

## Paper Type: Original Article



## A New Approach to Supplier Selection: Interval Ranking of DEA whit Double Frontiers

Feloora Valizadeh Palang Sarae<sup>\*1</sup>

<sup>1</sup>Ph.D. Candidate of Industrial Management, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht, Iran.

### Citation:

Valizadeh Palng Sarae, F. (2020). A new approach to supplier selection: interval ranking of dea whit double frontiers. *Innovation management of operational strategies*, 1(1), 17-37.

Received:19/12/2019	Reviewed:19/02/2020	Revised:13/03/2020	Accept:06/04/2020
---------------------	---------------------	--------------------	-------------------

### Abstract

**Purpose:** Choosing a set of suppliers is critical to the success of organizations. In recent years, much attention has been paid to the importance of selecting suppliers. Effective selection and evaluation of suppliers is an important responsibility that should always be considered by purchasing managers. The criticality of supplier selection is due to the effects it has on elements related to the end products of organizations. Suppliers are a vital part of an organization that can have a huge impact on an organization's performance.

**Methodology:** In this study, a data set containing the specifications of 18 suppliers. First, the performance of suppliers is calculated from both optimistic and pessimistic perspectives in the presence of undesirable outputs and inaccurate data, and the interval ranking method is used to identify the supplier with the best performance.

**Findings:** The results showed that the traditional DEA method measures only the best relative efficiency of a group of decision-making units while avoiding pessimistic performance. In order to make the best use of DEA and avoid complex mental calculations, the DEA method for dual boundaries was used.

**Originality/Value:** This paper uses interval ranking and data envelopment analysis with dual boundaries in the presence of undesirable outputs and inaccurate data. In this paper, it is suggested that the calculation of overall efficiency and ranking of suppliers in the model proposed by Azizi et al. (2016) integrate both performance in the form of an interval and the overall efficiency and ranking of units based on Hosseinzadeh et al. (2018) ranking method.

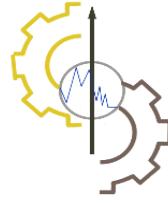
**Keywords:** Supplier selection, data envelopment analysis, dual boundaries, interval ranking.

JEL Classificaton: C6, C60, C61.

\* Corresponding Author

Email Address: flooravalizadeh@gmail.com

<http://dorl.net/dor/20.1001.1.27831345.1399.1.1.2.1>



### یک رویکرد جدید برای انتخاب تأمین‌کننده: رتبه‌بندی بازه‌ای تحلیل پوششی داده‌ها با مرزهای دوگانه

فلورا ولی‌زاده پلنگ سرائی<sup>\*</sup>

(دانشجوی دکتری مدیریت صنعتی-تولید، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد رشت، رشت، ایران)

دریافت: ۱۳۹۸/۰۹/۲۸	بررسی: ۱۳۹۸/۱۱/۳۰	اصلاح: ۱۳۹۸/۱۲/۲۳	پذیرش: ۱۳۹۹/۰۱/۱۸
--------------------	-------------------	-------------------	-------------------

#### چکیده

هدف: انتخاب مجموعه‌ای از تأمین‌کننده‌گان امری حیاتی برای موفقیت سازمان‌ها است. در سال‌های اخیر توجه و تأکید زیادی بر اهمیت انتخاب تأمین‌کننده‌گان شده است. انتخاب و ارزیابی مؤثر تأمین‌کننده‌گان مسئولیت مهمی است که باید همواره مدنظر مدیران خرید قرار گیرد. حیاتی بودن امر انتخاب تأمین‌کننده‌گان به‌واسطه اثراتی است که بر عناصر مربوط به محصولات نهایی سازمان‌ها می‌گذارد. تأمین‌کننده‌گان جزء حیاتی یک سازمان می‌باشند که می‌توانند اثرات زیادی بر عملکرد سازمان داشته باشند.

روش‌شناسی پژوهش: در این پژوهش مجموعه داده‌ها که حاوی مشخصات ۱۸ تأمین‌کننده باشد. نخست از دو دیدگاه خوشبینانه و بدینانه در حضور خروجی‌های نامطلوب و داده‌های نادقيق کارایی‌های تأمین‌کننده‌گان محاسبه می‌شود و برای شناسایی تأمین‌کننده دارای بهترین عملکرد، روش رتبه‌بندی بازه‌ای مورداستفاده قرار می‌گیرد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد با توجه به اینکه روش DEA سنتی تنها بهترین کارایی نسبی گروهی از واحدهای تصمیم‌گیری را ضمن اجتناب از کارایی‌های بدینانه اندازه‌گیری می‌کند. برای آن که از DEA بهترین بهره گرفته شود و از محاسبات ذهنی و پیچیده اجتناب شود از روش DEA برای مرزهای دوگانه استفاده شد.

اصالت/ارزش‌افزوده علمی: این مقاله با استفاده از رتبه‌بندی بازه‌ای و با بهره از تحلیل پوششی داده‌ها با مرزهای دوگانه در حضور خروجی‌های نامطلوب و داده‌های نادقيق است. در این مقاله پیشنهاد می‌شود که محاسبه کارایی کلی و رتبه‌بندی تأمین‌کننده‌ها در مدل پیشنهادشده توسط عزیزی و همکاران (۲۰۱۶) هر دو کارایی را در قالب یک بازه باهم ادغام و کارایی کلی و رتبه‌بندی واحدها بر اساس روش رتبه‌بندی بازه‌ای حسین‌زاده و همکاران (۲۰۱۸) انجام شود.

**کلیدواژه‌ها:** انتخاب تأمین‌کننده، تحلیل پوششی داده‌ها، مرزهای دوگانه، رتبه‌بندی بازه‌ای.

طبقه‌بندی JEL: C61, C60, C6.

\* نویسنده مسئول

آدرس رایانامه: flooravalizadeh@gmail.com  
http://dorl.net/dor/20.1001.1.27831345.1399.1.1.2.1



امروزه در شرایط جدید رقابتی، انتخاب بهترین تأمین کننده برای شرکت‌هایی که مایل به افزایش کیفیت و کاهش هزینه‌ها می‌باشند بسیار با اهمیت می‌باشد. شرکت‌ها و سازمان‌ها نیازمند روش‌های نظام یافته جهت مدیریت سیستمی فرایندهایشان می‌باشند. مدیریت زنجیره تامین در دهه نود به عنوان یک رویکرد سیستمی جهت کمک به مدیران تجاری پیشنهاد گردید که مورد استقبال فراوانی قرار گرفت. در مباحث مرتبط با مدیریت زنجیره تامین، بحث خرید و منبع‌یابی بویژه مسئله ارزیابی و انتخاب تامین کنندگان، جنبه بالقوه‌ای جهت افزایش کارائی در سازمان‌ها می‌باشد (جوادنیا و غلام‌ابری، ۲۰۱۳).

انتخاب مجموعه‌ای از تامین‌کنندگان امری حیاتی برای موفقیت سازمان‌هاست. در سال‌های اخیر توجه و تاکید زیادی بر اهمیت انتخاب تامین‌کنندگان شده است. انتخاب و ارزیابی موثر تامین‌کنندگان مسئولیت مهمی است که باید همواره مد نظر مدیران خرید قرار گیرد. حیاتی بودن امر انتخاب تامین‌کنندگان به واسطه اثراتی است که بر عناصر مربوط به محصولات نهایی سازمان‌ها می‌گذارد. عناصری چون قیمت، طراحی، قابلیت تولید، کیفیت و غیره (ناراسیمان و همکاران<sup>۲</sup>، ۲۰۰۱). لوثیس معتقد است که هیچ کدام از مسئولیت‌های مرتبط با امر خرید به اندازه انتخاب یک منبع مناسب مهمنیست. اینگلند و لیدرز هم نظری مشابه با او دارند. آنان نیز معتقدند که انتخاب تامین‌کنندگان مهم‌ترین مسئولیت در امر خرید محسوب می‌شود. بعدها، وبر و همکاران این گونه بیان نمودند که در محیط رقابتی امروز دستیابی به موفقیت در تولید محصولات با هزینه پایین و کیفیت بالا، بدون توجه به رضایت‌مندی فروشنده‌گان غیر ممکن است؛ بنابراین یکی از مهم‌ترین تصمیمات خرید، انتخاب و حفظ گروه کاملی از تامین‌کنندگان می‌باشد. البته اخیراً مفهوم دیگری به نام مدیریت زنجیره تامین به وجود آمده است. این موجب شده که محققان و حقوقدانان بیش از پیش درباره انتخاب تامین‌کنندگان، عاملی است که منجر به افزایش رقابت در کل زنجیره تامین می‌گردد (لی و همکاران<sup>۳</sup>، ۲۰۰۱).

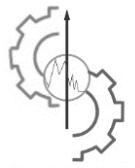
انتخاب تامین‌کننده فرآیندی است که بر اساس آن، تامین‌کنندگان مرور، ارزیابی و انتخاب می‌شوند تا تبدیل به بخشی از زنجیره تامین شرکت شوند. شاین و همکاران اظهار می‌دارند که چندین عامل مهم باعث کاهش تعداد تامین‌کنندگان شده است (شاین و همکاران<sup>۴</sup>، ۲۰۰۰). اولاً منابع متعدد مانع از آن می‌شود که تامین‌کنندگان از صرفه‌جویی مقیاس و بر اساس حجم سفارش و اثر منحنی یادگیری بهرمند شوند. ثانیاً، سیستم دارای تامین‌کنندگان متعدد ممکن است نسبت به سیستم با تعداد تامین‌کنندگان کمتر پر هزینه‌تر باشد. ثالثاً، کاهش تعداد تامین‌کنندگان به حذف عدم‌اطمینان در بین خریداران و تامین‌کنندگان به علت فقدان ارتباط کمک می‌کند. رابعاً رقابت جهانی بنگاه‌ها را وادار می‌کند که بهترین تامین‌کنندگان را در دنیا شناسایی کنند.

<sup>1</sup> Javadnia and Gholam-abri

2 Narasimhan et al.

3 Lee et al.

4 Shin et al.



یکی از روش‌های مشهور برای ارزیابی و انتخاب زنجیره‌های تامین، تحلیل پوششی داده‌ها است (آزادی و همکاران<sup>۱</sup>، ۲۰۱۵). تحلیل پوششی داده‌ها یک روش ناپارامتریک است که به بررسی و ارزیابی کارایی واحدهای مشابه می‌پردازد. این واحدهای مشابه تحت عنوان واحدهای تصمیم‌گیرنده (DMU) یاد می‌شوند و ورودی‌های چندگانه را به خروجی‌های چندگانه تبدیل می‌کند. در DEA، با استفاده از مجموعه‌ای از مشاهدات یک تابع تولید از روی داده‌های مشاهده شده ساخته می‌شود. این روش یک تابع مرزی بست می‌دهد که تمام داده‌ها را شامل می‌شود، به همین دلیل آن را تحلیل پوششی داده می‌نامند از طرف دیگر، چون روش DEA مبتنی بر مجموعه‌ای از مسائل بهینه‌سازی است. در این مسائل هیچگونه پارامتری جهت تخمین وجود ندارد، لذا این روش یک روش ناپارامتریک است (چارنز و همکاران<sup>۲</sup>، ۱۹۷۸). درنتیجه می‌توان تحلیل پوششی داده‌ها را به طور گسترده‌ای برای مشکلات انتخاب تامین کننده به کار برد.

برای آن که از DEA بهترین بهره گرفته شود و از محاسبات ذهنی و پیچیده اجتناب شود. عزیزی<sup>۳</sup> (۲۰۱۱) روش DEA جدیدی که با مرزهای دوگانه نامیده می‌شود برای انتخاب تامین کننده معرفی شد. تحلیل پوششی داده‌ها با مرزهای دوگانه دو نوع نمره کارایی برای واحدهای (DMUs) تعیین می‌کند. در نمره کارایی خوش‌بینانه، نمره کارایی واحدهای با مرز کارایی سنجیده می‌شود. اندازه عملکرد کلی به وسیله دو کارایی نه فقط بزرگی دو کارایی بلکه راستای آن‌ها را نیز در نظر می‌گیرد (وانگ و چین<sup>۴</sup>، ۲۰۰۹). همچنین در مدل‌های کلاسیک DEA فرض می‌شود که همه خروجی‌ها خوب هستند. در حالی که خروجی‌ها ممکن بد باشند. به عنوان مثال آلدگی‌ها خروجی‌های نامطلوب هستند (فرضی پور صائن<sup>۵</sup>، ۲۰۱۰). عزیزی و همکاران (۲۰۱۶) مدلی را ارائه کردند که از توانایی اندازه‌گیری کارایی خوش‌بینانه و بدینانه با توجه به خروجی‌های نامطلوب و داده‌های نادقيق برخوردار بود. انتخاب تامین کنندگان تصمیم مهم ولی پیچیده‌ای است که نیاز به بررسی دقیق معیارهای عملکردی مختلف دارد. به طور سنتی، مدل‌های انتخاب تامین کنندگان مبتنی بر داده‌های اصلی هستند و بر داده‌های ترتیبی تاکید کمتری می‌شود؛ اما با کاربرد گسترده روش‌های تولید مانند روش به موقع، به تازگی تاکید بیشتری بر لحاظ کردن داده‌های نادقيق، یعنی مخلوطی از داده‌های بازه‌ای و ترتیبی، می‌شود (عزیزی، ۲۰۱۱).

این مقاله به صورت زیر سازماندهی شده است: در بخش دوم، معرفی بر ادبیات تحقیق ارائه می‌شود. در بخش سوم مدل‌های DEA با مرزهای دوگانه برای اندازه‌گیری کارایی خوش‌بینانه و بدینانه در حضور داده‌های نادقيق و خروجی‌های نامطلوب معرفی می‌شود، سپس در بخش چهارم کارایی کلی بازه‌ای DMU<sup>۶</sup> را محاسبه و رتبه‌بندی می‌کنیم. در بخش پنجم یک مثال عددی برای نشان دادن سادگی و اثربخشی استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها با مرز کارا و ناکارا برای انتخاب تامین کنندگان ارائه می‌کنیم.

<sup>1</sup> Azadi et al.

<sup>2</sup> Charnes et al.

<sup>3</sup> Azizi

<sup>4</sup> Wang and Chin

<sup>5</sup> Saen



## ۱-۲- ارزیابی و انتخاب تامین کننده

۲۰

امروزه اهمیت تصمیم‌گیری درباره تأمین کنندگان مناسب، بسیار مهم و سخت است؛ به طوری که هرچه وابستگی سازمان‌ها به تامین کنندگان بیشتر شود نتایج مستقیم و غیرمستقیم تصمیم‌گیری نادرست و غلط نیز زیان بارتر می‌شود. همچنین کسب رضایت مشتری، تامین نیازها و اولویت‌های مشتری مستلزم انتخاب و ارزیابی سریع و مناسب تامین کنندگان است (صالحی و صیاح، ۲۰۱۷).

برخی رویکردهای برنامه‌ریزی ریاضی در گذشته برای انتخاب تأمین کننده استفاده شده است. نیدیک و هیل<sup>۱</sup> (۱۹۹۲)، بارباروس اوغلوو<sup>۲</sup> و یازگاج<sup>۳</sup> (۱۹۹۷) و نارسیمهان (۱۹۸۳) از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی برای پشتیبانی از تصمیمات انتخاب تامین کننده استفاده کردند. قهرمان و همکاران<sup>۴</sup> (۲۰۰۳) AHP فازی را برای انتخاب بهترین تامین کننده که بیشترین رضایت را برای معیارهای تعیین شده ایجاد می‌کند، پیشنهاد کردند. اوزغن و همکاران<sup>۵</sup> (۲۰۰۸) تلفیقی از AHP و برنامه‌ریزی خطی امکان‌گرای چند آرمانی را برای ارزیابی و انتخاب تامین کننده پیشنهاد کردند. غضفری و ریاضی<sup>۶</sup> (۲۰۰۳) رویه‌ای را ارائه کردند که بتوان تامین کنندگان مطمئنی را برای هر تجارت انتخاب نمود. در این رویه ارتباط انتخاب تامین کنندگان با توجه استراتژی‌های کلان شرکت مدنظر قرار گرفته و در یک فرایند گام به گام تامین کنندگان مختلف مورد ارزیابی واقع شده که درنهایت با توجه به معیارهای جبرانی و غیر جبرانی، تامین کنندگان توسعه یافته، قابل توسعه و نامناسب برای توسعه شناسایی می‌شوند. خلیل‌زاده و کاتبی<sup>۷</sup> (۲۰۱۵) با رویکرد ترکیبی QFD و ANP به ارزیابی و انتخاب تامین کنندگان زنجیره تامین پرداختند. عباس‌زاده و همکاران<sup>۸</sup> (۲۰۱۷) از TOPSIS و DEMATEL برای ارزیابی و انتخاب تامین کننده استفاده کردند. فلاح‌پور و همکاران<sup>۹</sup> (۲۰۱۷) یک مدل-PPP FTOPSIS یکپارچه برای انتخاب تامین کنندگان پایدار توسعه دادند. قادریکلایی و همکاران<sup>۱۰</sup> (۲۰۱۷) به بررسی عوامل مؤثر در انتخاب تأمین کنندگان پایدار پرداختند.

یکی از روش‌های مشهور برای ارزیابی و انتخاب زنجیره‌های تامین، تحلیل پوششی داده‌ها است (عزیزی و همکاران، ۲۰۱۵). طلوع و نالچیگر<sup>۱۱</sup> (۲۰۱۱) یک روش جدید DEA برای انتخاب تامین کننده در حضور داده‌های اصلی و ترتیبی ارائه کردند. جعفرنژاد و همکاران<sup>۱۲</sup> (۲۰۰۸) به ارزیابی و انتخاب تامین کنندگان در زنجیره تامین در حالت

<sup>۱</sup> Salehi & Sayyah<sup>۲</sup> Nydick and Hill<sup>۳</sup> Barbarosoglu<sup>۴</sup> Yazgac<sup>۵</sup> Ghahraman et al.<sup>۶</sup> Özgen<sup>۷</sup> Ghazanfari and Riazi<sup>۸</sup> Khalilzade and katebi<sup>۹</sup> Abbas-zade et al.<sup>۱۰</sup> Fallahpour et al.<sup>۱۱</sup> Ghadikolaei et al.<sup>۱۲</sup> Toloo and Nalchigar<sup>۱۳</sup> Jafarnezhad et al.

منبع یابی منفرد با رویکرد فازی پرداختند. شاهروdi و حسنی<sup>۱</sup> (۲۰۱۱) مدلی ریاضی به منظور انتخاب تامین کنندگان با استفاده از رویکرد تلفیقی تحلیل پوششی داده‌ها و هزینه کل مالکیت ارائه کردند. صالحی و صیاح (۲۰۱۷) ارزیابی و انتخاب تامین کنندگان را در شرایط عدم قطعیت با رویکرد تحلیل پوششی داده‌های خاکستری مورد بررسی قرار دادند. فاضلی و همکاران<sup>۲</sup> (۲۰۱۵) به بررسی عملکرد تامین کنندگان کالا و پیمانکاران زنجیره تامین شرکت گاز با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها پرداختند. جوادنیا و غلام ابری (۲۰۱۳) ارزیابی تامین کنندگان اقلام تولیدی گروه خودروسازی سایپا را با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها مورد بررسی قرار دادند. قائمی نسب و همکاران<sup>۳</sup> (۲۰۱۳) روشی برای انتخاب تامین کننده بر مبنای DEA-TOPSIS ارائه کردند. رشیدی و همکاران<sup>۴</sup> (۲۰۱۹) با مقایسه DEA فازی و TOPSIS فازی انتخاب تامین کنندگان را مورد بررسی قرار دادند. جوئر و پانت<sup>۵</sup> (۲۰۱۷) انتخاب تامین کنندگان پایدار را با ادغام MODE با DE و DEA مورد بررسی قرار دادند.

## ۲-۲- تحلیل پوششی داده‌ها

بیست سال بعد از اولین تحقیق فارل<sup>۶</sup> در سال ۱۹۵۷، در زمینه روش‌های ارزیابی کارایی، چارنژ و همکاران در سال ۱۹۷۸ به یافتن روشی برای ارزیابی کارایی واحدها با چندین ورودی و خروجی پرداختند و موفق شدند رویکرد قوی که تحت عنوان تحلیل پوششی داده‌ها نامیده شد، ارائه دهند. تحلیل پوششی داده‌ها یک روش ناپارامتریک است که به بررسی و ارزیابی کارایی واحدهای مشابه می‌پردازد. این واحدهای مشابه تحت عنوان واحدهای تصمیم‌گیرنده (DMU) یاد می‌شوند و ورودی‌های چندگانه را به خروجی‌های چندگانه تبدیل می‌کند. در DEA، با استفاده از مجموعه‌ای از مشاهدات یکتابع تولید از روی داده‌های مشاهده شده ساخته می‌شود. این روش یکتابع مرزی به دست می‌دهد که تمام داده‌ها را شامل می‌شود، به همین دلیل آن را تحلیل پوششی داده می‌نامند از طرف دیگر، چون روش DEA مبتنی بر مجموعه‌ای از مسائل بهینه‌سازی است. در این مسائل هیچ‌گونه پارامتری جهت تخمین وجود ندارد، لذا این روش یک روش ناپارامتریک است (چارنژ و همکاران، ۱۹۷۸). در نتیجه می‌توان تحلیل پوششی داده‌ها را به طور گسترده‌ای برای مشکلات انتخاب تامین کننده به کار برد.

DEA یکی از ابزارهای تحقیق در عملیاتی برای ارزیابی کارایی نسبی DMU‌ها (تامین کنندگان) است. امروزه استفاده از DEA محدود به اندازه‌گیری عملکرد عملیات سازمان نیست. در واقع، DEA یک تکنیک گسترده‌ای است که نه تنها کارایی عملیاتی بلکه عملکرد محیطی و اجتماعی شرکت‌های مختلف را ارزیابی می‌کند. سوئیشی و گوتو<sup>۷</sup> (۲۰۱۰) از DEA برای ارزیابی اثربخشی اقدامات هوای پاک در کنترل انتشار CO<sub>2</sub> استفاده می‌کنند. اخیراً رشیدی و همکاران (۲۰۱۵) DEA را برای برآورد صرفه‌جویی در انرژی و کاهش خروجی نامطلوب ۲۵ کشور به کار برdenد. امیر تیموری و خوش‌اندام<sup>۸</sup> (۲۰۱۱) برای کارایی زنجیره تامین از رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها استفاده کردند. برای ارزیابی ارزش

<sup>1</sup> Shahrodi and hasani

<sup>2</sup> Fazeli et al.

<sup>3</sup> Ghaemi nasab et al.

<sup>4</sup> Rashidi et al.

<sup>5</sup> Jauhar and Pant

<sup>6</sup> farell

<sup>7</sup> Sueyoshi and Goto

<sup>8</sup> Amirteimoori and Khoshandam

نسبی مشتریان نوری زاده و همکاران<sup>۱</sup> (۲۰۱۳) مدل مؤثری را ارائه دادند. کومارتال و همکارانش<sup>۲</sup> (۲۰۱۴) یک رویکرد قوی در مشکلات انتخاب تأمین‌کنندگان ارائه کردند. آزادی و همکاران (۲۰۱۵) برای ارزیابی کارایی و اثربخشی تأمین‌کنندگان در مدیریت زنجیره تأمین پایدار، یک مدل جدید تحلیل پوششی داده‌های فازی ارائه کردند. یوسفی و همکاران<sup>۳</sup> (۲۰۱۶) مدل تحلیل پوششی داده‌های پویا قوی برای ارزیابی و رتبه‌بندی پایداری تأمین‌کنندگان ارائه کردند. یوسفی و همکاران (۲۰۱۴) یک DMU ایدئال برای رتبه‌بندی DMU‌های نامناسب و کارآمد را ایجاد کرد. یک مدل پویای SBM (DSBM) (۲۰۱۰) برای ارزیابی DMU‌ها در طول زمان ارائه شد. علاوه بر این، مدل DEA پویای شبکه توسط تن و سوسویی<sup>۴</sup> (۲۰۱۴) ارائه شده است.

## ۲-۲-۱- تحلیل پوششی داده‌ها با مرزهای دوگانه

برای آن که از DEA بهترین بهره گرفته شود و از محاسبات ذهنی و پیچیده اجتناب شود عزیزی (۲۰۱۱) روش DEA جدیدی که DEA با مرزهای نامیده می‌شود، برای انتخاب تأمین‌کننده معرفی شد. با مرزهای دوگانه دو کارایی را برای تصمیم‌گیری در نظر می‌گیرد: یکی نسبت به مرز کارایی اندازه‌گیری می‌شود و بهترین کارایی نسبی یا کارایی خوب‌بینانه نامیده می‌شود و دیگری نسبت به مرز ناکارایی که به آن مرز ورودی نیز می‌گویند سنجیده می‌شود و بدترین کارایی نسبی یا کارایی بدبینانه نامیده می‌شود. DEA سنتی فقط بهترین کارایی نسبی گروهی از واحدهای تصمیم‌گیری را ضمن اجتناب از کارایی‌های بدبینانه اندازه‌گیری می‌کند، بنابراین نمی‌تواند یک سنجش کلی از DMU‌ها ارائه دهد. با در نظر گرفتن هم‌زمان کارایی‌های خوب‌بینانه و بدبینانه، تأمین‌کنندگان را می‌توان بدون نیاز به محاسبات زیاد و یا اطلاع داشتن از ترجیحات ذهنی تصمیم‌گیرنده انتخاب کرد (عزیزی، ۲۰۱۱؛ عزیزی و آجیرلو، ۲۰۱۰). عزیزی و جاهد<sup>۵</sup> (۲۰۱۵) رویکرد جدیدی بر مبنای DEA با مرزهای دوگانه در محیط‌های تخفیف حجمی در حضور داده‌های اصلی و ترتیبی ارائه کردند. ایزدی-جاه و فرضی پور<sup>۶</sup> (۲۰۱۸) یک مدل DDMRحلهای در حضور داده‌های تصادفی و نامطلوب برای ارزیابی پایداری رجیره تأمین ارائه کردند. فتح<sup>۷</sup> و فرضی پور (۲۰۱۸) یک مدل تحلیل پوششی داده‌های دوجهته جدید برای ارزیابی پایداری زنجیره‌های تأمین توزیع شرکت‌های حمل و نقل ارائه کردند. یوسفی و همکاران (۲۰۱۷) خدا کرمی و همکاران<sup>۸</sup> (۲۰۱۵) مدل‌های تحلیل پوششی داده‌های DDMRحلهای را در ارزیابی پایداری مدیریت زنجیره تأمین توسعه دادند و برای سنجش شبکه‌های DDMRحلهای سه مدل پیشنهاد کردند. شعبانپور و همکاران<sup>۹</sup> (۲۰۱۷) از برنامه‌نویسی آلمانی و DEA با مرزهای دوگانه برای برنامه‌ریزی آینده برای سنجش و رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان پایدار استفاده کردند.

<sup>1</sup> Noorizadeh et al.

<sup>2</sup> Kumar et al.

<sup>3</sup> Yousefi et al.

<sup>4</sup> Tone and Tsutsui

<sup>5</sup> Ajirlu

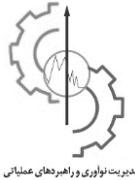
<sup>6</sup> Jahed

<sup>7</sup> Izadikhah and Farzipor

<sup>8</sup> Fath

<sup>9</sup> Khodakarami et al.

<sup>10</sup> Shabani et al.



در ارزیابی عینی عملکرد واحدهای تصمیم‌گیری، دو مشکل وجود دارد. مشکل اول نحوه کار با خروجی‌های نامطلوب است که در کنار خروجی‌های مطلوب تشکیل می‌شوند. مقالات سنتی فقط به خروجی‌های مطلوب ارزش می‌دهند و خروجی‌های نامطلوب را به سادگی مورد چشم‌پوشی قرار می‌دهند ولی چشم‌پوشی از خروجی‌های نامطلوب درست مانند این است که بگوییم که آن‌ها در ارزیابی نهایی هیچ ارزشی ندارند و ممکن است به نتایج گمراه‌کننده‌ای منتهی شود؛ بنابراین باید به واحدهای تصمیم‌گیری در مقابل تولید خروجی‌های مطلوب اعتبار داده شود و در مقابل تولید خروجی‌های نامطلوب مجازات شوند. مشکل دوم در مورد نحوه مواجهه با داده‌های نادقيق است؛ اما با توجه به مشکلات ساخت مدل و فراهمی داده‌ها، مقالات کمی منتشرشده‌اند که هر دو مسئله را با هم در نظر گرفت. عزیزی (۲۰۱۲) یک رویکرد جدید برای انتخاب تأمین‌کنندگان در حضور داده‌های نادقيق: DEA با مرزهای دوگانه ارائه کردند. برای کار با داده‌های نادقيق آن است که برخی از داده‌ها فقط تا به آن حد معلوم هستند که می‌دانیم ایجادشده‌اند. منظور ما از داده‌های نادقيق آن است که برخی از داده‌ها فقط تا به آن حد معلوم هستند که می‌دانیم مقدار حقیقی آن‌ها در داخل کران‌های تعیین‌شده قرار دارند و برخی دیگر از داده‌ها به صورت ترتیبی تعیین‌شده‌اند (رضویان و توحیدی<sup>۱</sup>، ۲۰۰۹).

نگرش کلی در ارزیابی عملکرد واحدها آن است که کاهش میزان ورودی و افزایش میزان خروجی موجب بهبود عملکرد و بهترین کارکرد می‌شود. مدل‌هایی از جمله BCC و CCR براین مبنای استوارند اما باید توجه داشت که در فعالیت‌های تولید واقعی بسیاری از ورودی و خروجی‌ها نامطلوب هستند. به عنوان مثال در فرایند تصفیه و کاهش آلودگی آب باید میزان بیشتری آب آلوده (ورودی بیتر) به فرایند تصفیه آب تحويل داده شود و میزان دفع آلینده‌ها و زباله خروجی نامطلوب است که برای بهبود عملکرد باید کاهش داده شود (لیو و همکاران، ۲۰۱۵). برای اولین بار فار و گراسکاپف<sup>۲</sup> (۲۰۰۰) مقایسه کارایی چندبعدی را وقتی که برخی از خروجی‌ها نامطلوب هستند ارائه کردند. جهانشاهلو و همکاران<sup>۳</sup> (۲۰۰۴) برنامه خطی چندهدفهای را برای مسائل با عوامل نامطلوب ارائه و حل نمودند. امیرتیموری و همکاران (۲۰۰۶) مدلی را با هدف بهبود عملکرد از طریق افزایش ورودی‌ها نامطلوب و کاهش خروجی‌های نامطلوب در ارزیابی عملکرد ۱۴ بانک تجاری ایران به کار برdenد. کردرستمی و همکاران<sup>۴</sup> (۲۰۰۵) مدل دومرحله‌ای را در دو حالت با خروجی نامطلوب میانی و نهایی بررسی کردند. رضویان و توحیدی (۲۰۰۹) روشی برای ارزیابی واحدهایی که دارای ساختار شبکه‌ای و داده‌های نادقيق هستند ارائه کردند. لیو و همکاران<sup>۵</sup> (۲۰۱۵) مدل دومرحله‌ای با ورودی-میانی و خروجی نامطلوب ارائه کردند. چچینی و همکاران<sup>۶</sup> (۲۰۱۸) به تجزیه و تحلیل کارایی محیطی و برآورد هزینه‌های کاهش CO<sub>2</sub> در مزارع گاو شیری در (ایتالیا) پرداختند و یک مدل SBM-DEA با خروجی نامطلوب ارائه کردند. شفیعی نیکآبادی و همکاران<sup>۷</sup> (۲۰۱۷) مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای با تلفیقی از خروجی‌های مطلوب و نامطلوب میانی و نهایی را ارائه کردند. یوسفی و همکاران (۲۰۱۷) استفاده از رویکرد DEA-FMEA قوی با

<sup>1</sup> Razavian and Tohidi<sup>2</sup> Fare and Grosskopf<sup>3</sup> Jahanshahlu et al.<sup>4</sup> Rostami et al.<sup>5</sup> Liu et al.<sup>6</sup> Cecchini et al.<sup>7</sup> Shafiei Nikabadi et al.

۳-۲- رتبه‌بندی بازه‌ای

ایزدی خواه و فرضی پور (۲۰۱۸) یک مدل دومرحله‌ای برای سنجش داده‌های تصادفی و نامطلوب برای ارزیابی پایداری زنجیره تأمین ارائه کردند. ایزدی خواه و همکاران (۲۰۱۸) مدل جدید DEA دومرحله‌ای با ورودی‌های اولیه آزادانه توزیع شده و خروجی‌های میانی مشترک ارائه کردند.

با توجه به عدم دقت و صحت داده‌ها در سیستم‌های دنیای واقعی، سیستم‌های برنامه‌ریزی خطی بازه‌ای (ILP) از اهمیت زیادی برخوردار می‌شوند؛ بنابراین بسیاری از محققان مدل‌ها و روش‌هایی را برای مقابله با این نوع مشکلات ارائه دادند. ژو و همکاران<sup>۱</sup> (۲۰۰۹)، یک برنامه‌ریزی خطی بازه‌ای اصلاح‌شده را ارائه کردند. با توجه به این روش، در مورد مزیت این مدل، فضای راه حل مربوطه کاملاً امکان‌پذیر است درحالی که با راه حل برنامه‌ریزی خطی بازه‌ای مقایسه می‌شود. مزیت این روش این است، درحالی که با ILP مقایسه می‌شود، میزان عدم قطعیت مربوطه بسیار پایین‌تر از مدل ILP با توجه به فضای راه حل امکان‌پذیر است. همان‌طور که در کار لودویک و جیمسون<sup>۲</sup> (۲۰۰۳) بیان شده، آن‌ها یک روشی را پیشنهاد دادند، در نتایج محاسبه شده کنترل خودکار آنالیز خط‌فاصله معرفی و استفاده می‌شود. این روش برای حل مشکلات LP با ضریب فاصله استفاده می‌شود. توجه داشته باشید که عدم اطمینان اعداد را بدون در نظر گرفتن هرگونه توزیع مورداستفاده قرار می‌دهد. بعضی از مثال‌های این روش به شرح زیر است: هوانگ و مور<sup>۳</sup> (۱۹۹۳)، چینک و رامادان<sup>۴</sup> (۲۰۰۰) و سنگوتا و همکاران<sup>۵</sup> (۲۰۰۱).

بهطور خاص، برای حل یک مدل LP خاص با محدودیت‌های محدود، درحالی که حدّهای بالا و پایین در دست هستند، یک مدل پایه‌ای توسط بن اسرائیل و رابرتر<sup>۶</sup> (۱۹۷۰) ارائه شده است. این مدل توسط رامل فانگر و همکاران<sup>۷</sup> (۱۹۸۹) اصلاح شد و نیوگیچی و سکاوا<sup>۸</sup> (۱۹۹۵) با یکتابع هدف فاصله‌ای درحالی که دارای حد بالا و پایین است. در چنین شرایطی یک مدل LP جدید و یک روش جدید BWS توسط هوانگ و مور (۱۹۹۳) ارائه شد. لادیک<sup>۹</sup> (۲۰۰۹) یک رویکرد جدیدی ارائه کرد که در آن محدوده دقیق برای تابع ارزش بهین، یا توجه به هر سیستم بازه‌ای خطی، محاسبه می‌شود. به عنوان مزیت روش ارائه شده می‌توان ذکر کرد که ضرایب ماتریس محدودیت به یکدیگر وابسته هستند. همان‌طور که لادیک (۲۰۰۹) بیان کرد، روابط بین مجموعه راه حل‌های اولیه و ثانویه می‌تواند مشخص شود.

1 Zhu et al.

2 Lodwick and Jamison

3 Huang and moore

4 Chinneck and Ramadan

5 Sengupta et al.

6 Ben-Israel and Robers

7 Pommelfanger et al.

8 Selawie

Sakawa



با توجه به نادرستی و عدم دقت ذاتی داده‌ها در مسائل دنیای واقعی لادیک (۲۰/۱۰) با توجه به داده‌های بازه‌ای، مشکلات برنامه‌ریزی خطی کسری تعمیم داد. در این روش عمومی، یک روش جدید برای محاسبه طیف وسیعی از مقادیر بهینه ارائه شده است. یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های این روش این است که درحالی که روش حل یک نقطه داخلی ایدئال است، محاسبات انجام‌شده در زمان چندجمله‌ای‌ها حساب شده است. با توجه به تحقیقات اخیر، مشکلات برنامه‌ریزی خطی چند هدفه (MOLP) بهطور خاص توجه شد. این موضوع با داده‌ای بازه‌ای مطرح شده در کار اولیوریا و انتونز<sup>۱</sup> (۲۰۰۹) متفاوت است. در یک مقاله ارائه شده توسط اولیوریا و انتونز (۲۰۰۷) شرط ذکر شده تنها بهمنظور ضرایب تابع هدف گرفته شده است. توجه داشته باشد که یک مسئله مهم در MOLP کارایی لازم است، برای تحقق تمام داده‌های بازه‌ای، نشان می‌دهد که یک نقطه شدنی امکان‌پذیر است همان‌طور که در کار ایدا<sup>۲</sup> (۱۹۹۹) و لادیک (۲۰۱۰) بیان شد. در سال ۲۰۱۱ لادیک برای بررسی کارایی لازم درحالی که برنامه‌ریزی خطی چند هدفه بازه‌ای مطرح شد، برخی نتایج پیچیدی ارائه شد. وو (۲۰۱۱) یک مقاله ارائه داد که نظریه دوگانه ضعیف و قوی را در حضور داده‌های بازه‌ای مورد بحث قرار داد. این مسئله توسط سوستر<sup>۳</sup> (۱۹۷۴) و تونته (۱۹۸۰) ارائه شده است.

رویکرد ارائه شده توسط وو (۲۰۱۱) بر اساس مفهوم محصول داخلی بازه‌های بسته است. این رویکرد به نحوی با مشکلات MOP مرتبط است. در یک مقاله سنگوپتا و پال (۲۰۰۰) دو عدد بازه‌ای را در خط اعداد حقیقی در نظر گرفتند و یک نظرسنجی از کارهای موجود برای مقایسه و رتبه‌بندی چنین بازه‌هایی ارائه کردند. سپس، دو روش برای رتبه‌بندی پیشنهاد کردند. یکی یک شاخص قضاوت ارزش را شرح می‌دهد و دیگری ترتیب ترجیحات دقیق و فازی را در رابطه با دیدگاه تصمیم‌گیرنده بدینانه تعریف می‌کند. سرانجام حسین زاده و همکاران (۲۰۱۸) مقاله‌ای با عنوان حل مشکلات برنامه‌ریزی خطی کاملاً بازه‌ای ارائه کردند. در این مقاله یک روش جدید تعریف شده است که راه حل‌های جبری را برای مسائل برنامه‌ریزی خطی کاملاً بازه‌ای با استفاده از یک مسئله برنامه‌نویسی غیرخطی به دست می‌دهد.

### ۳- کارایی خوش‌بینانه و بدبنانه و رتبه‌بندی بازه‌ای

در این بخش به رتبه‌بندی بازه‌ای DMU‌ها با توجه به تحلیل پوششی داده‌ها با مرزهای دوگانه در حضور خروجی‌های نامطلوب و داده‌های نادقيق می‌پردازیم.

#### ۱-۳- مدل‌های تحلیل پوششی داده‌های بازه‌ای برای اندازه‌گیری کارایی خوش‌بینانه

فرض کنید  $n$  واحد تصمیم‌گیری باید ارزیابی شوند. هر واحد تصمیم‌گیری  $m$  ورودی را برای تولید  $s$  خروجی مصرف می‌کند. بهطور خاص  $DMU_i = \{x_{ij}\}_{j=1}^m$  از ورودی ( $i=1, \dots, m$ ) را مصرف می‌کند و مقادیر  $\{y_{rj}\}_{j=1}^s$  از خروجی ( $r=1, \dots, s$ ) را تولید می‌کند. بدون از دست رفتن کلیت موضوع فرض می‌شود که همه داده‌ها به علت وجود عدم اطمینان بهطور دقیق قابل تعیین نیستند. فقط می‌دانیم که در درون کران‌های بالا و پایین تعیین شده به صورت

$$\left[ X_{ij}^L, X_{ij}^U \right]$$

<sup>1</sup> Oliveira and Antunes

<sup>2</sup> Ida

<sup>3</sup> Soyster

برای کارکردن با چنین موقعیت نامطمئنی، وانگ و همکاران (۲۰۱۵) مدل‌های برنامه‌ریزی خطی (۱) و (۲) را برای به دست آوردن کران‌های بالا و پایین بازه کارایی هر واحد تصمیم‌گیری ارائه کردند که کارایی‌های خوش‌بینانه واحدهای تصمیم‌گیری را اندازه‌گیری می‌کنند:

$$\begin{aligned}
 \max \theta_O^U &= \sum_{r=1}^s u_r y_{ro}^U \\
 \text{s.t.} \quad & \sum_{r=1}^s u_r y_{rj}^U - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij}^L \leq o, \quad j = 1, \dots, n \\
 & \sum_{i=1}^m v_i x_{io}^L = 1 \\
 & v_i, u_r \geq \varepsilon, \quad r = 1, \dots, s \quad i = 1, \dots, m
 \end{aligned} \tag{1}$$

$$\begin{aligned}
 \max \theta_O^L &= \sum_{r=1}^s u_r y_{ro}^L \\
 \text{s.t.} \quad & \sum_{r=1}^s u_r y_{rj}^U - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij}^L \leq o, \quad j = 1, \dots, n \\
 & \sum_{i=1}^m v_i x_{io}^U = 1 \\
 & v_i, u_r \geq \varepsilon, \quad r = 1, \dots, s \quad i = 1, \dots, m
 \end{aligned} \tag{2}$$

$\theta_O^U$  و  $\theta_O^L$  به ترتیب کارایی خوش‌بینانه تحت مطلوب‌ترین موقعیت و نامطلوب‌ترین موقعیت برای واحد تحت بررسی می‌باشند. آن‌ها بازه کارایی خوش‌بینانه را  $[\theta_O^L, \theta_O^U]$  تشکیل می‌دهند. اگر مجموعه‌ای از وزن‌های مثبت وجود داشته باشد که باعث شود  $1 = \theta_O^U$  آنگاه واحد تحت بررسی کارایی تحلیل پوششی داده‌ها یا کارایی خوش‌بینانه نامیده می‌شود؛ در غیر این صورت به آن غیر کارایی تحلیل پوششی داده‌ها یا غیر کارایی خوش‌بینانه می‌گویند.

رویکرد مشابهی وجود دارد که از مفهوم مرز ناکارایی برای تعیین بدترین نمره کارایی که می‌توان به هر واحد نسبت داد، استفاده می‌کند. برای اولین بار وانگ و چین مدل تحلیل پوششی داده‌ها با مرزهای دوگانه را توسعه دادند. در این مدل دو نوع نمره کارایی محاسبه می‌شود. بنابراین چون مدل‌های کلاسیک کارایی بدینانه را محاسبه نمی‌کنند توانایی ارزیابی کلی واحدها را ندارند.

چارچوب با ماهیت ورودی که مبنی بر مجموعه نیازمندی ورودی و مرز ناکارایی آن است، درصد آن است که ضمن حفظ خروجی، حداقل در حد فعلی، مقادیر ورودی را تا حد امکان افزایش دهد و بر این واقعیت تأکید می‌کند که سطح خروجی بدون تغییر می‌ماند و مقادیر ورودی به صورت متناسب افزایش داده می‌شوند تا مرز تولید ناکارا حاصل شود. برآورد کننده تحلیل پوششی داده‌ها برای مجموعه امکان تولید ناکارا در اصطلاح کارایی بدینانه و یا بدترین کارایی نسبی نامیده می‌شود. برای یک واحد تصمیم‌گیری خاص کارایی بدینانه را می‌توان از مدل‌های تحلیل پوششی داده‌های (۳) و (۴) محاسبه کرد (وانگ و همکاران، ۲۰۱۵).



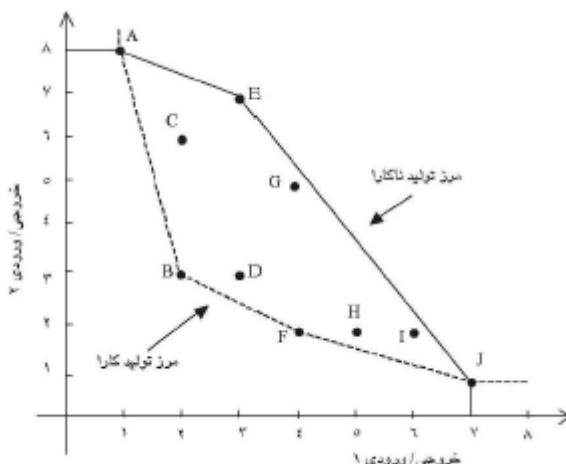
$$\begin{aligned} \min \varphi_O^L &= \sum_{r=1}^s u_r y_{ro}^L \\ \text{s.t.} \quad & \sum_{r=1}^s u_r y_{rj}^L - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij}^L \leq o, \quad j = 1, \dots, n \\ & \sum_{i=1}^m v_i x_{io}^L = 1 \\ & v_i, u_r \geq \varepsilon, \quad r = 1, \dots, s \quad i = 1, \dots, m \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \min \varphi_O^U &= \sum_{r=1}^s u_r y_{ro}^U \\ \text{s.t.} \quad & \sum_{r=1}^s u_r y_{rj}^U - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij}^U \leq o, \quad j = 1, \dots, n \\ & \sum_{i=1}^m v_i x_{io}^U = 1 \\ & v_i, u_r \geq \varepsilon, \quad r = 1, \dots, s \quad i = 1, \dots, m \end{aligned} \quad (4)$$

دستگاههای تولید کارا و ناکارا با دو ورودی و یک خروجی

در مدل های (۳) و (۴)  $\varphi_O^L$  کارایی بدینانه تحت نامطلوب ترین موقعیت و  $\varphi_O^U$  کارایی بدینانه تحت مطلوب ترین موقعیت برای واحد تحت بررسی می باشند. آنها برای واحد تحت بررسی بازه کارایی بدینانه  $[\varphi_O^L, \varphi_O^U]$  را ارائه کردند. زمانی که مجموعه ای از وزن های مثبت جود داشته باشد تا  $\varphi_O^{L*}$  را تامین کند، می گوییم که واحد تحت بررسی ناکارای تحلیل پوششی داده ها یا ناکارای بدینانه است. در غیر این صورت می گوییم که غیرناکارای تحلیل پوششی داده ها یا غیرناکارای بدینانه است.

در رویکرد تحلیل پوششی داده های متعارف به طور اکید بین واحد های تصمیم گیری غیرکارا و ناکارا افتراق نمی دهد و آنها را به یک معنا به کار می برد؛ اما در مدل های (۱)-(۴) واحد های غیرکارا، ناکارا و غیر ناکارا هر کدام به طور موکد افتراق داده می شوند، زیرا هر یک معنای خاصی دارند. مرز کارا و ناکارا برای دو ورودی و یک خروجی در شکل ۱ نشان داده شده است (عزیزی، ۲۰۱۲).



شکل ۱- مرزهای کارا و ناکارا برای دو ورودی و یک خروجی.

Figure 1- Efficient and inefficient boundaries for two inputs and one output.

برای در نظر گرفتن عوامل نامطلوب، کورهنن و لوپتچیک یک مدل تحلیل پوششی داده‌های مرز بهترین عملکرد معرفی کردند کورهنن و لوپتچیک<sup>۱</sup>، (۲۰۰۴) مدل آن‌ها بر اساس این فکر است که همه خروجی‌ها به صورت یک مجموع وزنی ارائه می‌شوند، ولی برای خروجی‌های نامطلوب از وزن‌های منفی استفاده می‌شود:

$$\begin{aligned} \max \theta_O &= \sum_{r=1}^k u_r y_{ro} - \sum_{t=k+1}^s u_t y_{to} \\ \text{s.t. } & \sum_{r=1}^k u_r y_{rj} - \sum_{t=k+1}^s u_t y_{tj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq o, \quad j = 1, \dots, n \\ & \sum_{i=1}^m v_i x_{io}^U = 1 \\ & v_i, u_r \geq \varepsilon, \quad r = 1, \dots, s \quad i = 1, \dots, m \end{aligned} \quad (5)$$

که در اینجا  $u_r$  و  $u_t$  به ترتیب وزن‌های داده‌شده به خروجی‌های مطلوب و خروجی‌های نامطلوب هستند. درنهایت با استفاده از مدل (۵)، مدل تحلیل پوششی داده‌های بازه‌ای خوب‌بینانه و بدینانه که در آن هم داده‌های بازه‌ای و هم خروجی‌های نامطلوب وجود دارند توسط عزیزی و همکاران ارائه شد (عزیزی و همکاران، ۲۰۱۶).

$$\begin{aligned} \max \theta_O^U &= \sum_{r=1}^k u_r y_{ro}^U - \sum_{t=k+1}^s u_t y_{to}^L \\ \text{s.t. } & \sum_{r=1}^k u_r y_{rj}^U - \sum_{t=k+1}^s u_t y_{tj}^L - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij}^L \leq o, \quad j = 1, \dots, n \\ & \sum_{i=1}^m v_i x_{io}^L = 1 \\ & v_i, u_r \geq \varepsilon, \quad r = 1, \dots, s \quad i = 1, \dots, m \end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} \max \theta_O^L &= \sum_{r=1}^k u_r y_{ro}^L - \sum_{t=k+1}^s u_t y_{to}^U \\ \text{s.t. } & \sum_{r=1}^k u_r y_{rj}^U - \sum_{t=k+1}^s u_t y_{tj}^L - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij}^U \leq o, \quad j = 1, \dots, n \\ & \sum_{i=1}^m v_i x_{io}^U = 1 \\ & v_i, u_r \geq \varepsilon, \quad r = 1, \dots, s \quad i = 1, \dots, m \end{aligned} \quad (7)$$

<sup>1</sup> Korhonen and Luptacik



$$\begin{aligned} \min \varphi_o^L &= \sum_{r=1}^k u_r y_{ro}^L - \sum_{t=k+1}^s u_t y_{to}^U \\ \text{s.t.} \quad & \sum_{r=1}^k u_r y_{rj}^U - \sum_{t=k+1}^s u_t y_{tj}^L - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij}^L \leq o, \quad j = 1, \dots, n \\ & \sum_{i=1}^m v_i x_{io}^U = 1 \\ & v_i \cdot u_r \geq \varepsilon, \quad r = 1, \dots, s \quad i = 1, \dots, m \end{aligned} \quad (8)$$

$$\begin{aligned} \min \varphi_o^U &= \sum_{r=1}^k u_r y_{ro}^U - \sum_{t=k+1}^s u_t y_{to}^L \\ \text{s.t.} \quad & \sum_{r=1}^k u_r y_{rj}^L - \sum_{t=k+1}^s u_t y_{tj}^U - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij}^U \leq o, \quad j = 1, \dots, n \\ & \sum_{i=1}^m v_i x_{io}^L = 1 \\ & v_i \cdot u_r \geq \varepsilon, \quad r = 1, \dots, s \quad i = 1, \dots, m \end{aligned} \quad (9)$$

### ۴-۳- تبدیل اطلاعات ترجیح ترتیبی به داده‌های بازه‌ای

مدل‌های تحلیل پوششی داده‌های ارائه شده توسط عزیزی و همکاران (۲۰۱۶) دارای خاصیت عدم‌تغییر نسبت به واحد است به همین دلیل استفاده از تبدیل مقیاس برای اطلاعات ترجیح ترتیبی تأثیری بر کارایی واحدهای تصمیم‌گیری ندارند؛ بنابراین می‌توان یک تبدیل مقیاس را روی هر شاخص ورودی و خروجی انجام داد، به‌طوری‌که بهترین داده‌های ترتیبی کمتر یا مساوی با واحد باشد و بعد یک برآورد بازه‌ای برای هر داده ترتیبی ارائه داد (وانگ و همکاران، ۲۰۰۵).

معمولًاً ممکن است سه نوع اطلاعات ترجیح ترتیبی وجود داشته باشد:

- اطلاعات ترجیح ترتیبی قوی، از قبیل  $\mathbf{X}_{ij} > \mathbf{X}_{ik}, \mathbf{y}_{rj} > \mathbf{y}_{rk}$  که می‌توان آنها را به صورت بیان کرد که در اینجا  $\eta_i > \chi_r$  پارامترهایی در مورد شدت ترجیح هستند که از سوی تصمیم‌گیرنده ارائه می‌شوند. برای تبدیل اطلاعات ترجیح ترتیبی قوی  $\mathbf{y}_{ri} \geq \mathbf{y}_{rv} \geq \dots \geq \mathbf{y}_{rm}$  روابط ترتیبی زیر را پس از تبدیل مقیاس داریم:

$$1 \geq \hat{y}_{r1} \quad \hat{y}_{rj} \geq \chi_r \hat{y}_{r,j+1} \quad j = 1, \dots, n-1 \quad \hat{y}_m \geq \sigma_r \quad (10)$$

$$\hat{y}_{rj} \in [\sigma_r, \chi_r^{n-j}, \chi_r^{1-j}] \quad j = 1, \dots, n \quad \sigma_r \leq \chi_r^{1-n} \quad (11)$$

- اطلاعات ترجیح ترتیبی ضعیف، از قبیل  $\mathbf{X}_{ip} > \mathbf{X}_{iq}, \mathbf{y}_{rp} > \mathbf{y}_{rq}$

برای تبدیل اطلاعات ترجیح ترتیبی ضعیف  $\mathbf{y}_{ri} \geq \mathbf{y}_{rv} \geq \dots \geq \mathbf{y}_{rm}$  روابط ترتیبی زیر را پس از تبدیل مقیاس داریم:

$$1 \geq \hat{y}_{r1} \geq \hat{y}_{r2} \geq \dots \geq \hat{y}_m \geq \sigma_r \quad (12)$$

$$\hat{y}_{rj} \in [\sigma, 1] \quad j = 1, \dots, n \quad (13)$$

برای رابطه بی تفاوتی، بازه‌های مجاز همان‌هایی هستند که برای اطلاعات ترجیح ترتیبی ضعیف به دست آمدند. از طریق تبدیل مقیاس بالا و برآورد بازه‌های مجاز همه اطلاعات ترجیح ترتیبی به داده‌های بازه‌ای تبدیل می‌شود که بهاین ترتیب می‌توان آن را در مدل‌های (۶)–(۹) الحق کرد.

#### ۴- کارایی کلی و رتبه‌بندی بازه‌ای تحلیل پوششی داده‌ها با مرزهای دوگانه

برای اندازه‌گیری عملکرد کلی DMU‌ها و رتبه‌بندی، مدل پیشنهادشده توسط حسین‌زاده و همکاران (۲۰۱۸) مورد استفاده قرار می‌گیرد. دو کارایی به دست آمده در مراحل قبل (خوش‌بینانه و بدینانه) به عنوان یک عدد بازه‌ای که دارای حد بالا و پایین است، در نظر گرفته می‌شوند  $[\underline{x}, \bar{x}] = [x]$  و سپس شاخص عملکرد رتبه‌بندی  $R \rightarrow I: Ind()$  اعداد بازه‌ای  $[x]$  را در زیر بیان می‌شود. این رویکرد به وزن‌های عملکننده با مقادیر مختلف اجزاء می‌دهد از نظر تصمیم‌گیرنده تعیین شوند.

$$Ind([x]) = \sum_{i=0}^n w_i x_i,$$

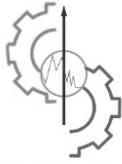
$$\begin{cases} x_i = i \left( \frac{\bar{x} - x}{n} \right) + \underline{x} & i = 0, 1, \dots, n, \\ \sum_{i=0}^n w_i = 1 \quad 0 < w_1 < w_2 < \dots < w_n \leq 1, \end{cases} \quad (14)$$

#### ۵- مثال عددی

مجموعه داده‌ها برای این مثال از فرضی پور صائن گرفته شده است و حاوی مشخصات ۱۸ تأمین‌کننده است که در جدول ۱ نشان داده شده است (فرضی پور صائن، ۲۰۱۰). ورودی‌های کاردينال در نظر گرفته شده، هزینه کل ارسال‌ها است. خروجی مطلوب تعداد صورت‌حساب‌های دریافت شده از تأمین‌کننده بدون خطأ است که به صورت خروجی کران‌دار در نظر گرفته خواهد شد. خروجی نامطلوب تعداد قطعات در میلیون برای قطعات معیوب است. شهرت تأمین‌کننده یک عامل نامشهود است که معمولاً به صراحت در مدل ارزیابی برای تأمین‌کننده منظور نمی‌شود. این متغیر کیفی روی یک مقیاس ترتیبی اندازه‌گیری می‌شود.

برای مثال به تأمین‌کننده شماره ۱۸ بالاترین شهرت داده می‌شود و به تأمین‌کننده شماره ۱۷ پایین‌ترین شهرت. مقدار بینهایت کوچک غیر ارشمیدسی برای این مثال  $= 10^{-4}$  منظور شده است. پارامتر شدت ترجیح و پارامتر نسبت درباره اطلاعات ترجیح ترتیبی قوی به ترتیب به صورت  $\eta_1 = 0.5$  و  $\eta_2 = 0.5$  داده شده‌اند. برای نشان دادن تکنیک تبدیل اطلاعات ترجیح ترتیبی به داده‌های بازه‌ای، تأمین‌کننده شماره ۶ مورد بررسی قرار می‌گیرد:

$$\hat{x}_{26} \in [\sigma_2 \eta_2^{n-j}, \eta_2^{n-j}] = [0.5(1/0.5)^{18-17}, 1/0.5] = [0.525, 0.4581]$$



برآوردهای بازاری برای شهرت هر تأمین‌کننده در ستون دوم **جدول ۲** آورده شده است. بنابراین همه داده‌های ورودی و خروجی به اعدادی تبدیل شده‌اند و می‌توان کارایی آن‌ها را با مدل‌های (۶)–(۹) محاسبه کرد.

با اجرای مدل‌های تحلیل پوششی داده‌های بازه‌ای (۶) و (۷) نمرات کارایی خوش‌بینانه تأمین‌کنندگان را به دست می‌آوریم که در ستون سوم **جدول ۲** نشان داده شده است. با توجه به **جدول ۲** می‌توان دریافت که تأمین‌کننده ۱۴، ۱ و ۱۷ کارای خوش‌بینانه می‌باشند. اگر آن‌ها قادر باشند از ورودی‌های کمتر برای تولید خروجی‌های بیشتر استفاده کنند، آن‌ها کارای DEA یا کارای خوش‌بینانه هستند در غیر این صورت کارای خوش‌بینانه نیستند. این تأمین‌کنندگان امکان کارای خوش‌بینانه بودن را دارند اما به دلیل تفاوت در کارایی‌های کران پایین، عملکرد آن‌ها در حقیقت متفاوت است. بقیه تأمین‌کنندگان با نمرات کارایی کمتر از ۱ غیرکارای خوش‌بینانه دانسته می‌شوند. همچنین با اعمال مدل‌های تحلیل پوششی داده‌های بازه‌ای (۸) و (۹) نمرات کارایی بدینانه تأمین‌کنندگان را به دست می‌آوریم که در ستون آخر **جدول ۲** نشان داده شده‌اند. از دیدگاه کارایی بدینانه، تأمین‌کنندگان ۵، ۱۰ و ۱۵ ناکارای بدینانه می‌باشند. اگر آن‌ها از ورودی بیشتر برای تولید خروجی کمتر استفاده کنند ناکارای بدینانه خواهند بود؛ در غیر این صورت غیر ناکارای بدینانه خواهند بود.

## جدول ۱ - ورودی‌ها و خروجی‌ها.

Table 1- Inputs and outputs.

شماره تامین‌کننده	هزینه کل ارسال (1000\$)	شهرت تامین‌کننده	خروجی مطلوب	ورودی ها
۱	[۵۰,۶۵]	۵	۲۵۳	۱
۵/۳	[۶۰,۷۰]	۱۰	۲۶۸	۲
۴/۶	[۴۰,۵۰]	۳	۲۵۹	۳
۳۰	[۱۰۰,۱۶۰]	۶	۱۸۰	۴
۳۰	[۴۵,۵۵]	۴	۲۵۷	۵
۳۰	[۸۵,۱۱۵]	۲	۲۴۸	۶
۳۰	[۷۰,۹۵]	۸	۲۷۲	۷
۱۳/۸	[۱۰۰,۱۸۰]	۱۱	۳۳۰	۸
۴	[۹۰,۱۲۰]	۹	۳۲۷	۹
۳۰	[۵۰,۸۰]	۷	۳۳۰	۱۰
۲۶/۴	[۲۵۰,۳۰۰]	۱۶	۳۲۱	۱۱
۲۵/۸	[۱۰۰,۱۵۰]	۱۴	۳۲۹	۱۲
۲۵/۸	[۸۰,۱۲۰]	۱۵	۲۸۱	۱۳
۲۱/۹	[۲۰۰,۳۵۰]	۱۳	۳۰۹	۱۴
۹	[۴۰,۵۵]	۱۲	۲۹۱	۱۵
۷	[۷۵,۸۵]	۱۷	۳۳۴	۱۶
۶/۳	[۹۰,۱۸۰]	۱	۲۴۹	۱۷
۲۸/۸	[۹۰,۱۵۰]	۱۸	۲۱۶	۱۸

**جدول ۲- برآورد بازه‌ای شهرت تأمین‌کنندگان و کارایی خوش‌بینانه و بدینانه.**

Table 2- Estimation of supplier reputation interval and optimistic and pessimistic performance.

شماره تأمین‌کننده	باشه کارایی خوش‌بینانه	باشه کارایی بدینانه	باشه تأمین‌کننده	
[۱/۴۳۸۸, ۱/۸۷۰۵]	[۰/۶۵۲۵, ۱/۰۰۰]	[۰/۰۶۰۸, ۰/۵۳۳۰]	۱	
[۱/۶۲۹۶, ۱/۹۰۱۳]	[۰/۱۹۷۵, ۰/۲۲۱۳]	[۰/۰۷۷۶, ۰/۶۷۶۸]	۲	
[۱/۱۲۴۰, ۱/۴۰۵۲]	[۰/۱۳۶۱, ۰/۲۲۱۱]	[۰/۰۵۵۱, ۰/۴۸۱۰]	۳	
[۳/۱۳۷۶, ۶/۴۶۷۵]	[۰/۴۸۸۱, ۰/۷۸۲۸]	[۰/۰۶۳۸, ۰/۵۵۶۸]	۴	
[۱/۰۰۰, ۱/۴۳۳۵]	[۰/۱۵۱۹, ۰/۲۲۹۷]	[۰/۰۵۷۹, ۰/۵۰۵۱]	۵	
[۲/۴۱۴۵, ۳/۳۴۳۷]	[۰/۳۰۰۱, ۰/۵۵۵۹]	[۰/۰۵۲۵, ۰/۴۵۸۱]	۶	
[۱/۷۲۱۳, ۲/۴۸۴۰]	[۰/۲۲۴۶, ۰/۳۴۲۸]	[۰/۰۷۰۴, ۰/۶۱۳۹]	۷	
[۲/۲۰۵۴, ۳/۹۷۱۲]	[۰/۲۶۶۸, ۰/۵۶۴۳]	[۰/۰۸۱۴, ۰/۷۱۰۷]	۸	
[۲/۰۰۴۰, ۲/۶۷۲۲]	[۰/۳۳۳۵, ۰/۵۸۵۹]	[۰/۰۷۳۹, ۰/۶۴۴۶]	۹	
[۱/۰۰۰, ۱/۶۹۸۳]	[۰/۱۳۱۱, ۰/۳۰۰۸]	[۰/۰۶۷۰, ۰/۵۸۴۷]	۱۰	
[۵/۱۶۱۸, ۶/۸۰۳۷]	[۰/۶۸۶۵, ۰/۸۲۴۳]	[۰/۱۰۳۹, ۰/۹۰۷۰]	۱۱	
[۲/۱۹۳۱, ۳/۳۱۷۹]	[۰/۲۶۶۴, ۰/۴۰۶۳]	[۰/۰۹۴۳, ۰/۸۲۲۷]	۱۲	
[۱/۵۸۷۰, ۳/۱۰۷۱]	[۰/۲۴۹۲, ۰/۳۷۵۲]	[۰/۰۹۹۰, ۰/۸۶۳۸]	۱۳	
[۴/۷۱۱۱, ۸/۲۴۶۶]	[۰/۵۷۰۵, ۱/۰۰۰]	[۰/۰۸۹۸, ۰/۷۸۳۵]	۱۴	
[۱/۰۰۰, ۱/۳۷۵۴]	[۰/۱۲۰۷, ۰/۱۶۶۳]	[۰/۰۸۵۵, ۰/۷۴۶۲]	۱۵	
[۱/۴۷۵۵, ۱/۸۵۲۸]	[۰/۱۹۸۰, ۰/۲۲۴۵]	[۰/۱۰۹۱, ۰/۹۵۲۴]	۱۶	
[۲/۶۳۱۰, ۵/۲۶۲۸]	[۰/۳۱۹۰, ۱/۰۰۰]	[۰/۰۵۰۰, ۰/۴۳۶۲]	۱۷	
[۱/۵۶۴۴, ۵/۰۵۲۸]	[۰/۳۶۵۵, ۰/۶۱۱۲]	[۰/۱۱۴۶, ۱/۰۰۰]	۱۸	

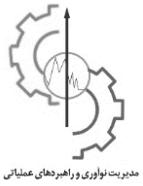
با توجه به دو دیدگاه خوش‌بینانه و بدینانه براین موضوع تأکید می‌شود که ارزیابی که فقط یکی از این دو دیدگاه را در نظر بگیرد غیرواقع گرایانه است (عزیزی، ۲۰۱۲). یک مجموعه نمره دهی عملکرد باید شامل هر دو بازه کارایی خوش‌بینانه و بدینانه باشد. به این منظور برای محاسبه عملکرد کلی از مدل رتبه‌بندی بازه‌ای ارائه شده (حسین‌زاده و همکاران، ۲۰۱۸) به کاربرده می‌شود که نتایج آن در جدول‌های ۳ و ۴ ارائه شده است. در این روش از نمرات بازه کارایی خوش‌بینانه و بدینانه نمره کارایی کلی هر تأمین‌کننده محاسبه می‌شود که در که در ستون چهارم جدول ۴ نشان داده شده است. طبق این نتایج تأمین‌کننده ۱۴ دارای بیشترین مقدار می‌باشد و در رتبه اول قرار می‌گیرد. رتبه سایر تأمین‌کنندگان نیز طبق نمره کارایی کلی در ستون پنجم جدول ۴ ارائه شده است.

**جدول ۳- بازه کارایی خوش‌بینانه و بدینانه.**

Table 3- Optimistic and pessimistic performance range.

شماره تأمین‌کننده	باشه کارایی خوش‌بینانه	باشه کارایی بدینانه	باشه کارایی خوش‌بینانه	Ind([.] بازه کارایی بدینانه)
۱	[۰/۶۵۲۵, ۱/۰۰۰]	[۰/۰۸۸۴۷]	[۰/۰۵۷۶	۰/۰۵۷۶
۲	[۰/۱۹۷۵, ۰/۲۲۱۳]	[۰/۲۲۰۱]	[۰/۰۵۴۳, ۰/۰۶۳۴]	۰/۰۶۰۴
۳	[۰/۱۳۶۱, ۰/۲۲۱۱]	[۰/۱۹۹۶]	[۰/۰۳۷۵, ۰/۰۴۶۹]	۰/۰۴۳۸
۴	[۰/۰۶۳۸, ۰/۵۵۶۸]	[۰/۴۸۸۱, ۰/۷۸۲۸]	[۰/۱۰۴۶, ۰/۲۱۵۶]	۰/۱۷۸۸
۵	[۰/۱۵۱۹, ۰/۲۲۹۷]	[۰/۱۵۱۹]	[۰/۰۳۳۳, ۰/۰۴۷۸]	۰/۰۴۳۰
۶	[۰/۰۵۵۱, ۰/۴۸۱۰]	[۰/۰۳۰۱, ۰/۰۵۵۵۹]	[۰/۰۸۰۵, ۰/۱۱۴۶]	۰/۱۰۳۳
۷	[۰/۰۲۲۴۶, ۰/۳۴۲۸]	[۰/۰۳۰۳]	[۰/۰۵۷۴, ۰/۰۸۲۸]	۰/۰۷۴۴
۸	[۰/۰۲۶۶۸, ۰/۵۶۴۳]	[۰/۰۴۶۵۶]	[۰/۰۷۳۵, ۰/۱۳۲۲]	۰/۱۱۲۸

جدول ۳- بازه کارایی خوشبینانه و بدبینانه.  
Table 3- Optimistic and pessimistic performance range.



مدیریت اخراجی و راهبردهای عملیاتی

۳۳

۱۷

	$Ind([.]$ ) بازه کارایی بدبینانه	$Ind([.]$ ) بازه کارایی خوشبینانه	شماره تامین‌کننده
	تقسیم بر ۳۰	تقسیم بر ۳۰	
۱۷	[۰/۰۸۱۷, ۰/۰۸۹۱]	[۰/۵۰۲۲, ۰/۳۳۳۵, ۰/۵۸۵۹]	۹
۱۸	[۰/۰۴۸۹, ۰/۰۵۶۶]	[۰/۲۴۴۵, ۰/۱۳۱۱, ۰/۳۰۰۸]	۱۰
۱۹	[۰/۰۲۰۸۷, ۰/۰۲۲۶۸]	[۰/۷۷۸۶, ۰/۶۸۶۵, ۰/۸۲۴۳]	۱۱
۲۰	[۰/۰۰۹۸۲, ۰/۰۱۱۰۶]	[۰/۳۵۹۹, ۰/۲۶۶۴, ۰/۴۰۶۳]	۱۲
۲۱	[۰/۰۰۸۶۷, ۰/۰۱۰۳۶]	[۰/۳۳۳۴, ۰/۲۴۹۲, ۰/۳۷۵۲]	۱۳
۲۲	[۰/۰۲۳۵۸, ۰/۰۲۷۴۹]	[۰/۸۵۷۵, ۰/۵۷۰۵, ۰/۰۰۰۰]	۱۴
۲۳	[۰/۰۰۴۱۷, ۰/۰۰۴۵۸]	[۰/۱۵۱۲, ۰/۱۲۰۷, ۰/۱۶۶۳]	۱۵
۲۴	[۰/۰۰۰۵۷۶, ۰/۰۰۰۶۱۸]	[۰/۲۱۵۷, ۰/۱۹۸۰, ۰/۲۲۴۵]	۱۶
۲۵	[۰/۰۱۴۶۳, ۰/۰۱۷۵۴]	[۰/۷۷۴۱, ۰/۳۱۹۰, ۱/۰۰۰۰]	۱۷
۲۶	[۰/۰۰۱۲۹۸, ۰/۰۱۶۸۴]	[۰/۵۲۹۷, ۰/۳۶۵۵, ۰/۶۱۱۲]	۱۸

جدول ۴- رتبه بندی بازه‌ای.

Table 4: Interval ranking.

۱۷  
۱۶  
۱۵  
۱۴  
۱۳  
۱۲  
۱۱  
۱۰  
۹  
۸  
۷  
۶  
۵  
۴  
۳  
۲

رتبه	$Ind([.]$ )	$Ind([.]$ ) بازه کارایی بدبینانه تقسیم بر ۳۰	$Ind([.]$ ) بازه کارایی خوشبینانه	شماره تامین‌کننده
۱	۰/۸۱۰۴	۰/۰۵۷۶	۰/۸۸۴۷	۱
۲	۰/۱۶۷۱	۰/۰۶۰۴	۰/۲۲۰۱	۲
۳	۰/۱۴۷۹	۰/۰۴۳۸	۰/۱۹۹۶	۳
۴	۰/۵۱۷۲	۰/۱۷۸۸	۰/۶۸۵۱	۴
۵	۰/۱۵۵۰	۰/۰۴۳۰	۰/۲۱۰۶	۵
۶	۰/۳۴۹۱	۰/۱۰۳۳	۰/۴۷۱۱	۶
۷	۰/۲۲۷۶	۰/۰۷۴۴	۰/۳۰۳۶	۷
۸	۰/۳۴۸۶	۰/۱۱۲۸	۰/۴۶۵۶	۸
۹	۰/۳۶۲۷	۰/۰۸۱۷	۰/۵۰۲۲	۹
۱۰	۰/۱۷۹۶	۰/۰۴۸۹	۰/۲۴۴۵	۱۰
۱۱	۰/۵۸۹۶	۰/۲۰۸۷	۰/۷۷۸۶	۱۱
۱۲	۰/۲۷۳۱	۰/۰۹۸۲	۰/۳۵۹۹	۱۲
۱۳	۰/۲۵۱۶	۰/۰۸۶۷	۰/۳۳۳۴	۱۳
۱۴	۰/۶۵۱۳	۰/۲۳۵۸	۰/۸۵۷۵	۱۴
۱۵	۰/۱۱۴۹	۰/۰۴۱۷	۰/۱۵۱۲	۱۵
۱۶	۰/۱۶۳۳	۰/۰۵۷۶	۰/۲۱۵۷	۱۶
۱۷	۰/۵۶۵۹	۰/۱۴۶۳	۰/۷۷۴۱	۱۷
۱۸	۰/۳۹۷۱	۰/۱۲۹۸	۰/۵۲۹۷	۱۸

با توجه به این که در هر سازمان، تأمین‌کنندگان یکی از ارکان اصلی آن می‌باشند و عملکرد تأمین‌کنندگان می‌تواند باعث بقا و یا نابودی سازمان شود؛ بنابراین به موضوع تأمین‌کنندگان در هر سازمان باید توجه بیشتری شود. به خاطر ماهیت چند معیاری مسئله انتخاب تأمین‌کننده، از DEA به عنوان یک ابزار تصمیم‌گیری چند معیاری مناسب استفاده شد. DEA سنتی فقط بهترین کارایی نسبی گروهی از واحدهای تصمیم‌گیری را ضمن اجتناب از کارایی‌های بدینانه اندازه‌گیری می‌کند. برای آن که از DEA بهترین بهره گرفته شود و از محاسبات ذهنی و پیچیده اجتناب شود از روشنایی آن که از DEA بهترین بهره گرفته شدن از رتبه‌بندی بازه‌ای استفاده شد که دو دیدگاه از روشنایی آن که از DEA بهترین بهره گرفته شدن از رتبه‌بندی بازه‌ای استفاده شد که دو دیدگاه خوش‌بینانه و بدینانه هم‌زمان برای تصمیم‌گیری در نظر گرفته شدند. در ارزیابی عینی عملکرد واحدهای تصمیم‌گیری، دو مشکل وجود دارد. مشکل اول نحوه کار با خروجی‌های نامطلوب است که در کنار خروجی‌های مطلوب تشکیل می‌شوند و مشکل دوم در مورد نحوه مواجهه با داده‌های نادقيق است. در این مقاله تأمین‌کنندگان را در حضور هر دو نوع داده‌های نادقيق و خروجی‌های نامطلوب مورد ارزیابی قراردادیم. پژوهش‌های بیشتری را می‌توان با توجه به نتایج این مقاله انجام داد که برخی از آن‌ها به شرح زیر هستند:

- الگوریتم پیشنهادی را می‌توان با مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای در حضور ورودی نامطلوب و داده‌های نادقيق به کار برد.
- پژوهش مشابهی را مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای در حضور داده‌های نادقيق و فازی انجام داد.

## منابع

- Abbaszadeh Tavassoli, S., Avakh Darestani, S., & Abbaszadeh Tavassoli, M. (2017). Green supplier evaluation and selection using TOPSIS & DEMATEL (case study: Fulad Gilan company). *Factualy of humanities*, 12(39), 15-28. (In Persian). URL: [http://imj.iausdj.ac.ir/article\\_536674.html](http://imj.iausdj.ac.ir/article_536674.html)
- Amirteimoori, A., & Khoshandam, L. (2011). A data envelopment analysis approach to supply chain efficiency. *Advances in decision sciences*, 1-8. <https://doi.org/10.1155/2011/608324>
- Amirteimoori, A., Kordrostami, S., & Sarparast, M. (2006). Modeling undesirable factors in data envelopment analysis. *Applied mathematics and computation*, 180(2), 444-452.
- Azadi, M., Jafarian, M., Saen, R. F., & Mirhedayatian, S. M. (2015). A new fuzzy DEA model for evaluation of efficiency and effectiveness of suppliers in sustainable supply chain management context. *Computers & operations research*, 54, 274-285.
- Azizi, H. (2011). The interval efficiency based on the optimistic and pessimistic points of view. *Applied mathematical modelling*, 35(5), 2384-2393.
- Azizi, H. (2012). A new approach for supplier selection in the presence of imprecise data: DEA with double frontiers. *Management research in Iran*, 16(2), 129-150. (In Persian). URL: <http://mri.modares.ac.ir/article-19-8553-fa.html>
- Azizi, H. (2012). Efficiency assessment in data envelopment analysis using efficient and inefficient frontiers. *IQBQ*, 16(3), 153-173. (In Persian). URL: <http://mri.modares.ac.ir/article-19-118-fa.html>
- Azizi, H., & Ajirlu, H. G. (2011). Measurement of the worst practice of decision-making units in the presence of non-discretionary factors and imprecise data. *Applied mathematical modelling*, 35(9), 4149-4156.
- Azizi, H., & Ajirlu, S. F. (2010). Measurement of overall performances of decision-making units using ideal and anti-ideal decision-making units. *Computers & industrial engineering*, 59(3), 411-418.
- Azizi, H., & Jahed, R. (2015). Supplier selection in volume discount environments in the presence of both cardinal and ordinal data: a new approach based on double frontiers DEA. *IQBQ*, 19(3), 191-217. URL: <http://mri.modares.ac.ir/article-19-6010-fa.html>
- Azizi, H., Amirteimoori, A., & Kordrostami, S. (2016). A data envelopment analysis approach with efficient and inefficient frontiers for supplier selection in the presence of both undesirable outputs and imprecise data. *Modern research in decision making*, 1(2), 139-170. (In Persian). URL: [http://journal.saim.ir/article\\_21122.html?lang=en](http://journal.saim.ir/article_21122.html?lang=en)
- Barbarosoglu, G., & Yazgac, T. (1997). An application of the analytic hierarchy process to the supplier selection problem. *Production and inventory management journal*, 38(1), 14-21.
- Ben-Israel, A., & Robers, P. D. (1970). A decomposition method for interval linear programming. *Management science*, 16(5), 374-387.

- Cecchini, L., Venanzi, S., Pierrri, A., & Chiorri, M. (2018). Environmental efficiency analysis and estimation of CO<sub>2</sub> abatement costs in dairy cattle farms in Umbria (Italy): a SBM-DEA model with undesirable output. *Journal of cleaner production*, 197, 895-907.
- Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European journal of operational research*, 2(6), 429-444.
- Chinneck, J. W., & Ramadan, K. (2000). Linear programming with interval coefficients. *Journal of the operational research society*, 51(2), 209-220.
- Färe, R., & Grosskopf, S. (2000). Network DEA. *Socio economics planning science*, 4(1), 35-49.
- Fallahpour, A., Olugu, E. U., Musa, S. N., Wong, K. Y., & Noori, S. (2017). A decision support model for sustainable supplier selection in sustainable supply chain management. *Computers & industrial engineering*, 105, 391-410.
- Fathi, A., & Saen, R. F. (2018). A novel bidirectional network data envelopment analysis model for evaluating sustainability of distributive supply chains of transport companies. *Journal of cleaner production*, 184, 696-708.
- Fazeli Farsani, M., Ziglari, F., & Asadi, Sh. (2015). Scrutinizing the performance of commodity suppliers and contractors, supply chain gas company province Charmahal and Bakhtiari by methodology DEA. *Journal of strategic management research*, 21(58), 101-116. (In Persian). URL: [http://smr.journals.iau.ir/article\\_525539.html](http://smr.journals.iau.ir/article_525539.html)
- Ghaemi Nasab, F., & Mamizadeh Chatghayeh, S. (2013). Supplier selection using a DEA-Topsis method. *International journal of data envelopment analysis*, 1(1), 33-42. (In Persian). URL: <https://www.sid.ir/en/journal/ViewPaper.aspx?ID=357182>
- Ghazanfari, M., & Riazi, A. (2003). Designing a hierarchical decision making procedure to evaluation: select and develop supplier in SCM. *International journal of industrial engineering and production management (IJIE)*, 14(4), 211-227. (In Persian). URL: <https://www.sid.ir/en/journal/ViewPaper.aspx?ID=2898>
- Hladík, M. (2009). Optimal value range in interval linear programming. *Fuzzy optimization and decision making*, 8(3), 283-294.
- Hladík, M. (2010). Generalized linear fractional programming under interval uncertainty. *European journal of operational research*, 205(1), 42-46.
- Hladík, M. (2010). On necessarily efficient solutions in interval multi-objective linear programming. In *proceedings of the 25th mini-EURO conference on uncertainty and robustness in planning and decision making* (pp. 1-10).
- Hladík, M. (2012). Complexity of necessary efficiency in interval linear programming and multi-objective linear programming. *Optimization letters*, 6(5), 893-899.
- Hosseinzadeh, A. A., Alahviranloo, T., Hosseinzadeh Lotfi, F., & Vaez-Ghasemi, M. (2018). Solving fully interval linear programming problems. (In press).
- Huang, G., & Dan Moore, R. (1993). Grey linear programming, its solving approach, and its application. *International journal of systems science*, 24(1), 159-172.
- Ida, M. (1999). Necessary efficient test in interval multi-objective linear programming. In *proceedings of the eighth international fuzzy systems association world congress* (pp. 500-504).
- Inuiguchi, M., & Sakawa, M. (1995). Minimax regret solution to linear programming problems with an interval objective function. *European journal of operational research*, 86(3), 526-536.
- Izadikhah, M., & Saen, R. F. (2018). Assessing sustainability of supply chains by chance-constrained two-stage DEA model in the presence of undesirable factors. *Computers & operations research*, 100, 343-367.
- Izadikhah, M., Tavana, M., Di Caprio, D., & Santos-Arteaga, F. J. (2018). A novel two-stage DEA production model with freely distributed initial inputs and shared intermediate outputs. *Expert systems with applications*, 99, 213-230.
- Jafarnezhad, A., & Esmaelian, M. (2008). Evaluation and selection of supplier in supply chain in case of single sourcing with fuzzy approach. *Human sciences modares*, 12(4), 127. (In Persian). URL: <https://www.magiran.com/paper/711900>
- Jahanshahloo, G. R., Vencheh, A. H., Foroughi, A. A., & Matin, R. K. (2004). Inputs/outputs estimation in DEA when some factors are undesirable. *Applied mathematics and computation*, 156(1), 19-32.
- Jauhar, S. K., & Pant, M. (2017). Integrating DEA with DE and MODE for sustainable supplier selection. *Journal of computational science*, 21, 299-306.
- Javadnia, A., & Gholam-abri, A. (2013). Evaluating the production materials suppliers of Saipa industrial group by using data envelopment analysis (DEA). *Journal of industrial strategic management (pajouheshgar)*, 10(31), 43-52. (In Persian). URL: <https://www.sid.ir/en/journal/ViewPaper.aspx?ID=386169>
- Kahraman, C., Cebeci, U. & Ulukan, Z. (2003). Multi-criteria supplier selection using fuzzy AHP. *Logistics information management*, 16(6), 382-394.
- Khalilzade, M., & Katebi, M. (2015). Evaluation and selection of supply chain suppliers with a combined approach of ANP, QFD and fuzzy SIR. *The second international conference on management in the 21st century, Tehran*. URL: [https://www.civilica.com/Paper-ICMNG02-ICMNG02\\_009.html](https://www.civilica.com/Paper-ICMNG02-ICMNG02_009.html)
- Khodakarami, M., Shabani, A., Saen, R. F., & Azadi, M. (2015). Developing distinctive two-stage data envelopment analysis models: an application in evaluating the sustainability of supply chain management. *Measurement*, 70, 62-74.
- Kordrostami, S., & Amirteimoori, A. (2005). Un-desirable factors in multi-component performance measurement. *Applied mathematics and computation*, 171(2), 721-729.

- Korhonen, P. J., & Luptacik, M. (2004). Eco-efficiency analysis of power plants: an extension of data envelopment analysis. *European journal of operational research*, 154(2), 437-446.
- Kumar, A., Jain, V., & Kumar, S. (2014). A comprehensive environment friendly approach for supplier selection. *Omega*, 42(1), 109-123.
- Lee, E. K., Ha, S., & Kim, S. K. (2001). Supplier selection and management system considering relationships in supply chain management. *IEEE transactions on engineering management*, 48(3), 307-318.
- Liu, W., Zhou, Z., Ma, C., Liu, D., & Shen, W. (2015). Two-stage DEA models with undesirable input-intermediate-outputs. *Omega*, 56, 74-87.
- Lodwick, W. A., & Jamison, K. D. (2003). Special issue: interfaces between fuzzy set theory and interval analysis. *Fuzzy sets and systems*, 135(1), 1-3.
- Maghbouli, M., Amirteimoori, A., & Kordrostami, S. (2014). Two-stage network structures with undesirable outputs: A DEA based approach. *Measurement*, 48, 109-118.
- Narasimhan, R. (1983). An analytical approach to supplier selection. *Journal of purchasing and supply management*, 19(4), 27-32.
- Narasimhan, R., Talluri, S., & Mendez, D. (2001). Supplier evaluation and rationalization via data envelopment analysis: an empirical examination. *Journal of supply chain management*, 37(2), 28-37.
- Noorizadeh, A., Mahdiloo, M., & Farzipoor Saen, R. (2013). Evaluating relative value of customers via data envelopment analysis. *Journal of business & industrial marketing*, 28(7), 577-588.
- Nydrick, R. L., & Hill, R. P. (1992). Using the analytic hierarchy process to structure the supplier selection procedure. *International journal of purchasing and materials management*, 28(2), 31-36.
- Oliveira, C., & Antunes, C. H. (2007). Multiple objective linear programming models with interval coefficients—an illustrated overview. *European journal of operational research*, 181(3), 1434-1463.
- Oliveira, C., & Antunes, C. H. (2009). An interactive method of tackling uncertainty in interval multiple objective linear programming. *Journal of mathematical sciences*, 161(6), 854-866.
- Önüt, S., Gülsün, B., Tuzkaya, U. R., & Tuzkaya, G. (2008). A two-phase possibilistic linear programming methodology for multi-objective supplier evaluation and order allocation problems. *Information sciences*, 178(2), 485-500.
- Rashidi, K., & Cullinane, K. (2019). A comparison of fuzzy DEA and fuzzy TOPSIS in sustainable supplier selection: implications for sourcing strategy. *Expert systems with applications*, 121, 266-281.
- Rashidi, K., Shabani, A., & Saen, R. F. (2015). Using data envelopment analysis for estimating energy saving and undesirable output abatement: a case study in the organization for economic Co-operation and development (OECD) countries. *Journal of cleaner production*, 105, 241-252.
- Razavyan, Sh., & Tohidi, M. (2010). DMUs with network structure and imprecise data. *Journal of sciences (Islamic Azad university)*, 19(74/2), 53-60. (In Persian). URL: <https://www.sid.ir/en/journal/ViewPaper.aspx?ID=273408>
- Rommelfanger, H., Hanuscheck, R., & Wolf, J. (1989). Linear programming with fuzzy objectives. *Fuzzy sets and systems*, 29(1), 31-48.
- Saen, R. F. (2010). A decision model for selecting appropriate suppliers. *International journal of advanced operations management*, 2(1-2), 46-56.
- Saen, R. F. (2010). Developing a new data envelopment analysis methodology for supplier selection in the presence of both undesirable outputs and imprecise data. *The international journal of advanced manufacturing technology*, 51(9-12), 1243-1250.
- Safaei Ghadikolaei, A., Madhoshi, M., & Jamalian, A. (2017). Explanation of affecting factors in sustainable suppliers' selection in Saipa Company. *Iranian journal of supply chain management*, 19(55), 32-48. (In Persian). URL: [https://scmj.iuh.ac.ir/article\\_203617.html?lang=fa](https://scmj.iuh.ac.ir/article_203617.html?lang=fa)
- Salehi, M., & Sayyah, M. (2017). Evaluation and selection of efficient suppliers in terms of uncertainty -the grey data envelopment analysis approach. *Iranian journal of trade studies*, 21(81), 181-203. (In Persian). URL: [http://pajoheshnameh.itsr.ir/article\\_24527.html?lang=en](http://pajoheshnameh.itsr.ir/article_24527.html?lang=en)
- Sengupta, A., & Pal, T. K. (2000). On comparing interval numbers. *European journal of operational research*, 127(1), 28-43.
- Sengupta, A., Pal, T. K., & Chakraborty, D. (2001). Interpretation of inequality constraints involving interval coefficients and a solution to interval linear programming. *Fuzzy sets and systems*, 119(1), 129-138.
- Shabani, H., Yousefi, S., & Saen, R. F. (2017). Future planning for benchmarking and ranking sustainable suppliers using goal programming and robust double frontiers DEA. *Transportation research part D: transport and environment*, 50, 129-143.
- Shafiei Nikabadi, M., Yakideh, K., & Oveysi Omran, A. (2017). An integrated approach of DEA with a variety of outputs and windows analysis for evaluating efficiency of the power industry. *Journal of industrial management perspective*, 6(4), 157-180. (In Persian). URL: [http://jimp.sbu.ac.ir/article\\_87218.html?lang=en](http://jimp.sbu.ac.ir/article_87218.html?lang=en)
- Shahrodi, K., & Tadriss-hasani, M. (2011). A mathematical model to select suppliers through data envelopment analysis integrated and total cost of ownership approaches (case study: value chain in Iran automotive industry). *Journal of operational research and its applications*, 8(3), 71-81. (In Persian). URL: <https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=164791>
- Shaocheng, T. (1994). Interval number and fuzzy number linear programming. *Fuzzy sets and systems*, 66(3), 301-306.

- Shin, H., Collier, D. A., & Wilson, D. D. (2000). Supply management orientation and supplier/buyer performance. *Journal of operations management*, 18(3), 317-333.
- Soyster, A. L. (1974). A duality theory for convex programming with set-inclusive constraints. *Operations research*, 22(4), 892-898.
- Sueyoshi, T., & Goto, M. (2010). Should the US clean air act include CO<sub>2</sub> emission control: examination by data envelopment analysis. *Energy policy*, 38(10), 5902-5911.
- Thuente, D. J. (1980). Duality theory for generalized linear programs with computational methods. *Operations research*, 28(4), 1005-1011.

