاعات موجود در پورتال شرکت‌های فولاد و تهیه پرسشنامه فراهم گردیده است. لازم به ذکر است که تمامی ارقام، مربوط به سال مالی ۱۳۹۸ می‌باشد.

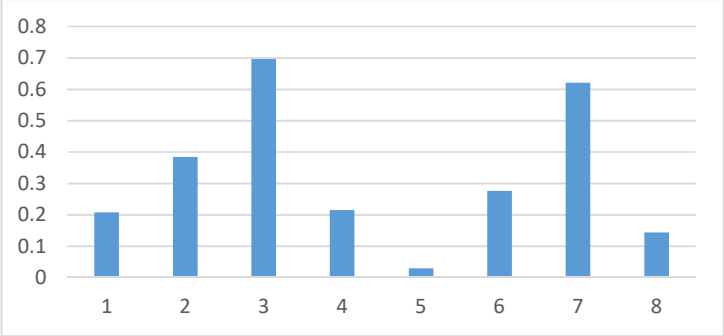
جدول ۲: مقادیر نرمالایز شده شاخص‌های ورودی، میانی و خروجی هر مرحله

	تعداد مشتریان	ماشین‌آلات و تجهیزات	پرسنل	مانده تجهیزات	استهلاک انباشته	بدهی‌های غیر جاری	بدهی‌های جاری	سرمایه	دارایی‌های غیر جاری	دارایی‌های جاری	سپرده حسن انجام کار	سود خالص	سایر درآمدها و هزینه‌های غیرعملیاتی	درآمدهای عملیاتی	هزینه‌های فروش اداری و عمومی
1	1.000	0.003	0.643	0.002	0.017	1.000	0.066	0.000	0.146	0.124	0.003	0.011	0.018	0.439	0.405
2	1.000	0.890	0.174	1.000	1.000	0.578	0.000	0.000	0.012	0.000	0.736	0.434	0.132	0.000	0.394
3	1.000	0.831	0.168	0.088	0.095	0.993	0.009	0.000	0.005	0.024	0.022	0.027	1.000	0.039	0.363
4	1.000	0.051	0.318	0.020	0.004	0.056	0.003	0.000	0.002	0.009	0.050	0.148	0.236	0.004	0.427
5	1.000	0.000	0.253	0.010	0.001	0.002	0.007	0.000	0.004	0.022	0.001	0.007	0.000	0.025	0.347
6	1.000	1.000	1.000	0.014	0.020	0.889	0.002	1.000	0.056	1.000	1.000	0.689	0.285	0.513	1.000
7	1.000	0.824	0.048	0.022	0.057	0.089	1.000	0.001	0.027	0.000	0.996	1.000	0.018	1.000	0.002
8	1.000	0.107	0.027	0.016	0.953	0.883	0.073	0.000	1.000	0.100	0.001	0.148	0.003	0.260	0.385

برای نشان دادن کاربرد روش‌های ارائه‌شده، داده‌های واقعی ۸ شرکت ذیل فولاد در سال ۱۳۹۸ را با ورودی‌ها، خروجی‌ها و داده‌های میانی مطابق با جدول ۱ با مقادیر جدول ۲، در نظر می‌گیریم. با ایجاد محدودیت‌های وزنی برای برخی از شاخص‌ها بر اساس نظر خبرگان و با در نظر گرفتن شرایط مساله، مدل‌های ارائه‌شده را اجرا می‌نماییم. با اجرای این مدل‌ها، کارایی هر یک از شرکت‌ها و همچنین بر اساس توضیحات ارائه‌شده در بخش‌های قبلی، کارایی هر مرحله آن‌ها نیز مشخص می‌گردد؛ که نتایج به‌دست‌آمده در جدول ۳ نشان داده شده است.

جدول ۳: کارایی مرحله اول، دوم و کل شرکت‌ها

شماره شرکت	کارایی مرحله اول	کارایی مرحله دوم	کارایی کل شرکت‌ها
1	0.187	0.2221	0.2081
2	0.0991	0.575	0.3847
3	1	0.4945	0.6967
4	0.0493	0.3256	0.2151
5	0.0156	0.0378	0.0289
6	0.014	0.4524	0.277
7	0.0525	1	0.621
8	0.0814	0.1847	0.1434



نمودار ۱: کارایی کل شرکت‌ها

نتیجه‌گیری

مدیریت شبکه، یکی از اجزاء استراتژی‌های رقابتی است. مدیران در بسیاری از صنایع، به‌ویژه آن‌هایی که در بخش تولید هستند، سعی در مدیریت بهتر شبکه و ارزیابی عملکرد آن دارند. همان‌طور که می‌دانیم صنعت فولاد یکی از مهم‌ترین صنایع کشور به حساب می‌آید و نقش عمده‌ای در اقتصاد کشور داراست. لذا مهم است که عملکرد شبکه آن ارزیابی شود تا اطلاعات بازخورد مورد نیاز، برای

آشکار ساختن پیشرفت‌ها و شناسایی نقاط ضعف، به‌منظور تلاش در جهت رفع نقایص و بهبود اهداف، در اختیار مدیران این صنعت قرار گیرد. البته واضح است که برای ارزیابی عملکرد باید از روش‌های علمی و تثبیت شده استفاده نمود تا نتایج حاصله برای اتخاذ تصمیمات مقتضی، قابل‌اطمینان باشند. یکی از ابزارهای مناسب و کارآمد در زمینه ارزیابی کارایی واحدهای تصمیم‌گیری، تحلیل پوششی داده‌ها(DEA) می‌باشد که به دلیل استفاده‌های موفق و ویژگی‌های کاربردی آن و همچنین تحقیقات و مطالعات موردی منتشرشده در چند سال اخیر، این تکنیک رشد بسیار روزافزونی داشته است.

DEA سنتی به وابستگی‌ها و مقادیر میانی در سیستم‌های شبکه‌ای توجهی ندارد و معمولاً کارایی سیستم را بیش‌ازحد واقعی آن نشان می‌دهد. ازآنجاکه ساختار شبکه ارتباط بین فرآیند تولید خروجی‌های نهایی را از ورودی‌های اولیه نشان می‌دهد، لذا در این تحقیق برای محاسبه کارایی آن، از روش DEA شبکه‌ای(دومرحله‌ای) استفاده‌شدتاارتباط بین زیرسیستم‌ها در محاسبه کارایی لحاظ شود.

در روش اول ارائه‌شده، به بررسی وضعیت شبکه، شامل ۲ مرحله پرداخته شد و ارزیابی عملکرد این زنجیره با ورودی ها و خروجی هایی که دارای ساختار خاص اعم از ورودی ها و خروجی‌های غیرقابل‌کنترل، خروجی‌های نامطلوب می‌باشند، موردبررسی قرارگرفته است.

نتایج نشان می‌دهد از ۱۱ شبکه با این ساختار، پس از به کار بردن مدل‌های ارائه‌شده، ۱ زنجیره در مرحله اول کارا و۱ زنجیره در مرحله دوم کارا می‌باشند. به‌علاوه تمام شرکت‌ها به طور کامل ناکارا بوده و دارای نمره کارایی کمتر از۱ هستند. درمجموع کارایی همه شرکت‌ها به طور متوسط در مرحله دوم بالاتر از کارایی مرحله اول می‌باشد.

کاراترین شبکه مربوط به واحد ۳ می‌باشد که نمره کارایی آن ۰/۶۹۶۷ است. همان‌طور که ملاحظه می‌گردد این واحد فقط در مرحله اول کارا بوده و در مرحله دیگر ناکارا می‌باشد. بدترین کارایی مربوط به شرکت شماره ۵ است که در هر دو مرحله ناکارا بوده است.

محدودیت‌ها برای انجام هر پژوهش، می‌توانند محقق را از رسیدن به نتیجه بهتر و دقیق‌تر بازدارند. در تحقیق حاضر هم محدودیت‌هایی وجود داشته که می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- عدم آگاهی بسیاری از مدیران و کارشناسان صنعت فولاد با مفهوم تحلیل پوششی داده‌ها؛
- پیچیدگی ساختاری شبکه و تدوین روابط و محدودیت‌های ریاضی؛
- عدم دسترسی به سایت‌ها و بانک‌های اطلاعاتی اختصاصی در صنعت فولاد؛
- عدم توافق کلی در مورد انتخاب شاخص‌های استفاده شده در مدل‌های موردنظر در این پژوهش؛

- طولانی بودن بروکراسی اداری برای گرفتن مجوز یا اطلاعات مربوط؛
- نبود اطلاعات کافی و طبقه‌بندی شده در حوزه زیست محیطی و خروجی‌های نامطلوب؛

تمرکز محقق در این مطالعه، ارائه مدل‌های شعاعی و غیرشعاعی جهت ارزیابی عملکرد شبکه کامل با ورودی‌ها و خروجی‌های دارای ساختار خاص بوده و به محققین پیشنهاد می‌گردد:

۱- درخصـــوص ارائه مدلی به‌منظور تعیین علت ناکارایی زنجیره‌های تأمین و ارائه راه‌کارهایی جهت بهبود کارایی آن‌ها

۲- ارائه مدل بهره‌وری مالم کوئیست جهت تعیین میزان پیشرفت یا پسرفت واحدها در سال‌های متفاوت، تحقیق نمایند.

۳- اتلاف خروجی‌های میانی در شـــبکه را که ناشـــی از عدم توازن بین عرضـــه و تقاضـــا در بین بخش‌های داخلی است، جستجو کرد و بحث جامعی در مورد بهره‌وری برای شبکه ارائه داد.

۴- این تحقیق بر پایه محاســـبات کمی انجام گرفته اســـت؛ اما ازآنجاکه تصـــمیم‌گیری نهایی بر اساس نظر مدیران و کارشناسان صنعت فولاد انجام می‌گیرد، لذا پیشنهاد می‌شود که در مطالعات آینده از تلفیق مدل کمی DEA شبکه‌ای و مدل کیفی AHP استفاده شود.

۵- اســـتفاده از منطق فازی می‌تواند برای غلبه بر برخی از محدودیت‌ها در ورودی و خروجی به کار رود.

منابع

۱) احمدی، غلامرضا و نورا، عباسعلی "بررسی کارایی فرایندهای چندمرحله‌ای با ساختار سری به روش تحلیل پوششی داده‌ها" سومین همایش ملی تحلیل پوششی داده‌ها، ۱۳۹۰، ۸-۱.

۲) اخلاصی،امیر و جامی،سحر"بررسی شبکه صنعت فولاد در سطح استراتژیک به‌منظور دستیابی به‌تناسب استراتژیک"سومین کنفرانس بین‌المللی مدیریت بازاریابی،۱۳۸۷

۳) اصغری زاده، عزت‌الله و مومنی، منصور و قاسمی، احمدرضا " تدوین شاخص‌های عملکرد شبکه با الگوبرداری از مدل اروپایی مدیریت کیفیت (موردمطالعه: شرکت فرو شگاه‌های زنجیره‌ای شهروند) " پژوهشنامه مدیریت تحول، ۱۳۸۹، سال دوم، شماره ۳.

۴) اعتباری، محمد و پوراسفندیانی، حامد "زمینه پیاده‌سازی سیستم ارزیابی عملکرد مدون شبکه شرکت ایران خودرو" سومین کنفرانس بین‌المللی مدیریت،۱۳۸۴، ۱۳-۱.

۵) امین دوست، عاطفه و کتابی، سعیده "ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان در شبکه با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها (DEA)" اولین کنفرانس بین‌المللی مدیریت شبکه و سیستم‌های اطلاعات، ۱۳۸۶.

۶) بیات، علی و نخعی، عیسی و غلامعلی زاده، ابوذر "ارائه تکنیک برای ارزیابی عملکرد زنجیره‌های تأمین با رویکرد فازی و کاربرد آن در شرکت‌های عمل‌آوری میگو در استان بوشهر" فصلنامه اقتصاد و تجارت نوین، ۱۳۸۶، شماره ۹، ۱۹۲-۱۶۲.

۷) حیدری، زهرا "به دست آوردن کارایی در تحلیل پوششی داده‌ها با ساختار شبکه‌ای" سومین همایش ملی تحلیل پوششی داده‌ها، ۱۳۹۰.

۸) خاکی، غلامرضا "روش تحقیق با رویکردی به پایان‌نامه نویسی" چاپ ششم، انتشارات بازتاب، ۱۳۸۹.

۹) دانشنامه آزاد، ویکی‌پدیا،

۱۰) دلاور، علی "مبانی نظری و علمی پژوهشی در علوم انسانی و اجتماعی" چاپ هفتم، انتشارات رشد، ۱۳۸۸، ۵۹.

۱۱) رضایی، جواد و سلطانی، حسینعلی و توکلی بغداد آباد، محمدرضا و علی حسینی، محسن "ارزیابی تغییرات بهره‌وری کل عوامل تولید در بانک‌های تجاری کشور با استفاده از شاخص مالم کوئیست" فصلنامه پژوهشنامه بازرگانی،۱۳۸۷، شماره۱۰۱، ۶۹-۴۸.

۱۲) سـرمد، زهره و بازرگان، عباس و حجازی، الهه "روش‌های تحقیق در علوم رفتاری" چاپ دوازدهم، ۱۳۸۵.

۱۳) سلیمانزاده، مسعود و عابدی، مریم "اندازه‌گیری عملکرد شبکه" دومین سمینار لجستیک، ۱۳۸۴.

۱۴) صفائی قادیکلائی، رشید "ارزیابی کارایی شعب بانک کشاورزی استان مازندران با استفاده از تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها (DEA)" سومین همایش ملی تحلیل پوششی داده‌ها، ۱۳۹۰، ۱۹-۱.

۱۵) صفری، سعید و آذر، عادل "ارزیابی عملکرد سازمان بر اساس شاخص‌های جوایز کیفیت – رویکرد DEA" در ماهنامه علمی – پژوهشی، دانشگاه شاهد، ۱۳۸۳، سال یازدهم، شماره ۸.

۱۶) قاسمیه،رحیم و جمالی، غلامرضا و کریمی اصل، الهام" تحلیل ابعاد رویکرد مدیریت شبکه دو مرحله ایلارج در صنعت سیمان از طریق تلفیق تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره "، دانشکده‌ی مدیریت دانشگاه تهران، زمستان ۱۳۹۴،دوره ۷،شماره ۴

۱۷) معنوی زاده، ندا و ربانی، مسعود و رضایی، کامران و رزمی، جعفر "اندازه‌گیری عملکرد شبکه در چهار صنف کلیدی کسب‌وکار در ایران" دومین کنفرانس ملی لجستیک، ۱۳۸۵.

۱۸) مهرگان، محمدرضا "مدل‌های کمی در ارزیابی عملکرد سازمان‌ها: تحلیل پوششی داده‌ها" چاپ دوم، دانشکده‌ی مدیریت دانشگاه تهران، ۱۳۸۷.

۱۹) نجفی، سید اسماعیل و موحدی مهر، مریم "استراتژی جدید انتخاب تأمین کننده در شبکه با استفاده از DEA" سومین همایش ملی تحلیل پوششی داده‌ها، ۱۳۹۰.

[1] Adler, N. and Friedman, L. and Sinuany-Stern, Z. (2002), "Review of ranking methods in data envelopment analysis context", European Journal of Operational Research 140, PP.249-265.

[2] Agrell, Per J and Hatami-Marbini, Adel, (2011)," Frontier-based Performance Analysis Models for Supply Chain Management: State of the Art and Research Directions", 41st International Conference On Computers&Industrial Engineering, PP.372-379.

[3] Ashrafi, A. and Jaafar, A.B. and Lee, L.S. and Abu Bakar, M.R., (2011),"Measuring the Performance of Two-stage Production Systems with Shared Input by Data Envelopment Analysis", 2nd International Conference On Business and Economic Research, PP.1-7.

[4] Aitken J. (1998), Supply chain integration within the context of a supplier association. PhD thesis, Cranfield University.

[5] Bogetoft, peter and Fare, Rolf and Grosskopf Shawna and Hayes Kathy; Taylor, Lori, (2009), "Dynamic Network DEA: An Illustration", Journal of the Operations Research, Vol.52, No.2, pp.147-162.

[6] Burgess, Kevin. Singh, Prakash J. and Rana Koroglu. (2006). "Supply chain management: a structured literature review and implications for future research", International Journal of Operations & Production Management, Vol. 26, No. 7, pp. 703-729.

[7] Camm, J. D., Chorman, T. E., Dull, F. A., Evans, J. R., Sweeney, D. J., & Wegryn, G. W., (1997). Blending OR/MS, judgment, and GIS: restructuring P&G s supply chain. Interfaces, 27(1), PP. 128-142.

[8] Chen, Ci and Yan, Hong (2011), "Network DEA model for supply chain performance evaluation", European Journal of Operational Research213, pp.147-155.

[9] Chen, Y and Zhu, J (2004) "measuring information technologies indirect impact in firm performance" information technology and management5, pp. 9-22.

[10] Chen. Y.and Zhu, J., Cook, W.D., (2010) "Deriving the DEA frontier for two-stage processes", European Journal of Operational Research, PP.138-142.

[11] Cook W., Liang L. and Zhu J., (2010),"Measuring performance of two-stage network structures by DEA: A review and future perspective", OMEGA 38, PP.423-430.

[12] Cook, Wade D and Seiford, Larry M, (2009), "Data Envelopment Analysis (DEA) – Thirty years on", European Journal of Operation Research, vol. 192, pp. 1-17.

[13] Cooper, William W and Seiford, Lawrence M and Tone, Kaoru (2006), "Introduction to Data Envelopment Analysis and It's Uses (with DEA-Solver Software and References)", New York, USA: Springer.

[14] Christopher M. Logistics and supply chain management, third ed. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall; 2005.

[15] Christopher, M. (1998), Logistics and Supply Chain Management, Pitman Publishing, London.

[16] EL-Baz, M. Adel, (2011), "Fuzzy performance measurement of a supply chain in manufacturing companies", Expert Systems with Applications 38, PP.6681-6688.

[17] Färe R. and Grosskopf S., (2000), Network DEA. Socio-Economic Planning Sciences 34, PP.35-49.

[18] Färe R. and Whittaker G., (1995), "An intermediate input model of diary production using complex survey data", Journal of Agricultural Economics, 46 (2), PP.201-223.

[19] Färe R., Grosskopf S. and Whittaker G., (2007), Network DEA. In: Zhu J. and Cook W.D. "Modeling data irregularities and structural complexities in data envelopment analysis", Springer, New York

[20] Fukuyama, H., (1997), "Investing productive efficiency and productivity changes of Japanese life insurance companies" Pacific-Basin Finance Journal, No 5, PP.481-509.

[21] Liang, L., Yang, F., Cook, W., & Zhu, J. (2006). DEA models for supply chain efficiency evaluation. Annals of Operations Research, 145(1), 35-49

یادداشت‌ها:

1 Data Envelopment Analysis (DEA)
2 Decision Making Unit
3 Chen & Yan
4 Charens, cooper & Rhodes
5 Farrel
6 Banker, Charens & cooper
7 Black Box
8 Lall, Liu & Ding
9 Baker & Talluri
10 Droge & Ross
11 Rough Data Envelopment Analysis
12 Fuzzy data Envelopment Analysis (FDEA)
13 Chance Constrained Data Envelopment Analysis (CCDEA)
14 Zhao
15 Network Epsilon – Based Measure (NEBM)
16 Recursive Data Envelopment Analysis (FDEA)
17 Balance Score Card (BSC)
18 De Matel
19 Green Supply Chain Management(GSCM)
20 Goal Programming (GP)
21 Biodiesel
22 Big Data
23 Discriminant Analysis
24 Slacks-Based Measure