

## بهبود سنجش کارایی در مدل تحلیل پوششی داده‌ها با بهره‌گیری از تکنیک تحلیل رابطه خاکستری

دکتر علی محمدی\*

کاظم محمدی\*\*

محمود جهانبانی\*\*\*

### چکیده

سنجش کارایی سازمان‌های تولیدی و صنعتی و مقایسه کارایی بین واحدهای آنها از جمله مسائل مهمی است که امروزه در حوزه صنعت مورد توجه قرار گرفته است. در این مقاله از تکنیک تحلیل رابطه خاکستری و تحلیل پوششی داده‌ها بطور ترکیبی برای ارزیابی تأمین‌کنندگان در شرکت فراگستر توس استفاده شده است. هدف اصلی این مقاله بررسی نقش شاخص‌های نماینده (از میان نهاده‌ها و ستاده‌ها) برای کاربرد در مدل تحلیل پوششی داده‌ها می‌باشد. بر این اساس ابتدا تکنیک تحلیل رابطه خاکستری تشریح شده تا بعداً همراه با تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها مورد استفاده قرار بگیرد. در مرحله بعد با استفاده از داده‌های جمع‌آوری شده کارایی تأمین‌کنندگان در قالب مدل تحلیل پوششی داده‌ها محاسبه گردیده است. در پایان نیز به منظور تحلیل اثرات شاخص‌های نماینده، با استفاده از مدل رابطه خاکستری ارتباط بین شاخص‌ها (نهاده‌ها و ستاده‌ها) شناسایی شده و پس از تعیین شاخص‌های نماینده، کارایی تأمین‌کنندگان مجدداً محاسبه شده تا اعداد کارایی در دو حالت مورد مقایسه قرار گیرند. نتایج نشان می‌دهد که در حالت اول ۶ تأمین‌کننده و در حالت دوم تنها یک تأمین‌کننده کارا بوده‌اند. استفاده از دسته‌بندی خاکستری توانسته است سنجش کارایی تأمین‌کنندگان را با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها دقیق‌تر نمایند و بنابراین قدرت تفکیک واحد‌های تصمیم‌گیری افزایش یابد.

**واژه‌های کلیدی:** تحلیل رابطه خاکستری - تحلیل پوششی داده‌ها - کارایی - تأمین‌کنندگان

---

\* دانشیار دانشکده مدیریت دانشگاه شیراز

\*\* نویسنده مسئول - دانش آموخته کارشناسی ارشد مدیریت صنعتی، دانشگاه شیراز

\*\*\* دانش آموخته کارشناسی ارشد مدیریت صنعتی، دانشگاه شیراز

## ۱- مقدمه

یکی از وظایف مدیران نظارت بر عملکرد سازمان‌هاست. ارزیابی عملکرد سازمان از موضوعاتی است که مدیران و محققین توجه زیادی به آن داشته و تا کنون آثار و مقالات متعددی در این رابطه منتشر شده‌اند. مدیران به منظور ارزیابی عملکرد سازمان‌های خود از معیارهای متعددی نظیر اثربخشی، کارایی، کیفیت، بهره‌وری، سودآوری و ... استفاده می‌کنند. کارایی یکی از معیارهای اساسی برای سنجش عملکرد سازمانی است و به طور ساده نسبت خروجی یک مجموعه به ورودی‌های آن را نشان می‌دهد. لیکن، با افزایش تعداد ورودی‌ها و خروجی‌ها (شاخص‌های عملکرد)، اندازه‌گیری کارایی با این شیوه بسیار دشوار می‌گردد. بر این اساس توسعه روش‌هایی برای سنجش کارایی در این شرایط ضروری خواهد بود (صالحی صادقیانی، ۱۳۸۷: ۷۶).

در سیستم‌های ارزیابی متداول فعلی، برخی پارامترهای مهم در نظر گرفته شده و نمره‌دهی می‌شوند. بنابراین مساله ارزیابی واحدها، یک مساله تصمیم‌گیری با شاخص‌های چندگانه است. برای حل این گونه مسائل روش‌های مختلفی نظیر فرایند تحلیل سلسله مراتبی، تحلیل پوششی داده‌ها و ارزیابی متوازن ارائه شده است (محمدی، ۱۳۸۹: ۲). اما مشکل اساسی در این نوع مسائل، فقدان اطلاعات کافی و روشن و یا بعضاً وجود حجم عظیمی از روابط بین شاخص‌های تحت ارزیابی است. اگر همه شاخص‌های عملکرد در فرایند ارزیابی قرار بگیرند، مجموعه داده‌ها بسیار پیچیده خواهد شد. یکی از روش‌هایی که برای ارزیابی تحت چنین شرایطی معرفی شده، تحلیل رابطه خاکستری<sup>۱</sup> است. اگر همه شاخص‌های عملکرد در فرایند ارزیابی قرار بگیرند مجموعه داده‌ها بسیار پیچیده و منابع هدر خواهند رفت (Deng, 1990: 7). هدف از تحلیل رابطه خاکستری کم کردن تعداد شاخص‌ها بوسیله انتخاب شاخص‌های نماینده از میان آنهاست (Wang & et al, 2007: 136). با استفاده از این مدل تحلیلی، در حقیقت تعدادی شاخص نماینده به عنوان معیار ارزیابی واحدها بدست می‌آید. از خروجی‌های روش فوق می‌توان جهت اندازه‌گیری کارایی و رتبه‌بندی واحدهای کارا با استفاده از مدل تحلیل

پوششی داده‌ها<sup>۱</sup> بهره برد. با توجه به مطالب ذکر شده، این پژوهش به منظور پاسخگویی به سوالات زیر طرح ریزی شده است:

- ۱- آیا در سنجش کارایی نهاده‌ها و ستاده‌ها از اهمیت یکسانی برخوردارند؟
  - ۲- در صورت استفاده از شاخص‌های نماینده در مدل تحلیل پوششی داده‌ها، آیا میزان کارایی واحدها (در مقایسه با حالتی که از شاخص‌های نماینده در مدل تحلیل پوششی داده‌ها استفاده نشود) تغییر پیدا می‌کند؟
  - ۳- آیا استفاده از شاخص‌های نماینده از میان داده‌ها در مدل تحلیل پوششی داده‌ها، باعث بهبود سنجش کارایی تأمین‌کنندگان می‌شود؟
- جهت پاسخگویی به سوالات فوق، از روش‌های تحلیلی-ریاضی استفاده شده است. همچنین بخش دوم و سوم مقاله به بررسی اجمالی پیشینه و مبانی نظری تحقیق در ارتباط با موضوعات مختلف این پژوهش می‌پردازد. بخش چهارم به روش تحقیق اختصاص یافته است. بخش پنجم به بکارگیری تکنیک‌ها و تحلیل یافته‌ها می‌پردازد. در نهایت در بخش ششم نتیجه‌گیری و پیشنهادات ارائه می‌گردد.

## ۲- پیشینه تحقیق

در رابطه با موضوع کارایی و روش‌های اندازه‌گیری و سنجش عملکرد تا به حال مطالعات متعددی در سطح دنیا و کشور انجام شده‌اند. از تحلیل رابطه خاکستری برای حل مسائل تصمیم‌گیری مختلفی مانند: ارزیابی اجرایی خطوط هوایی، انتخاب تأمین‌کنندگان، برنامه‌های تولید، مسائل تصمیم‌گیری چند معیاره، برنامه ریزی آرمانی و ... استفاده می‌شود (صالحی صادقیانی، ۱۳۸۷: ۷۷). در ادامه بعضی از این مطالعات و نتایج حاصله مطرح می‌گردد. وانگ<sup>۲</sup>، موآ<sup>۳</sup> و گوآن<sup>۴</sup> (۲۰۰۷) با استفاده از مدل تحلیل پوششی داده‌ها و تحلیل رابطه خاکستری به سنجش کارایی بیمارستانها در کشور چین پرداختند. با استفاده از مدل تحلیل رابطه خاکستری مجموع شاخص‌های تحت مطالعه از ۹ به ۵ کاهش یافت. این مقاله نه تنها کارایی بیمارستانها را مورد ارزیابی قرار داده است، بلکه چگونگی انتخاب متغیرهای ورودی و

1- Data Envelopment Analysis

2 -Wang

3 -Mua

4 -Guan

خروجی در مدل تحلیل پوششی داده‌ها را نیز تحلیل می‌کند. نتایج حاصل از آن یک نگرش مدیریتی مفید و سازنده در امر ارزیابی و بهبود عملکرد بیمارستانها در چین فراهم آورده است.

فتحی و نجفیان (۱۳۸۶) در مقاله‌ای با عنوان " ارتقای کارایی بودجه‌ریزی عملیاتی با انتخاب نماینده معیارهای عملکردی: کاربرد نظریه مدلسازی رابطه خاکستری " در مورد کاربرد مدل تحلیل رابطه خاکستری در انتخاب معیارهای نماینده برای افزایش اثربخشی و امکان‌پذیری بودجه عملیاتی بحث می‌کنند. از آنجا که در مقوله بودجه‌ریزی از سویی، اطلاعات ناکافی و یا ناقص همواره وجود دارند و از سویی دیگر تحلیل و بررسی آنها مستلزم صرف هزینه و زمان زیادی است، استفاده از مدل تحلیل رابطه خاکستری در کاهش معیارهای عملکردی موثر بوده و کارایی را در بحث اطلاعات عملکردی افزایش می‌دهد.

عالم تبریز، رجبی پور میبیدی و زارعیان (۱۳۸۸) از تکنیک تاپسیس فازی و تحلیل پوششی داده‌ها بطور ترکیبی در بهبود سنجش کارایی شعب بانکها استفاده کرده‌اند. نتایج نشان می‌دهد که استفاده از تکنیک تاپسیس فازی در محاسبه میزان اهمیت نهاده‌ها و ستاده‌ها توانسته است سنجش کارایی شعب بانک را با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها دقیق‌تر نموده و در نهایت موجب روایی این تکنیک شود.

محمدی (۱۳۸۹) در ارزیابی عملکرد تأمین‌کنندگان و انتخاب درست آنان از مدل تحلیل رابطه خاکستری بهره گرفته است. با وجود اینکه در انتخاب تأمین‌کنندگان بیشتر از الگوهای کیفی استفاده می‌شود، لذا می‌توان در فرایند ارزیابی، شاخص‌های کمی و کیفی را توأمأ مورد استفاده قرار داد. نهایتاً وی با استفاده از درجه رابطه خاکستری که معرف عملکرد کلی هر تأمین‌کننده است، مساله انتخاب تأمین‌کننده را با عینیت و قابلیت حل بهتری دنبال کرده است. نتیجه آنکه انتخاب درست تأمین‌کننده منجر به کاهش هزینه خرید مواد و قطعات شده و کارایی سیستم تولید را افزایش می‌دهد.

## جدول ۱: خلاصه پیشینه پژوهش

ردیف	سال انتشار	نویسندگان	خلاصه پژوهش
۱	۲۰۰۷	وانگ، موآ و گوآن	کاهش شاخص‌های نماینده با ترکیب مدل تحلیل پوششی داده‌ها و مدل رابطه خاکستری در بهبود سنجش کارایی
۲	۱۳۸۶	فتحی و نجفیان	ارتقای کارایی و اثربخشی بودجه‌ریزی عملیاتی با انتخاب معیارهای نماینده با استفاده از نظریه مدلسازی رابطه خاکستری
۳	۱۳۸۸	عالم تبریز، رجبی پور میبدی و زارعیان	ترکیب تاپسیس فازی و تحلیل پوششی داده‌ها در بهبود سنجش کارایی شعب بانکها
۴	۱۳۸۹	محمدی	بررسی عملکرد تأمین‌کنندگان با استفاده از تحلیل رابطه خاکستری با ارزیابی شاخص‌های کیفی و کمی

## ۳- مبانی نظری

## ۳-۱ مدل رابطه خاکستری

روش تحلیل رابطه خاکستری اولین بار در سال ۱۹۸۲ توسط دنگ<sup>۱</sup> پیشنهاد شد. این روش می‌تواند برای حل مسائل دارای داده‌های متفاوت و اطلاعات ناقص استفاده شود. یکی از مزایای تئوری سیستم خاکستری در این است که می‌تواند با استفاده از روابط کم میان داده‌ها و تفاوت زیاد میان شاخص‌ها، خروجی مورد قبولی را ارائه دهد.

تئوری خاکستری نیز مانند نظریه فازی، یک مدل ریاضی موثر برای حل مسائل نامعین و نامطمئن ارائه می‌دهد. در صورتی که  $P(x)$  نشان‌دهنده مجموعه عوامل در یک زمینه معین باشد،  $Q$  رابطه تأثیر خواننده می‌شود، پس  $\{P(x), Q\}$  اصطلاحاً فضای تأثیر نامیده می‌شود، لذا سری شکل یافته بوسیله  $P(x)$  را می‌توان به صورت زیر نشان داد:

$$x_i(k) = (x_i^{(0)}(1), \dots, x_i^{(0)}(k)) \in X$$

$i=0,1,\dots,m$  ,  $k=1,2,\dots,n \in N$  بطوری که :

تحلیل رابطه خاکستری شامل چندین گام اساسی است. اولین گام آن ایجاد رابطه خاکستری است. در این مرحله با پردازش مناسب روی داده‌ها رابطه خاکستری ایجاد می‌شود. برای ایجاد رابطه خاکستری باید داده‌های تحت مطالعه را بی‌مقیاس کرد. یکی از

روش‌های بی‌مقیاس کردن، بی‌مقیاسی فازی است (صغری‌پور، ۱۳۸۲: ۳۵). بسته به نوع عامل تحت مطالعه می‌توان از یکی از روابط (۱) تا (۳) استفاده نمود.

۱- اگر مقدار بیشتر یک عامل مطلوبتر باشد (نظیر سود) از رابطه (۱) استفاده می‌شود.

$$x_{ij} = \frac{x_{ij} - (x_{ij})_{\min}}{(x_{ij})_{\max} - (x_{ij})_{\min}} \quad \text{رابطه (۱)}$$

۲- اگر مقدار کمتر یک عامل مطلوبتر باشد (نظیر هزینه) از رابطه (۲) استفاده می‌شود.

$$x_{ij} = \frac{(x_{ij})_{\max} - x_{ij}}{(x_{ij})_{\max} - (x_{ij})_{\min}} \quad \text{رابطه (۲)}$$

۳- اگر برای عامل تحت مطالعه مقدار اسمی مطلوبتر باشد (نظیر وزن محصول) از رابطه (۳) استفاده می‌شود.

$$x_{ij} = \frac{|x_{ij} - x_0|}{(x_{ij})_{\max} - (x_{ij})_{\min}} \quad \text{رابطه (۳)}$$

در مرحله دوم باید میزان رابطه خاکستری را اندازه‌گیری کرد که اصطلاحاً درجه رابطه خاکستری خوانده می‌شود. محاسبه درجه رابطه خاکستری خود مستلزم محاسبه ضریب رابطه خاکستری است. چنانچه در فضای رابطه خاکستری  $\{P(x), \Gamma\}$  سری‌های زیر تعریف شده باشند:

$$x_i = (x_i(1), \dots, x_i(k)) \in X$$

$$i = 0, 1, \dots, m, \quad k = 1, 2, \dots, n \in N$$

ضریب رابطه خاکستری با  $\gamma(x_i(k), x_j(k))$  نشان داده می‌شود و از رابطه (۴) بدست می‌آید (گوه، ۱۹۸۵: ۵۶).

$$\gamma(x_i(k), x_j(k)) = \frac{\Delta_{\min} + \Delta_{\max}}{\Delta_{ij}(k) + \Delta_{\max}} \quad \text{رابطه (۴)}$$

بطوری که:

$$\Delta_{\min} = \min_j \min_k |X_i(k) - X_j(k)| \quad \text{رابطه (۵)}$$

$$\Delta_{\max} = \max_j \max_k |X_i(k) - X_j(k)| \quad \text{رابطه (۶)}$$

$$\Delta_{ij}(k) = |X_i(k) - X_j(k)| \quad \text{رابطه (۷)}$$

ضریب رابطه خاکستری دو عامل بین صفر و یک می‌باشد، بطوری که اگر این ضریب یک باشد به معنای یکسان بودن دو عامل است و اگر صفر باشد به معنای مستقل بودن آن دو عامل است. پس از محاسبه ضریب رابطه خاکستری، می‌توان درجه رابطه خاکستری را که با حرف  $\Gamma$  نشان داده می‌شود، از طریق رابطه (۸) بدست آورد.

$$\Gamma = \gamma(X_i, X_j) = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \gamma(X_i(k), X_j(k)) \quad \text{رابطه (۸)}$$

در اینصورت اگر  $\gamma(X_0, X_i) > \gamma(X_0, X_j)$  باشد نشانگر آنست که درجه رابطه  $X_i$  در مقابل  $X_0$  بزرگتر از درجه رابطه  $X_j$  در مقابل  $X_0$  است که به صورت  $\Gamma_{0i} > \Gamma_{0j}$  نشان داده می‌شود. این درجه در حقیقت عملکرد کلی واحد تحت ارزیابی را نشان می‌دهد.

برخی از مهمترین مزایای تحلیل رابطه خاکستری در مقایسه با سایر روشهای محاسبه، این است که در تحلیل رابطه خاکستری هیچ محدودیت خاصی در مورد حجم نمونه و نرمال بودن توزیع داده‌ها وجود ندارد و علاوه بر آن شیوه محاسباتی آن نیز آسان می‌باشد (Tseng & et al, 2003:240).

### ۳-۲ مدل تحلیل پوششی داده‌ها

روش تحلیل پوششی داده‌ها از جمله کاربردهای جدید برنامه‌ریزی خطی است که به منظور تعیین کارایی نسبی واحدهای مشابه که دارای اهداف و آرمان‌های مشترک هستند به کار می‌رود. تحلیل پوششی داده‌ها برای اندازه‌گیری کارایی نسبی حوزه‌های مختلف نظیر بیمارستان‌ها، دانشگاه‌ها، صنایع بیمه، شاخه‌های مختلف صنایع و موارد مشابه دیگر استفاده شده است (رزمی، ۱۳۸۳:۲).

اگر تعدادی واحد همگن داشته باشیم می‌توان کارایی را برای این واحدها بصورت نسبت خروجی‌ها به ورودی‌ها تعریف نمود. البته با توجه به اینکه ورودی‌ها و خروجی‌ها دارای اهمیت یکسانی نمی‌باشند، لذا لازم است وزن‌های متفاوتی به این نهاده‌ها و ستاده‌ها بدهیم تا اینکه میزان اهمیت آنها و اولویت هر یک نسبت به دیگری را مشخص نماییم (اردکانی محمدی و همکاران، ۱۳۸۸:۶۸).

$$\text{رابطه (۹)} \quad \text{کارایی واحد } j \text{ ام} = \frac{U_1 Y_{1j} + U_2 Y_{2j} + \dots}{V_1 X_{1j} + V_2 X_{2j} + \dots}$$

چنانچه بتوان این نسبت را برای هر یک از واحدهای تصمیم‌گیری در مقایسه با سایر آنها حل نمود، می‌توان به مقایسه این واحدها از نقطه نظر کارایی پرداخت و واحدهای کارا را در برابر واحدهای فاقد کارایی مشخص نموده و آنگاه در صدد افزایش کارایی واحدهای ناکارا برآمد. نهایتاً مدل ریاضی تحلیل پوششی داده‌ها به همراه پارامترهای آن به قرار زیر خواهند بود (مهرگان، ۱۳۸۳: ۶۵).

$$Y_{rj} = \text{مقدار خروجی } r \text{ ام از واحد } j \text{ ام}$$

$$X_{ij} = \text{مقدار ورودی } i \text{ ام از واحد } j \text{ ام}$$

$$U_r = \text{وزن خروجی } r \text{ ام}$$

$$\text{رابطه (۱۰)} \quad \text{Max } Z_j = \frac{\sum_{r=1}^m U_r \cdot Y_{rj}}{\sum_{i=1}^s V_i \cdot X_{ij}}$$

$$V_i = \text{وزن ورودی } i \text{ ام}$$

Subject to :

$$\frac{\sum_{r=1}^m U_r \cdot Y_{rj}}{\sum_{i=1}^s V_i \cdot X_{ij}} \leq 1$$

$n =$  تعداد واحدهای تصمیم‌گیری ( $DMU^1$ )

$$U_r, V_i \geq 0$$

$S, M =$  تعداد خروجی‌ها و ورودی‌ها

از حل رابطه (۱۰)،  $Z_j$  که بیانگر کارایی نسبی واحد  $j$  ام است بدست می‌آید. از آنجا که حل مدل مذکور بواسطه غیرخطی بودن مشکل است مدل‌های زیر در ادامه معرفی می‌شوند (مهرگان، ۱۳۸۳: ۶۸).

۳-۲-۱ مدل سی سی آر (CCR<sup>1</sup>)

این مدل توسط چارنز، کوپر و رودز ارائه گردید که CCR متشکل از حروف ابتدای نام آنهاست. آنها مدل زیر را برای اندازه‌گیری کارایی واحد Z در مقایسه با مجموعه‌ای از واحدها ارائه نمودند.

مدل ثانویه:

مدل اولیه:

$\text{Min } y = \theta - \varepsilon \left( \sum_{r=1}^s (s_r^+) + \sum_{i=1}^m (s_i^-) \right)$ <p>Subject to:</p> $\sum_{j=1}^n (y_{rj} \lambda_j) - s_r^+ = y_{r0}$ $\sum_{j=1}^n (x_{ij} \lambda_j) + s_i^- = \theta x_{i0}$ $\lambda_j, s_r^+, s_i^- \geq 0 \quad \theta \text{ آزاد در علامت}$ <p style="text-align: right;">رابطه (۱۲)</p>	$\text{Max } Z = \sum_{r=1}^s (y_{r0} u_r)$ <p>Subject to:</p> $\sum_{i=1}^m (x_{i0} v_i) = 1$ $\sum_{r=1}^s (y_{rj} u_r) - \sum_{i=1}^m (x_{ij} v_i) \leq 0$ $u_r, v_j \geq \varepsilon$ <p style="text-align: right;">رابطه (۱۱)</p>
--	--

یک واحد تصمیم‌گیرنده وقتی کاراست که: اولاً  $\theta^* = 1$  باشد و ثانیاً  $s_r^+ = s_i^- = 0$ .

(مهرگان، ۱۳۸۳: ۷۹)

یکی از ویژگی‌های مدل تحلیل پوششی داده‌ها ساختار بازده به مقیاس آن می‌باشد. بازده به مقیاس می‌تواند ثابت یا متغیر باشد. مدل CCR از جمله مدلهای بازده ثابت نسبت به مقیاس (CRS<sup>2</sup>) است (مهرگان، ۱۳۸۳: ۸۴).

یعنی مثلاً اگر ورودی‌ها دو برابر شوند، خروجی‌ها نیز دو برابر می‌شوند. در بسیاری از سازمانها، یک واحد تصمیم‌گیری کوچک را با ضرب ورودی‌ها و خروجی‌هایش در یک فاکتور ثابت نمی‌توان با یک واحد تصمیم‌گیری بزرگتر مقایسه کرد، لذا در این سازمانها بازده ثابت نسبت به مقیاس مصداق ندارد (آذر و همکاران، ۱۳۸۵: ۱۵۵). این مشکل در مدل بی سی سی (BCC) که در زیر به آن اشاره می‌شود، برطرف شده است.

۳-۲-۲ مدل بی سی سی (BCC<sup>1</sup>)

بنکر، چارنز و کوپر با تغییر در مدل CCR مدل جدیدی را ابداع کردند که با توجه به حروف اول نام آنها به مدل BCC شهرت یافت. مدل بی سی سی (BCC) دارای بازده متغیر نسبت به مقیاس می‌باشد (مهرگان، ۱۳۸۳: ۱۷).

مدل ثانویه:

مدل اولیه:

$\text{Min } y = \theta - \varepsilon \left( \sum_{r=1}^s (s_r^+) + \sum_{i=1}^m (s_i^-) \right)$ <p>Subject to: <span style="float: right;">رابطه (۱۴)</span></p> $\sum_{j=1}^n (y_{rj} \lambda_j) - s_r^+ = y_{r0}$ $\sum_{j=1}^n (x_{ij} \lambda_j) + s_i^- = \theta x_{i0}$ $\sum (\lambda_j) = 1$ $\lambda_j, s_r^+, s_i^- \geq 0 \quad \theta \text{ آزاد در علامت}$	$\text{Max } Z = \sum_{r=1}^s (y_{r0} u_r) + w$ <p style="text-align: right;">رابطه (۱۳)</p> <p>Subject to:</p> $\sum_{i=1}^m (x_{i0} v_i) = 1$ $\sum_{r=1}^s (y_{rj} u_r) - \sum_{i=1}^m (x_{ij} v_i) + w \leq 0$ $u_r, v_j \geq \varepsilon \quad w \text{ آزاد در علامت}$
--	--

## ۴- روش تحقیق

در این مطالعه کارایی تأمین‌کنندگان قطعه برای یک واحد تولیدی-صنعتی مورد بررسی قرار گرفته است. این واحد تولیدی-صنعتی شرکت فراگستر توس است که در زمینه تولید دسته سیم خودرو فعالیت می‌کند. این شرکت مواد و قطعات مورد نیاز خود را از طریق ۸ تأمین‌کننده بدست می‌آورد. ابتدا معیارهایی که ماهیت ورودی (نهاد) و خروجی (ستاده) دارند به ترتیب زیر مشخص می‌شوند.

جدول ۲: ورودی‌ها و خروجی‌ها

نشانهگر	ورودی	نشانهگر	خروجی
$x_1(I_1)$	سرمایه تأمین کننده	$y_1(O_1)$	تعداد کارشناسان تأمین کننده
$x_2(I_2)$	نرخ رشد تأمین کننده	$y_2(O_2)$	معکوس شاخص زمان تاخیر
$x_3(I_3)$	سابقه همکاری تأمین کننده	$y_3(O_3)$	معکوس دوباره کاری
$x_4(I_4)$	معکوس هزینه حمل و نقل	$y_4(O_4)$	شاخص به موقع بودن
$x_5(I_5)$	حجم قرارداد	$y_5(O_5)$	توانایی های مدیریت
		$y_6(O_6)$	مهارت کارکنان
		$y_7(O_7)$	سطح تکنولوژی

مقادیر ورودی‌ها و خروجی‌های هر یک از تأمین‌کنندگان با توجه به پرسشنامه و مصاحبه گردآوری شده و در جداول (۳) و (۴) آمده است.

جدول ۳: مقادیر ورودی

شماره تأمین کننده	سرمایه تأمین کننده (میلیارد ریال)	نرخ رشد تأمین کننده(درصد)	سابقه همکاری تأمین کننده(سال)	معکوس هزینه حمل و نقل (صد هزار ریال)	حجم قرارداد (میلیارد ریال)
۱	۱۸	۳/۲	۳	۰/۰۹	۳
۲	۶	۰/۵	۳	۰/۱۴	۱
۳	۱	۸	۲	۰/۶۷	۰/۱۰۰۸
۴	۱/۵	۳	۳	۰/۱۴	۰/۳
۵	۱/۲	۱	۲	۰/۱۲۵	۰/۲
۶	۱۰	۳	۳	۱	۰/۰۳
۷	۳	۳	۲	۰/۱۴	۱/۸
۸	۲	۲	۳	۰/۲۵	۰/۴

جدول ۴: مقادیر خروجی

شماره تأمین کننده	تعداد کارشناسان (نفر)	معکوس شاخص زمان تحویل(درصد)	معکوس دوباره کاری (درصد)	شاخص به موقع بودن(درصد)	تواناییهای مدیریت (درصد)	مهارت کارکنان (درصد)	سطح تکنولوژی (درصد)
۱	۱۵	۰/۰۱۱	۰/۵	۹۰	۹۰	۸۵	۸۵
۲	۲	۰/۰۱۲۵	۰/۱۲۵	۶۵	۷۵	۷۵	۷۰
۳	۱	۰/۰۱۲۵	۱	۷۵	۷۵	۷۵	۷۰
۴	۱۴	۰/۰۱۲	۰/۵	۹۰	۹۰	۸۵	۷۵
۵	۸	۰/۰۱۴	۰/۳۳	۶۰	۷۵	۷۰	۷۰
۶	۳	۰/۰۱۱	۱	۹۰	۹۰	۸۵	۹۰
۷	۸	۰/۰۱۱	۰/۰۱۱	۸۰	۸۵	۸۰	۸۰
۸	۱	۰/۰۱۱	۱	۹۰	۹۰	۸۰	۸۰

### ۵- به کارگیری تکنیک‌ها و تحلیل یافته‌ها

با توجه به داده‌های جمع‌آوری شده در این بخش به تحلیل داده‌ها و نتایج پرداخته می‌شود. به همین منظور ابتدا با بکارگیری مدل تحلیل پوششی داده‌ها و با وارد نمودن تمامی شاخص‌های ورودی و خروجی در مدل، طبق روابط (۱۱) و (۱۳)، کارایی تأمین‌کنندگان را محاسبه می‌کنیم. نتایج مطابق جدول (۵)، در زیر آمده است.

جدول ۵: کارایی تأمین‌کنندگان بدون بکارگیری روش تحلیل رابطه خاکستری

تأمین	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
مدل	/۹۹	۱	۱	۱	۱	/۹۹	۱	۱
مدل	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱

با مشاهده نتایج جدول فوق که کارایی تمامی تأمین‌کنندگان تقریباً یکسان بدست آمده است، می‌توان نتیجه گرفت که تعداد شاخص‌های ورودی و خروجی در مقایسه با تعداد تأمین‌کنندگان بسیار زیاد است و همین امر باعث ناکارآمدی مدل تحلیل پوششی داده‌ها شده است. به همین منظور برای دستیابی به یک نتیجه منطقی و قابل قبول از مدل تحلیل رابطه خاکستری بهره می‌گیریم.

با بکارگیری روش تحلیل رابطه خاکستری داده‌ها نرمال می‌شوند تا بدون مقیاس شده و بتوان روی آنها اعمال ریاضی انجام داد. هر تأمین‌کننده به عنوان یک جزء از سری تطبیقی در نظر گرفته می‌شود و سری استاندارد با توجه به نوع شاخص‌های بی مقیاس شده برابر یک می‌باشد. برای بدست آوردن ضریب رابطه خاکستری مقدار  $\Delta_{min}$  و  $\Delta_{max}$  را با توجه به روابط (۵) و (۶) بدست می‌آوریم.

با توجه به رابطه (۸) درجه رابطه خاکستری محاسبه شده که مقادیر آن در جدول (۶) نشان داده شده است.

جدول ۶: درجه رابطه خاکستری به صورت مقایسه‌ای

	O <sub>۷</sub>	O <sub>۶</sub>	O <sub>۵</sub>	O <sub>۴</sub>	O <sub>۳</sub>	O <sub>۲</sub>	O <sub>۱</sub>	I <sub>۵</sub>	I <sub>۴</sub>	I <sub>۳</sub>	I <sub>۲</sub>	I <sub>۱</sub>	
۱۱	-	-	-	-	-	-	-	۰,۷۸۵۲	۰,۷۲۲۸	۰,۶۷۱۲	۰,۶۸۲۰	۱	-
۲۱	-	-	-	-	-	-	-	۰,۶۵۲۱	۰,۷۰۵۵	۰,۵۱۴۶	۱	۰,۶۸۱۰	-
۳۱	-	-	-	-	-	-	-	۰,۵۹۸۲	۰,۵۸۴۰	۱	۰,۴۸۴۲	۰,۶۷۳۹	-
۴۱	-	-	-	-	-	-	-	۰,۶۵۱۱	۱	۰,۵۸۴۰	۰,۷۱۰۹	۰,۷۲۲۲	-
۵۱	-	-	-	-	-	-	-	۱	۰,۶۴۷۳	۰,۵۹۸۲	۰,۶۵۱۵	۰,۷۹۹۶	-
۱۵	۰,۵۷۱۹	۰,۶۳۰۷	۰,۷۱۲۷	۰,۶۴۵۸	۰,۵۵۵۳	۰,۶۰۷۲	۱	-	-	-	-	-	-
۲۵	۰,۵۱۸۱	۰,۷۰۵۴	۰,۷۷۲۵	۰,۶۷۸۷	۰,۶۲۳۴	۱	۰,۶۰۶۹	-	-	-	-	-	-
۳۵	۰,۵۶۳۹	۰,۵۴۵۶	۰,۶۴۷۱	۰,۶۳۲۸	۱	۰,۶۲۳۴	۰,۵۵۷۶	-	-	-	-	-	-
۴۵	۰,۴۷۹۳	۰,۸۶۴۲	۰,۸۸۰۹	۱	۰,۶۵۲۳	۰,۶۹۰۰	۰,۶۴۵۸	-	-	-	-	-	-
۵۵	۰,۳۹۵۰	۰,۸۵۰۰	۱	۰,۹۰۶۲	۰,۶۴۷۱	۰,۷۹۷۲	۰,۷۱۲۷	-	-	-	-	-	-
۶۵	۰,۵۰۸۰	۱	۰,۸۱۲۵	۰,۸۵۴۱	۰,۵۴۵۷	۰,۷۰۳۶	۰,۶۲۹۳	-	-	-	-	-	-
۷۵	۱	۰,۵۳۶۰	۰,۴۸۰۱	۰,۴۹۳۸	۰,۵۶۳۹	۰,۵۱۲۲	۰,۵۷۱۹	-	-	-	-	-	-

از آنجا که هدف، پیدا کردن شاخص‌های نماینده از میان نهاده‌ها و ستاده‌هاست، لذا بر اساس درجه رابطه، شاخص‌هایی که بیشترین نزدیکی را دارند تفکیک کرده و آنها را در جدول (۷) مرتب می‌کنیم.

جدول ۷: مرتب کردن درجه رابطه خاکستری

۶	۵	۴	۳	۲	۱	ستاده‌ها	۴	۳	۲	۱	نهاده‌ها
O <sub>۶</sub>	O <sub>۴</sub>	O <sub>۷</sub>	O <sub>۲</sub>	O <sub>۵</sub>	O <sub>۳</sub>	O <sub>۱</sub>	I <sub>۲</sub>	I <sub>۳</sub>	I <sub>۴</sub>	I <sub>۵</sub>	I <sub>۱</sub>
O <sub>۷</sub>	O <sub>۳</sub>	O <sub>۴</sub>	O <sub>۶</sub>	O <sub>۱</sub>	O <sub>۵</sub>	O <sub>۲</sub>	I <sub>۵</sub>	I <sub>۳</sub>	I <sub>۱</sub>	I <sub>۴</sub>	I <sub>۲</sub>
O <sub>۲</sub>	O <sub>۴</sub>	O <sub>۵</sub>	O <sub>۷</sub>	O <sub>۶</sub>	O <sub>۱</sub>	O <sub>۳</sub>	I <sub>۴</sub>	I <sub>۵</sub>	I <sub>۲</sub>	I <sub>۱</sub>	I <sub>۳</sub>
O <sub>۱</sub>	O <sub>۳</sub>	O <sub>۲</sub>	O <sub>۷</sub>	O <sub>۶</sub>	O <sub>۱</sub>	O <sub>۴</sub>	I <sub>۵</sub>	I <sub>۳</sub>	I <sub>۲</sub>	I <sub>۱</sub>	I <sub>۴</sub>
O <sub>۴</sub>	O <sub>۱</sub>	O <sub>۲</sub>	O <sub>۳</sub>	O <sub>۶</sub>	O <sub>۱</sub>	O <sub>۵</sub>	I <sub>۳</sub>	I <sub>۳</sub>	I <sub>۲</sub>	I <sub>۱</sub>	I <sub>۵</sub>
O <sub>۳</sub>	O <sub>۷</sub>	O <sub>۲</sub>	O <sub>۴</sub>	O <sub>۵</sub>	O <sub>۱</sub>	O <sub>۶</sub>					
O <sub>۳</sub>	O <sub>۱</sub>	O <sub>۴</sub>	O <sub>۵</sub>	O <sub>۶</sub>	O <sub>۲</sub>	O <sub>۷</sub>					

شاخص‌هایی که در جدول فوق برجسته<sup>۱</sup> شده‌اند، نشان‌دهنده روابط بالاتر با سایر شاخص‌ها هستند. مطابق جدول (۸) شاخص‌ها را در ۴ گروه طبقه‌بندی کرده و از هر گروه یک شاخص را تحت عنوان نماینده شاخص انتخاب می‌کنیم.

جدول ۸: تعیین شاخص هر گروه و مشخص کردن نماینده هر شاخص

گروه	شاخص هر گروه	نماینده شاخص
۱	I <sub>۱</sub> , I <sub>۲</sub> , I <sub>۳</sub> , I <sub>۵</sub> , I <sub>۴</sub>	I <sub>۱</sub>
۲	O <sub>۴</sub> , O <sub>۶</sub> , O <sub>۲</sub> , O <sub>۵</sub> , O <sub>۱</sub>	O <sub>۵</sub>
۳	O <sub>۳</sub>	O <sub>۳</sub>
۴	O <sub>۷</sub>	O <sub>۷</sub>

در نتیجه شاخص‌های O<sub>۷</sub> و O<sub>۳</sub> و O<sub>۵</sub> و I<sub>۱</sub> به عنوان نماینده شاخص‌ها معرفی می‌شوند. حال با استفاده از مدل‌های CCR و BCC کارایی تأمین‌کنندگان را ارزیابی می‌کنیم. نتایج مطابق جدول (۹) است.

جدول ۹: تغییر در نمره‌های کارایی با بکارگیری روش تحلیل رابطه خاکستری

تأمین کننده	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
مدل CCR	۰/۰۶۷	۰/۱۶۶	۱	۰/۷۹۹	۰/۸۳۳	۰/۱۲۷	۰/۴۰۴	۰/۵۹۹
مدل BCC	۰/۰۳۳	۰/۱۶۶	۱	۱	۰/۸۳۳	۱	۱	۱

همانطور که در جدول (۹) مشاهده می‌شود، مدل BCC، ۵ تأمین‌کننده از ۸ تأمین‌کننده را کارا ارزیابی نموده است. اما در مدل CCR تنها یک تأمین‌کننده کارا تشخیص داده شده است و تأمین‌کنندگان ناکارا نیز بخوبی تفکیک شده‌اند. از آنجا که هدف از رتبه‌بندی، کمک به تأمین‌کنندگان ناکارا در جهت حرکت به سمت کارایی است، مدلی که بر اساس آن واحدهای ناکارا تفکیک بهتری پیدا کنند ارجح است. از این رو برای انجام تحلیل‌ها، مدل CCR اولویت پیدا می‌کند. جدول (۱۰) نتایج این رتبه‌بندی را نشان می‌دهد.

جدول ۱۰: رتبه‌بندی تأمین‌کننده‌ها بر اساس نمره‌های کارایی

تأمین کننده	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
رتبه در مدل CCR	۸	۶	۱	۳	۲	۷	۵	۴

بر اساس جدول (۹) فقط تأمین‌کننده ۳ در هر دو مدل کارا ارزیابی شده است، در حالی که تأمین‌کننده‌های ۴ و ۷ و ۸ به دلیل کم بودن نمره‌های مقیاس کارایی شان فقط در مدل BCC کارا ارزیابی شده‌اند. سایر تأمین‌کننده‌ها در هر دو مدل ناکارا بوده‌اند. میانگین کارایی در مدل BCC برابر ۷۹٪ و در مدل CCR برابر ۴۹٪ ارزیابی شده است.

جدول ۱۱: تحلیل نتایج نمره‌های کارایی

بازه نمره‌ها	تعداد و درصد در مدل CCR	تعداد و درصد در مدل BCC
۱	۱ (۱۲,۵٪)	۵ (۶۲,۵٪)
۰,۸-۰,۹۹	۱ (۱۲,۵٪)	۱ (۱۲,۵٪)
۰,۶-۰,۷۹	۱ (۱۲,۵٪)	۰ (۰٪)
۰,۴-۰,۵۹	۲ (۲۵٪)	۰ (۰٪)
۰,۲-۰,۳۹	۰ (۰٪)	۱ (۱۲,۵٪)
کمتر از ۰,۲	۳ (۳۷,۵٪)	۱ (۱۲,۵٪)

جدول ۱۲: کمبود و مازاد ورودی‌ها و خروجی‌های تأمین‌کنندگان

تأمین‌کننده	نمره کارایی بر اساس CCR			
	$S^+$			$S^-$
	$O_7$	$O_5$	$O_3$	$I_1$
۱	۳,۸۱	۲۹,۹	۰	۰
۲	۰	۱۴,۲	۱۲,۲	۰
۳	۰	۰	۰	۰
۴	۰	۰	۵,۴	۰
۵	۲,۷۷	۰	۰	۰
۶	۰	۰	۰	۳,۸۳
۷	۹,۸۸	۵,۲۹	۰	۰
۸	۴,۱۲	۰,۷	۰	۰

دلیل اصلی برای تمامی عملکردهای ناکارای تأمین‌کنندگان، مازاد ورودی<sup>۱</sup> ( $S^-$ ) و کمبود خروجی<sup>۲</sup> ( $S^+$ ) است. بر اساس جدول فوق تنها تأمین‌کننده ۶ نیاز به کاهش

ورودی ( $I_1$ ) دارد که معرف سرمایه تأمین‌کننده است. به عبارت دیگر با این حجم سرمایه نمی‌تواند کارایی خود را بهبود بخشد. از طرف دیگر تأمین‌کننده برای رسیدن به کارایی مطلوب باید نسبت به افزایش خروجی‌های ( $O_5$ ) و ( $O_7$ ) خود که معرف توانایی‌های مدیریت و سطح تکنولوژی است اقدام نماید. در مورد سایر تأمین‌کنندگان نیز می‌توان تحلیل‌های مشابهی را ارائه کرد.

#### ۶- نتیجه‌گیری و پیشنهادات

این مقاله نه تنها کارایی تأمین‌کنندگان را ارزیابی کرد، بلکه چگونگی انتخاب متغیرهای ورودی و خروجی در مدل تحلیل پوششی داده‌ها را نیز تحلیل کرد. نتایج بررسی‌ها و محاسبات بیانگر این است که اولاً در سنجش کارایی، نهاده‌ها و ستاده‌ها اهمیت متفاوتی دارند، ثانیاً در محاسبات به عمل آمده نشان داده شد که در صورت استفاده از شاخص‌های نماینده تعداد واحدهای کارا کاهش پیدا می‌کند بطوریکه از میان ۵ نهاده و ۷ ستاده تنها ۱ نهاده و ۳ ستاده در فرایند ارزیابی مورد استفاده قرار گرفتند. از میان ۸ تأمین‌کننده تنها یک تأمین‌کننده کارا تشخیص داده شد و سایر تأمین‌کنندگان می‌توانند با کاهش میزان مازاد ورودی و افزایش میزان کمبود خروجی، نمره‌های کارایی خود را بهبود بخشند. همچنین نتایج محاسبات نشان می‌دهد مدل تحلیل پوششی داده‌ها، در شرایطی که تعداد ورودی‌ها و خروجی‌ها نسبت به تعداد واحدهای تحت ارزیابی زیاد باشد، از کارایی لازم برخوردار نخواهد بود.

با توجه به نتایج فوق پیشنهاد می‌شود که اولاً واحدهایی که قصد دارند از تحلیل پوششی داده‌ها برای سنجش کارایی قسمت‌های مختلف خود استفاده کنند نسبت به تعداد ستاده‌ها و نهاده‌ها در مقایسه با تعداد واحدهای تصمیم‌گیری توجه ویژه نموده و ثانیاً حتی الامکان از وزن دهی به داده‌ها استفاده کنند. از آنجا که این وزن‌ها در محاسبه درجه رابطه خاکستری تأثیر بسزایی دارد بهتر است ابتدا با استفاده از روش‌هایی نظیر آنتروپی شانون یا فرایند تحلیل سلسله مراتبی این وزن‌ها را بدست آورد تا بدین طریق ارزیابی عملکرد با واقعیت تطبیق بیشتری داشته باشد. همچنین پیشنهاد می‌شود مدل رابطه خاکستری به عنوان مکمل سایر روش‌های تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه نظیر تاپسیس، الکر و روش تخصیص خطی به کار گرفته شود تا در صورت دستیابی به نتایج تقریباً یکسان بتوان به نتیجه ارزیابی اطمینان نمود. همچنین با عمومی بودن روش‌ها و مدل‌های استفاده شده می‌توان از آنها در سایر سازمانها خدماتی، درمانی، بیمارستان‌ها، بانکها و ... استفاده نمود.

## منابع فارسی

- ۱- آذر، عادل، غلامرضایی، داود، (۱۳۸۵)، رتبه‌بندی استانهای کشور با رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها، فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی ایران، شماره ۲۷، سال هشتم، ۱۷۳-۱۵۳.
- ۲- اردکانی محمدی، مجید علی، میر غفوری، سید حبیب اله، میر فخرالدینی، سید حیدر، دامکی، علی محمد، مومنی، حجت اله، (۱۳۸۸)، ارزیابی کارایی نسبی بیمارستان‌های دولتی یزد با استفاده از مدل تحلیل پوششی داده‌ها، مجله دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی- درمانی شهید صدوقی یزد، دوره هفدهم، شماره دوم، ۶۷-۷۵.
- ۳- اصغرپور، محمدجواد، (۱۳۸۲)، تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه، تهران، انتشارات دانشگاه تهران.
- ۴- رزمی، جعفر، بامداد، شهروز، (۱۳۸۳)، کاربرد روش DEA در ارزیابی تامین‌کنندگان، اولین کنفرانس ملی لجستیک و زنجیره تامین.
- ۵- صالحی صادقیانی، جمشید، امیری، مقصود، تقوی فرد، محمد تقی، رضوی، سید حسین، (۱۳۸۷)، رتبه‌بندی واحدهای کارا با ترکیب رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها و فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی در سازمان‌های بازرگانی استانی، دانش مدیریت، شماره ۸۱، سال ۲۱، ۷۵-۹۰.
- ۶- عالم تبریز، اکبر، رجبی پور میبیدی، علیرضا، زارعیان، محمد (۱۳۸۸)، بررسی کاربرد تکنیک تاپسیس فازی در بهبود سنجش کارایی شعب بانکها با استفاده از تکنیک DEA، نشریه مدیریت صنعتی دانشگاه تهران، دوره ۱، شماره سوم، ۱۰۴-۸۵.
- ۷- فتحی، سعید، نجفیان، مریم، (۱۳۸۶)، ارتقای کارایی بودجه‌ریزی عملیاتی با انتخاب نماینده معیارهای عملکردی: کاربرد نظریه مدلسازی رابطه خاکستری، دانشگاه اصفهان.
- ۸- محمدی، علی، (۱۳۸۹)، ارزیابی عملکرد فروشندگان در مدیریت زنجیره تامین، کنفرانس ارزیابی عملکرد، جهاد دانشگاهی دانشگاه تهران.
- ۹- مهرگان، محمد رضا، (۱۳۸۳)، مدل‌های کمی در ارزیابی عملکرد سازمان‌ها، تهران، انتشارات دانشکده مدیریت دانشگاه تهران.

## منابع انگلیسی

- 1-Deng, J.L.(1990), "Introduction To Grey system Theory", The Journal Of Grey System, Vol.1, No.1, PP.1-24.
- 2-Guo, H.(1985), "Identification coefficient of relational grade of grey systems", The Journal of Fuzzy Mathematics, vol. 3, PP.55-58.
- 3-Shu, Wang, Q. Mua., Z, Guan.(2007), "Measuring Hospital Efficiency in China Using Grey Relational Analysis and Data Envelopment Analysis", International conference on grey system and Intelligent service, PP.135-139.
- 4-Deng, J.L.(1992), "Grey system Theory", Technical University, Wuchang, China.
- 5-Tseng, P.Y., Geng, Cheng, M., Yu, L.F. (2003), "The analysis of human and vehicle factors for Taiwan freeway traffic accidents", Journal of Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol 5, PP.237-248.
- 6-Yiyo, K., Taho, Y., Guan, W.H.(2008), "The use of grey relational analysis in solving multiple attribute decision-making problems", Computers & Industrial Engineering ,55, PP.80-93.