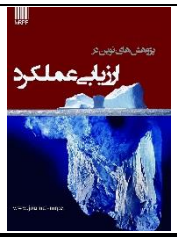
Modern Research in Performance Evaluation

www.journal-mrpe.ir

Mod. Res. Perf. Eval. Vol. 1, No. 1 (2022) 31–41.



Paper Type: Original Article

Supplier Performance Evaluation Using a Nonparametric Approach

Hossein Azizi*

Department of Applied Mathematics, Parsabad Moghan Branch, Islamic Azad University, Parsabad Moghan, Iran; azizhossein@gmail.com.

Citation:

Azizi, H. (2022). Supplier performance evaluation using a nonparametric approach. *Modern research in performance evaluation, 1*(1), 31-41.

Received: 23/09/2021 Reviewed: 07/12/2021 Revised: 05/01/2022 Accept: 14/02/2022

Abstract

Purpose: The success of a supply chain is highly dependent on the selection of the best suppliers. These decisions are an important component of production and logistics management for many firms. Little attention is given in the literature to the simultaneous consideration of cardinal and ordinal data in the supplier selection process.

Methodology: This paper proposes a new Data Envelopment Analysis (DEA) approach with efficient and inefficient frontiers that is able to identify the best supplier in the presence of both cardinal and ordinal data.

Findings: Utilizing this approach, an innovative method is proposed for prioritizing suppliers by considering multiple criteria. Applicability of the proposed method is illustrated using a data set that includes specifications of eighteen suppliers.

Originality/Value: The advantage of our approach is that it identifies the best supplier using interval efficiency values which are computed from the optimistic and pessimistic perspectives and are integrated as an efficiency interval called the overall performance efficiency interval based on DEA with efficient and inefficient frontiers.

Keywords: Data envelopment analysis, Supplier selection, Cardinal and ordinal data, Optimistic and pessimistic efficiencies, Ranking.

Corresponding Author: azizhossein@gmail.com

http://dorl.net/dor/20.1001.1.28211960.1401.1.1.3.5

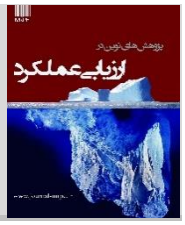
Licensee. **Modern Research in Performance Evaluation**. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0).

Modern Reearch in Performance Evaluation

پژوهش‌های نوین در ارزیابی عملکرد

دوره ۱، شماره (۱)، (۱۴۰۱)، ۴۱-۳۱

www.journal-mrpe.ir



نوع مقاله: پژوهشی

سنجش عملکرد تأمین‌کنندگان بر اساس رویکرد ناپارامتری

حسین عزیزی*

گروه ریاضی، واحد پارس‌آباد مغان، دانشگاه آزاد اسلامی، پارس‌آباد مغان، ایران.

چکیده

هدف: موفقیت یک زنجیره‌ی تأمین تا حد زیادی بستگی به انتخاب بهترین تأمین‌کنندگان دارد. این تصمیمات بخش مهمی از مدیریت تولید و تدارکات برای بسیاری از بنگاه‌ها هستند. در مقالات توجه زیادی به در نظر گرفتن هم‌زمان داده‌های اصلی و ترتیبی در فرایند انتخاب تأمین‌کننده نشده است.

روش‌شناسی پژوهش: این مقاله یک رویکرد جدید تحلیل پوششی داده‌ها (*DEA*) با مرزهای کارا و ناکارا را پیشنهاد می‌کند که می‌تواند بهترین تأمین‌کننده را در حضور هر دو نوع داده‌های اصلی و ترتیبی شناسایی کند.

یافته‌ها: با استفاده از رویکرد پیشنهادی، روش نوآورانه‌ای برای اولویت‌بندی تأمین‌کنندگان با در نظر گرفتن معیارهای متعدد ارائه می‌شود. قابلیت کاربرد روش پیشنهادی با استفاده از یک مجموعه‌ی داده‌های حاوی مشخصات هجده تأمین‌کننده نشان داده خواهد شد.

اصالت/ارزش افزوده علمی: در این مقاله، عملکرد تأمین‌کنندگان از دو دیدگاه مختلف اندازه‌گیری می‌شود. ازآنجاکه نتایج آن‌ها می‌تواند بسیار گمراه‌کننده و حتی متناقض باشد؛ بنابراین، ضروری است که اندازه‌های مختلف عملکرد را ادغام کرد تا یک ارزیابی کلی از عملکرد هر تأمین‌کننده به دست آید. مزیت روش پیشنهادی این است که بهترین تأمین‌کننده را با استفاده از مقادیر کارایی‌های بازه‌ای که از دو دیدگاه خوش‌بینانه و بدبینانه اندازه‌گیری شده‌اند، با محاسبه‌ی میانگین هندسی به‌صورت یک بازه‌ی کارایی تلفیق‌شده درمی‌آیند که به آن بازه‌ی کارایی عملکرد کلی مبتنی بر *DEA* با مرزهای کارا و ناکارا می‌گوییم، شناسایی می‌کند.

کلیدواژه‌ها: تحلیل پوششی داده‌ها، انتخاب تأمین‌کننده، داده‌های اصلی و ترتیبی، کارایی‌های خوش‌بینانه و بدبینانه، رتبه‌بندی.

۱- مقدمه

مزیت‌های رقابتی مرتبط با فلسفه‌ی مدیریت زنجیره‌ی تأمین از طریق همکاری راهبردی با تأمین‌کنندگان و ارائه‌دهندگان خدمات قابل حصول است. موفقیت یک زنجیره‌ی تأمین تا حد زیادی بستگی به انتخاب تأمین‌کنندگان خوب دارد (نق[1]، ۲۰۰۸). انتخاب تأمین‌کننده

[1] Ng

* نویسنده مسئول

azizhossein@gmail.com

http://dorl.net/dor/20.1001.1.28211960.1401.1.1.3.5

نیاز به ارزیابی معیارهای متعدد و نیز در نظر گرفتن داده‌های کمی و کیفی دارد (وو[1]، ۲۰۰۹). برای مدیریت مؤثر این عمل خرید که ازنظر راهبردی حائز اهمیت است، باید روش و معیارهای مناسبی برای مسئله انتخاب شود (گونری و همکاران[2]، ۲۰۰۹).

در طی سال‌ها، تکنیک‌های متعددی برای حل مؤثر این مسئله ایجاد شده‌اند. فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (*AHP*)، فرایند تحلیل شبکه‌ای (*ANP*)، برنامه‌ریزی خطی (*LP*)، برنامه‌ریزی ریاضی، برنامه‌ریزی چندهدفی، تحلیل پوششی داده‌ها (*DEA*)، شبکه‌های عصبی، استدلال مبتنی بر مورد؛ و نظریه‌ی مجموعه‌ی فازی، روش‌هایی هستند که در مقالات به کار گرفته شده‌اند (گونری و همکاران، ۲۰۰۹). این مقاله با استفاده از *DEA* مدل‌هایی را برای انتخاب بهترین تأمین‌کننده پیشنهاد می‌کند.

به‌طور سنتی، مدل‌های انتخاب تأمین‌کننده مبتنی بر داده‌های اصلی با تأکید کمتر بر روی داده‌های ترتیبی بوده‌اند؛ اما با گسترش استفاده از فلسفه‌های تولید، مانند تولید بهنگام، تأکید بیشتری بر در نظر گرفتن هم‌زمان داده‌های اصلی و ترتیبی در فرایند انتخاب تأمین‌کننده وجود دارد (صائن[3]، ۲۰۰۷). سهم اصلی این مقاله، پیشنهاد مدل‌های *DEA* تلفیقی جدیدی برای پیدا کردن بهترین تأمین‌کننده با در نظر گرفتن هر دو نوع داده‌های اصلی و ترتیبی است.

DEA روش شناخته‌شده‌ای برای ارزیابی کارایی واحدهای تصمیم‌گیری (*DMU*ها) است. *DEA* به خاطر کاربرد آسان و موفق و مطالعه‌های موردی، موردتوجه زیادی قرارگرفته و کاربردهای گسترده‌ای در میان پژوهشگران بازرگانی و دانشگاهی به دست آورده است. انتخاب بهترین فروشندگان (لیو و همکاران[4]، ۲۰۰۰؛ وبر و همکاران[5]، ۱۹۹۸)، ارزیابی عملیات انباره‌ی داده‌ها (مانینو و همکاران[6]، ۲۰۰۸)، انتخاب سیستم تولید انعطاف‌پذیر (لیو[7]، ۲۰۰۸)، سنجش عملکرد شعب بانکی (کامانهو و دایسون[8]، ۲۰۰۵)، بررسی کارایی بانک (چن و همکاران[9]، ۲۰۰۶)، تحلیل اظهارنامه‌های مالی بنگاه (ادیریسینگه و ژانگ[10]، ۲۰۰۷)، اندازه‌گیری کارایی مؤسسات آموزش عالی (جونز[11]، ۲۰۰۶)، حل مسئله‌ی طراحی چیدمان ساختمان (ارتای و همکاران[12]، ۲۰۰۶) و اندازه‌گیری کارایی سرمایه‌گذاری‌های سازمانی در فناوری اطلاعات (شافر و بایرد[13]، ۲۰۰۰) نمونه‌هایی از به‌کارگیری *DEA* در عرصه‌های مختلف هستند.

سازمان‌دهی این مقاله به‌صورت زیر است. بخش ۲، مطالعات قبلی درزمینه‌ی انتخاب تأمین‌کننده را مرور می‌کند. بخش ۳، *DEA* با مرزهای کارا و ناکارا را معرفی می‌کند و مدل‌های آن را برای اندازه‌گیری کارایی‌های خوش‌بینانه و بدبینانه‌ی تأمین‌کنندگان بیان می‌کند، سپس تبدیل اطلاعات ترجیح ترتیبی به داده‌های بازه‌ای را موردبحث قرار می‌دهد، نهایتاً، اندازه‌های عملکرد کلی را پیشنهاد می‌کند. با استفاده از رویکرد *DEA* با مرزهای کارا و ناکارا، در بخش ٤ مثالی برای انتخاب بهترین تأمین‌کنندگان با در نظر گرفتن هم‌زمان داده‌های اصلی و ترتیبی ارائه می‌شود؛ و بالاخره، ملاحظات پایانی مقاله در بخش ۵ ابراز می‌شود.

۲- مرور مقالات

در مطالعات قبلی، روش‌های مختلفی برای انتخاب تأمین‌کننده پیشنهاد شده‌اند. مثلاً وبر و همکاران (۱۹۹۸) سه رویکرد را برای انتخاب و مذاکره با فروشندگانی که انتخاب نشده‌اند، تشریح کردند. به‌علاوه، آن‌ها توضیح دادند که در برخی از موقعیت‌ها، می‌توان از دو ابزار تحلیل چندشاخصی، یعنی برنامه‌ریزی چندهدفی و *DEA*، به همراه هم برای این فرایند انتخاب و مذاکره استفاده کرد. کارپاک و همکاران[14] (۲۰۰۱) یک سیستم پشتیبانی تصمیم چندمعیاری «کاربرپسند» به نام برنامه‌ریزی آرمانی تعاملی بصری را ارائه کردند. برنامه‌ریزی آرمانی تعاملی بصری وارد کردن یک محمل پشتیبانی تصمیم را تسهیل می‌کند که به بهبود تصمیمات انتخاب تأمین‌کننده کمک می‌نماید. تالئوری و بیکر[15] (۲۰۰۲) یک رویکرد برنامه‌ریزی ریاضی چندمرحله‌ای را برای طراحی زنجیره‌ی تأمین کارآمد ارائه کردند. شایان توجه است که روش آن‌ها ترکیبی از مدل‌های کارایی چندمعیاری را بر اساس مفاهیم نظریه‌ی بازی و روش‌های برنامه‌ریزی خطی و صحیح ارائه می‌کند و به کار می‌گیرد. کومار و همکاران[16] (۲۰۰٤) یک رویکرد برنامه‌ریزی آرمانی فازی را برای انتخاب فروشنده با اهداف متعدد با چند پارامتر

[1] Wu
[2] Guneri et al.
[3] Saen
[4] Liu et al.
[5] Weber
[6] Mannino et al.
[7] Liu
[8] Camanho and Dyson
[9] Chen et al.
[10] Edirisinghe and Zhang
[11] Johnes
[12] Ertay et al.
[13] Shafer and Byrd
[14] Karpak et al.
[15] Talluri and Baker
[16] Kumar et al.

عزیزی/ پژوهش‌های نوین در ارزیابی عملکرد دوره ۱، شماره ۱، بهار، صفحه: ۴۱-۳۱

فازی ارائه کردند. آن‌ها مسئله‌ی انتخاب فروشنده را به‌صورت یک مسئله‌ی انتخاب فروشنده‌ی برنامه‌ریزی آرمانی صحیح مختلط فازی فرمول‌بندی کردند که شامل سه هدف اولیه است: کمینه‌سازی هزینه‌ی خالص، کمینه‌سازی ردهای خالص و کمینه‌سازی ارسال‌های تأخیری خالص به‌شرط قیود واقع‌گرایانه در مورد تقاضاهای خریدار، ظرفیت‌های فروشنده، سهمیه‌ی فروشنده، انعطاف‌پذیری، ارزش خرید کالاها، تخصیص بودجه به هر فروشنده و غیره. لیو و های[1] (۲۰۰۵) بعد از تعیین وزن‌ها در یک رتبه‌ی انتخاب‌شده، مجموع وزنی تعداد رأی‌های رتبه‌ی انتخاب را مقایسه کردند. آن‌ها روش وزن‌دهی نوینی را به‌جای مقایسه‌ی دوبه‌دوی *AHP* برای انتخاب تأمین‌کنندگان پیشنهاد کردند. آن‌ها روشی ساده‌تر از *AHP* را به نام فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی رأی‌دهی ارائه کردند که رویکرد سیستماتیک به دست آوردن وزن‌های مورداستفاده و نمره‌دهی عملکردها تأمین‌کنندگان را از دست نمی‌دهد. چانگ و همکاران[2] (۲۰۰۶) یک روش تصمیم‌گیری چندشاخصی فازی بر پایه‌ی سورهای زبان‌شناختی فازی را برای تأمین راهبردهای کنونی رقابت محصول و بهبود اثربخشی و کارایی کل زنجیره‌ی تأمین پیشنهاد کردند.

چن و همکاران (۲۰۰۶) یک رویکرد تصمیم‌گیری فازی را برای مسئله‌ی انتخاب تأمین‌کننده در سیستم زنجیره‌ی تأمین ایجاد کردند. آن‌ها در روش خود از مقادیر زبان‌شناختی برای سنجش نمرات و وزن‌های معیارها استفاده کردند. این نمرات زبان‌شناختی را می‌توان به‌صورت اعداد فازی ذوزنقه‌ای یا مثلثی بیان کرد. سپس از یک مدل تصمیم‌گیری چندمعیاری سلسله‌مراتبی بر پایه‌ی نظریه‌ی مجموعه‌های فازی برای کار با مسائل انتخاب تأمین‌کننده در سیستم زنجیره‌ی تأمین پیشنهاد می‌شود و بالاخره، آن‌ها امکان کاربرد روش خود را در یک شرکت تولیدی فناوری بالا نشان دادند. گنسر و گورپینار[3] (۲۰۰۷) از *ANP* استفاده کردند و مدلی را برای انتخاب تأمین‌کننده پیشنهاد کردند. روش آن‌ها شامل هفت مرحله است به‌صورت زیر: ۱- تحلیل مسئله‌ی انتخاب تأمین‌کننده، ۲- تعیین هدف و معیارهای انتخاب تأمین‌کننده، ۳- تعیین تأمین‌کنندگان قابل انتخاب، ٤- شناسایی ساختار شبکه و روابط، ٥- انجام مقایسه‌های دوبه‌دو، ٦- ساختن سوپرماتریس و ۷- پیدا کردن اولویت‌های محدودکننده و بالاخره آن‌ها روش خود را در یک شرکت الکترونیک پیاده‌سازی کردند. شیا و وو[4] (۲۰۰۷) یک رویکرد تلفیقی *AHP* بهبودیافته با نظریه‌ی مجموعه‌های ناهموار و برنامه‌ریزی صحیح مختلط چندهدفی برای تعیین هم‌زمان تعداد تأمین‌کنندگان و میزان تخصیص سفارش به هر یک از آن‌ها در حالت سپارش متعدد، محصولات متعدد، با معیارهای متعدد و با قیود ظرفیت تأمین‌کنندگان پیشنهاد کردند.

انوت و همکاران[5] (۲۰۰۹) یک رویکرد ارزیابی تأمین‌کنندگان بر اساس روش‌های *ANP* و تکنیک ترجیح ترتیب بر اساس شباهت به جواب ایده آل (*TOPSIS*) برای کمک به یک شرکت مخابراتی بخش *GSM* در ترکیه در محیط فازی ایجاد کردند. آن‌ها از اعداد فازی مثلثی در تمام ماتریس مقایسه‌ی دوبه‌دو در روش خود برای ارزیابی تأمین‌کننده با در نظر گرفتن شش معیار استفاده کردند (شامل هزینه، مرجع، کیفیت محصول، زمان ارسال، مؤسسه و زمان اجرا). دمیرتاس و اوستون[6] (۲۰۰۸) *ANP* و برنامه‌ریزی خطی صحیح مختلط چندهدفی را ترکیب کردند و رویکردی را برای انتخاب بهترین تأمین‌کنندگان و تعریف کمیت‌های بهینه در میان تأمین‌کنندگان منتخب برای بیشینه‌سازی مقدار کل خرید و کمینه‌سازی بودجه و نرخ نقایص پیشنهاد کردند. وانگ و همکاران (۲۰۰۹) یک روش *TOPSIS* سلسله‌مراتبی فازی را پیشنهاد کردند که نه‌فقط برای مسائل فازی و نامعین مناسب است، بلکه می‌تواند وزن‌های عینی و دقیق معیارها را نیز به دست بدهد، ضمن آنکه هم‌زمان از مشکل روش *TOPSIS* فازی قبلی خود نیز اجتناب می‌کند. نق (۲۰۰۸) یک برنامه‌ی خطی وزن‌دهی شده را برای مسئله‌ی انتخاب تأمین‌کننده‌ی چندمعیاری پیشنهاد کرد. گونری و همکاران (۲۰۰۹) یک رویکرد تلفیقی برنامه‌ریزی خطی و فازی را برای مسئله‌ی انتخاب تأمین‌کننده ارائه کردند. رویکرد آن‌ها اولاً وزن‌ها و نمرات معیارهای انتخاب تأمین‌کننده را با مقادیر زبان‌شناختی که به‌صورت اعداد فازی ذوزنقه‌ای بیان شده است، اندازه‌گیری می‌کند. بعد یک مدل چندگانه‌ی سلسله‌مراتبی بر پایه‌ی نظریه‌ی مجموعه‌ی فازی بیان شده و جواب‌های ایده آل مثبت و منفی فازی برای پیدا کردن ضریب نزدیکی هر تأمین‌کننده استفاده می‌شود؛ و بالاخره، یک مدل *LP* بر اساس ضرایب تأمین‌کنندگان، بودجه‌ی خریدار، قیود کیفیت و ظرفیت تأمین‌کننده ایجاد می‌شود و کمیت‌های دیگر بر اساس مدل *LP* به هر تأمین‌کننده اختصاص می‌یابد. وو (۲۰۰۹) از تحلیل مرتبط خاکستری نظریه‌ی دمپستر-شیفر (*Dempster-Shafer*) برای کار با مسئله‌ی انتخاب تأمین‌کننده در محیط تصمیم‌گیری گروهی فازی استفاده کرد. همچنین، شایان ذکر است که رویکرد پیشنهادی هم از داده‌های کمی و هم از داده‌های کیفی برای انتخاب تأمین‌کننده‌ی بین‌المللی استفاده می‌کند.

---

[1] Liu and Hai
[2] Chang et al.
[3] Gencer and Gürpinar
[4] Xia and Wu
[5] Önüt et al.
[6] Demirtas and Üstün

صائن (۲۰۰۷) روش جدیدی را برای انتخاب تأمین‌کننده در شرایطی که هم داده‌های اصلی و هم داده‌های ترتیبی وجود دارند (بدون اتکا بر اختصاص وزن توسط تصمیم‌گیرنده)، ارائه کرد. روش او بهترین تأمین‌کنندگان را که کارایی آن‌ها برابر با یک است شناسایی می‌کند و نمی‌تواند کاراترین تأمین‌کننده را پیدا کند. درواقع، با استفاده از روش او، تصمیم‌گیرنده نمی‌تواند تصمیم بگیرد که کدام تأمین‌کننده در میان تأمین‌کنندگان دیگر بهترین است.

بررسی مطالعات قبلی نشان می‌دهد که شناسایی بهترین تأمین‌کننده با داده‌های اصلی و ترتیبی موردتوجه کمتری قرار گرفته است. این مقاله سعی می‌کند با ارائه‌ی مدل‌های *DEA* که قادر است بهترین تأمین‌کننده را در حضور هر دو نوع داده‌های اصلی و ترتیبی پیدا کند، این شکاف را پر کند.

۳- مدل‌های DEA بازه‌ای برای اندازه‌گیری کارایی‌های خوش‌بینانه و بدبینانه

ارزیابی عملکرد کار مهمی برای یک *DMU* است تا نقاط ضعف خود را پیدا کند و بتواند بهبودهای بیشتر در عملکرد خود بدهد. از زمان کار پیشگامانه‌ی چارنز و همکاران[1] (۱۹۷۸)، مطالعات نشان داده است که *DEA* تکنیک مؤثری برای اندازه‌گیری کارایی نسبی مجموعه‌ای از *DMU*ها است که از ورودی‌های متعدد استفاده می‌کنند و خروجی‌های متعدد تولید می‌کنند. مدل‌های *DEA* متعارف فرض می‌کنند که داده‌های ورودی و خروجی مقادیر دقیق روی یک مقیاس نسبتی هستند. کوپر و همکاران[2] (۱۹۹۹) مسئله داده‌های نادقیق را در *DEA* در شکل کلی خود در نظر گرفتند. اصطلاح «داده‌های نادقیق» منعکس کننده‌ی موقعیت‌هایی است که در مورد برخی از ورودی‌ها یا خروجی‌ها فقط می‌دانیم که در داخل دامنه‌ی خاصی قرار گرفته‌اند (اعداد بازه‌ای) و در مورد برخی داده‌های دیگر فقط از ترتیب آن‌ها اطلاع داریم (دسپوتیس و اسمیرلیس[3]، ۲۰۰۲).

۳-۱- مدل‌های DEA بازه‌ای برای اندازه‌گیری کارایی‌های خوش‌بینانه

فرض کنید n تعداد *DMU* باید ارزیابی شوند. هر *DMU*، m ورودی را مصرف و s خروجی را تولید می‌کند. به‌طور خاص، DMU_j مقادیر $X_j=\{x_{ij}\}$ از ورودی‌ها ($i=1,\ldots,m$) را مصرف و مقادیر $Y_j=\{y_{rj}\}$ از خروجی‌ها ($r=1,\ldots,s$) را تولید می‌کند. بدون از دست رفتن کلیت، فرض می‌شود که همه‌ی داده‌های ورودی و خروجی x_{ij} و y_{rj} ($i=1,\ldots,m$ ؛ $r=1,\ldots,s$ ؛ $j=1,\ldots,n$) را به علت وجود عدم اطمینان نمی‌توان به‌صورت دقیق به دست آورد. همین‌قدر می‌دانیم که آن‌ها در محدوده‌ی کران‌های بالا و پایین مشخص‌شده با بازه‌های $[x_{ij}^L, x_{ij}^U]$ و $[y_{rj}^L, y_{rj}^U]$ قرار دارند که در اینجا $x_{ij}^L>0$ و $y_{rj}^L>0$.

برای کار با چنین وضعیت نامطمئنی، زوج مدل *LP* زیر ایجادشده‌اند تا کران‌های بالا و پایین بازه‌ی کارایی خوش‌بینانه‌ی هر *DMU* را تولید کنند (وانگ و همکاران، ۲۰۰۵):

$$
\begin{aligned}
\max \quad & \theta_o^U = \sum_{r=1}^{s} u_r y_{ro}^U \\
\text{s.t.} \quad & \sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj}^U - \sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij}^L \le 0, \qquad j=1,\ldots,n \\
& \sum_{i=1}^{m} v_i x_{io}^L = 1, \\
& u_r, v_i \ge \varepsilon, \qquad r=1,\ldots,s \qquad i=1,\ldots,m.
\end{aligned}
\tag{۱}
$$

$$
\begin{aligned}
\max \quad & \theta_o^L = \sum_{r=1}^{s} u_r y_{ro}^L \\
\text{s.t.} \quad & \sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj}^U - \sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij}^L \le 0, \qquad j=1,\ldots,n \\
& \sum_{i=1}^{m} v_i x_{io}^U = 1, \\
& u_r, v_i \ge \varepsilon, \qquad r=1,\ldots,s \qquad i=1,\ldots,m.
\end{aligned}
\tag{۲}
$$

[1] Charnes et al.
[2] Cooper et al.
[3] Despotis and Smirlis

که در اینجا DMU_o نشان‌دهنده‌ی DMU مورد ارزیابی است و v_i ($i=1,\ldots,m$) و u_r ($r=1,\ldots,s$) متغیرهای تصمیم‌گیری و ε بی‌نهایت کوچک غیرارشمیدسی است. θ_o^U و θ_o^L به ترتیب کارایی‌های خوش‌بینانه تحت مطلوب‌ترین موقعیت و نامطلوب‌ترین موقعیت برای DMU_o می‌باشند. آن‌ها بازه‌ی کارایی خوش‌بینانه‌ی $[\theta_o^L,\theta_o^U]$ را تشکیل می‌دهند. اگر مجموعه‌ای از وزن‌های مثبت وجود داشته باشند که باعث شود $\theta_o^{U*}=1$ ، آنگاه DMU_o کارای DEA یا کارای خوش‌بینانه نامیده می‌شود؛ در غیر این صورت، به آن غیرکارای DEA یا غیرکارای خوش‌بینانه می‌گویند.

۲-۳- مدل‌های DEA بازه‌ای برای اندازه‌گیری کارایی‌های بدبینانه

چارچوب با ماهیت ورودی که مبتنی بر مجموعه‌ی نیازمندی ورودی و مرز ناکارایی آن است، درصدد آن است که ضمن حفظ خروجی، حداکثر در حد فعلی، مقادیر ورودی را حتی‌الامکان افزایش دهد؛ که بر این واقعیت تأکید می‌کند که سطح خروجی بدون تغییر می‌ماند و مقادیر ورودی به‌صورت متناسب افزایش داده می‌شوند تا مرز تولید ناکارا حاصل شود. برآورد کننده‌ی DEA برای مجموعه‌ی امکان تولید ناکارا، اصطلاحاً کارایی بدبینانه و یا بدترین کارایی نسبی نامیده می‌شود. برای یک DMU خاص، مثلاً DMU_o ، کارایی‌های بدبینانه را می‌توان از مدل‌های DEA زیر محاسبه کرد (عزیزی و گنجه اجیرلو[1]، ۲۰۱۱):

$$
\begin{aligned}
\min \quad & \phi_o^L=\sum_{r=1}^{s}u_r y_{ro}^L \\
\text{s.t.} \quad & \sum_{r=1}^{s}u_r y_{rj}^L-\sum_{i=1}^{m}v_i x_{ij}^U\geq 0, \qquad j=1,\ldots,n \\
& \sum_{i=1}^{m}v_i x_{io}^U=1, \\
& u_r,v_i\geq\varepsilon, \qquad r=1,\ldots,s \qquad i=1,\ldots,m.
\end{aligned}
\tag{۳}
$$

$$
\begin{aligned}
\min \quad & \phi_o^U=\sum_{r=1}^{s}u_r y_{ro}^U \\
\text{s.t.} \quad & \sum_{r=1}^{s}u_r y_{rj}^L-\sum_{i=1}^{m}v_i x_{ij}^U\geq 0, \qquad j=1,\ldots,n \\
& \sum_{i=1}^{m}v_i x_{io}^L=1, \\
& u_r,v_i\geq\varepsilon, \qquad r=1,\ldots,s \qquad i=1,\ldots,m.
\end{aligned}
\tag{۴}
$$

در **مدل‌های (۳)** و **(٤)**، ϕ_o^L کارایی بدبینانه تحت نامطلوب‌ترین موقعیت و ϕ_o^U کارایی بدبینانه تحت مطلوب‌ترین موقعیت برای DMU_o می‌باشند. آن‌ها برای DMU_o بازه‌ی کارایی بدبینانه‌ی $[\phi_o^L,\phi_o^U]$ را ارائه می‌کنند. زمانی که مجموعه‌ای از وزن‌های مثبت وجود داشته باشند تا $\phi_o^{L*}=1$ را تأمین کند، می‌گوییم که DMU_o ناکارای DEA یا ناکارای بدبینانه است. در غیر این صورت، می‌گوییم که DMU_o غیرناکارای DEA یا غیرناکارای بدبینانه است.

۳-۳- تبدیل اطلاعات ترجیح ترتیبی به داده‌های بازه‌ای

حال درباره‌ی روش تبدیل اطلاعات ترجیح ترتیبی به داده‌های بازه‌ای بحث می‌کنیم، به‌طوری‌که مدل‌های DEAی بازه‌ای در این موقعیت‌ها نیز به‌درستی کار کنند (وانگ و همکاران، ۲۰۰۵).

فرض کنید داده‌های ورودی و خروجی برای DMUها به‌صورت اطلاعات ترجیح ترتیبی داده‌شده است. معمولاً سه نوع اطلاعات ترجیح ترتیبی وجود دارد: ۱- اطلاعات ترجیح ترتیبی قوی، از قبیل $y_{rj}>y_{rk}$ یا $x_{ij}>x_{ik}$ که می‌توان آن را به‌صورت $y_{rj}\geq\chi_r y_{rk}$ یا $x_{ij}\geq\eta_i x_{ik}$ بیان کرد که $\chi_r>1$ و $\eta_i>1$ پارامترهای درجه‌ی شدت ترجیح هستند که توسط تصمیم‌گیرنده ارائه می‌شوند، ۲- اطلاعات ترجیح ترتیبی ضعیف، از قبیل $y_{rp}\geq y_{rq}$ یا $x_{ip}\geq x_{iq}$ و ۳- رابطه‌ی بی‌تفاوتی، مانند $y_{rl}=y_{rt}$ یا $x_{il}=x_{it}$. ازآنجاکه مدل DEA دارای خاصیت تغییرناپذیری نسبت به واحد است، لذا استفاده از تبدیل مقیاس برای اطلاعات ترجیح ترتیبی، رابطه‌ی ترتیبی اولیه را به هم

[1] Azizi and Ganje Ajirlu

نمی‌زند و تأثیری بر کارایی‌های *DEA* نخواهد داشت؛ بنابراین، می‌توان برای هر شاخص ورودی و خروجی ترتیبی یک تبدیل مقیاس انجام داد، به‌طوری‌که بهترین داده‌ی ترتیبی آن کمتر یا مساوی واحد باشد و بعد می‌توان یک برآورد بازه‌ای برای هر داده‌ی ترتیبی ارائه کرد.

اکنون تبدیل اطلاعات ترجیح ترتیبی درباره‌ی خروجی y_{rj} ($j=1,\ldots,n$) را به‌عنوان یک مثال در نظر بگیرید. اطلاعات ترجیح ترتیبی درباره‌ی ورودی و دیگر داده‌های خروجی را نیز به همین ترتیب می‌توان تبدیل کرد.

برای اطلاعات ترجیح ترتیبی ضعیف، $y_{r1}\geq y_{r2}\geq\ldots\geq y_{rn}$ ، روابط ترتیبی زیر را بعد از تبدیل مقیاس داریم:

$$1\geq \hat{y}_{r1}\geq \hat{y}_{r2}\geq\ldots\geq \hat{y}_{rn}\geq \sigma_r. \qquad (۵)$$

که در اینجا σ_r عدد مثبت کوچکی است که منعکس‌کننده‌ی نسبت کمینه‌ی ممکن $\{y_{rj}\mid j=1,\ldots,n\}$ به بیشینه‌ی ممکن آن است. مقدار آن به‌صورت تقریبی توسط تصمیم‌گیرنده برآورد می‌شود. بازه‌ی مجاز حاصله برای هر $\hat{y}_{rj}$ ، به‌صورت زیر داده می‌شود:

$$\hat{y}_{rj}\in[\sigma_r,1] \qquad j=1,\ldots,n. \qquad (۶)$$

برای اطلاعات ترجیح ترتیبی قوی، $y_{r1}>y_{r2}>\cdots>y_{rn}$ ، رابطه‌ی ترتیبی زیر پس از تبدیل مقیاس وجود دارد:

$$1\geq \hat{y}_{r1} \qquad \hat{y}_{rj}\geq \chi_r\hat{y}_{r,j+1}(j=1,\ldots,n-1) \qquad \hat{y}_{rn}\geq\sigma_r. \qquad (۷)$$

که در اینجا χ_r یک پارامتر شدت ترجیح است که در رابطه‌ی $\chi_r>1$ که توسط تصمیم‌گیرنده ارائه شده است، صدق می‌کند و σ_r پارامتر نسبت است که آن‌هم توسط تصمیم‌گیرنده ارائه می‌شود. بازه‌ی مجاز حاصله برای هر $\hat{y}_{rj}$ به‌صورت زیر به دست می‌آید:

$$\hat{y}_{rj}\in[\sigma_r\chi_r^{n-j},\chi_r^{1-j}] \qquad j=1,\ldots,n \qquad \sigma_r\leq\chi_r^{1-n}. \qquad (۸)$$

و بالاخره برای رابطه‌ی بی‌تفاوتی، بازه‌های مجاز همان‌هایی هستند که برای اطلاعات ترجیح ترتیبی ضعیف به‌دست‌آمده‌اند.

از طریق تبدیل مقیاس فوق و برآورد بازه‌های مجاز، تمام اطلاعات ترجیح ترتیبی به داده‌های بازه‌ای تبدیل می‌شود و لذا می‌توان آن را در **مدل‌های (۱)** تا **(٤)** که مدل *DEA* بازه‌ای است الحاق کرد.

۴-۳- اندازه‌های عملکرد کلی

کارایی‌های خوش‌بینانه و بدبینانه از دیدگاه‌های مختلفی اندازه‌گیری می‌شوند که منجر به دو نمره‌دهی متفاوت برای تأمین‌کنندگان می‌شوند. لذا یک اندازه‌ی عملکرد کلی موردنیاز است تا نمره‌ی کلی تأمین‌کنندگان به دست آید.

در اینجا، ما از اندازه‌ی میانگین هندسی که توسط وانگ و همکاران (۲۰۰۷) برای نمره‌دهی *DMU*ها با داده‌های قطعی به‌صورت زیر پیشنهادشده است، استفاده می‌کنیم:

$$\varphi_j=\sqrt{\phi_j^*\cdot\theta_j^*}, \qquad j=1,\ldots,n. \qquad (۹)$$

که در اینجا θ_j^* و ϕ_j^* به ترتیب کارایی‌های خوش‌بینانه و بدبینانه‌ی DMU_j هستند. روشن است که اندازه‌ی میانگین هندسی تعریف‌شده در **مدل (۹)**، بزرگی دو کارایی را هم‌زمان در نظر می‌گیرد.

فرض کنید $\theta_j^*=[\theta_j^{L*},\theta_j^{U*}]$ و $\phi_j^*=[\phi_j^{L*},\phi_j^{U*}]$ به ترتیب بازه‌های کارایی خوش‌بینانه و بدبینانه‌ی DMU_j باشند. بر اساس قواعد عملیاتی روی داده‌های بازه‌ای، داریم (مورهٔ[1]، ۱۹۷۹):

$$\begin{aligned}\varphi_j&=\sqrt{[\theta_j^{L*},\theta_j^{U*}]\times[\phi_j^{L*},\phi_j^{U*}]}=\sqrt{[\theta_j^{L*}\cdot\phi_j^{L*},\theta_j^{U*}\cdot\phi_j^{U*}]}\\&=\left[\sqrt{\theta_j^{L*}\cdot\phi_j^{L*}},\sqrt{\theta_j^{U*}\cdot\phi_j^{U*}}\right], \qquad j=1,\ldots,n.\end{aligned} \qquad (۱۰)$$

بدیهی است که φ_j ($j=1,\ldots,n$) نیز باید یک عدد بازه‌ای باشد که آن را با $[\varphi_j^L,\varphi_j^U]$ ($j=1,\ldots,n$) نشان می‌دهیم. در این صورت داریم:

[1] Moore

$$\varphi_j^L = \sqrt{\theta_j^{L*} \cdot \phi_j^{L*}}, \qquad j = 1,\ldots,n,$$
$$\varphi_j^U = \sqrt{\theta_j^{U*} \cdot \phi_j^{U*}}, \qquad j = 1,\ldots,n. \tag{۱۱}$$

برای راحتی، روشی را که عملکرد کلی هر تأمین‌کننده را نسبت به هر دو کارایی خوش‌بینانه و بدبینانه تعیین می‌کند، روش *DEA* با مرزهای کارا و ناکارا می‌نامیم. مرز کارایی مجموعه‌ای از تأمین‌کنندگان کارای خوش‌بینانه را مشخص می‌کند که عملکرد نسبتاً خوبی دارند، درحالی‌که مرز ناکارایی مجموعه‌ای از تأمین‌کنندگان ناکارای بدبینانه را مشخص می‌کند که به نسبت، عملکرد ضعیف‌تری دارند. بهترین تأمین‌کننده را معمولاً می‌توان از میان تأمین‌کنندگان کارای خوش‌بینانه انتخاب کرد. این را در بخش ٤ با مثال عددی نشان می‌دهیم.

ازآنجاکه نمره‌ی کارایی نهایی هر تأمین‌کننده با یک بازه مشخص می‌شود، لذا یک رویکرد رتبه‌بندی ساده ولی عملی برای مقایسه و رتبه‌بندی بازه‌های کارایی تأمین‌کنندگان موردنیاز است. برای رتبه‌بندی اعداد بازه‌ای قبلاً چند رویکرد توسعه داده‌شده‌اند، ولی همگی آن‌ها معایبی دارند. خصوصاً وقتی‌که اعداد بازه‌ای مرکز یکسان ولی عرض‌های متفاوت دارند، همگی آن‌ها از افتراق دادن این اعداد عاجز هستند. در ضمیمه، «رویکرد مبتنی بر پشیمانی کمینه-بیشینه» (*MRA*) که توسط وانگ و همکاران (۲۰۰۵) توسعه یافته است را آورده‌ایم و از آن برای مقایسه و رتبه‌بندی بازه‌ی کارایی تأمین‌کنندگان استفاده می‌کنیم.

۴- مثال توضیحی

برای نشان دادن کاربرد روش پیشنهادی، نمونه‌ای از مسئله‌ی انتخاب تأمین‌کننده را از صائن (۲۰۰۷) در اینجا ذکر می‌کنیم.

داده‌های استفاده شده در این مقاله از یک مجموعه‌ی داده‌های قبلاً منتشرشده گرفته شده است و از یک مطالعه‌ی موردی اقتباس شده است که در آن از *DEA* استفاده شده است. ورودی‌های تأمین‌کنندگان عبارت‌اند از هزینه کل ارسال (x_1) که در قالب عدد اصلی است و *شهرت تأمین‌کننده* (x_2) که در مقیاس ترتیبی اندازه‌گیری می‌شود. به‌علاوه، صورتحساب‌های دریافت شده از تأمین‌کننده بدون خطا (y_1) نیز به‌عنوان یک خروجی دارای داده‌های کران‌دار مورد استفاده قرار گرفته است.

جدول ۱- داده‌های هجده تأمین‌کننده.

Table 1- Data of 18 suppliers.

شماره‌ی تأمین‌کننده (DMU_j)	ورودی‌ها x_1	ورودی‌ها x_2	خروجی y_1	داده‌های ترتیبی تبدیل‌شده‌ی شهرت تأمین‌کننده
1	253	5	[50, 65]	[0.0608, 0.5330]
2	268	10	[60, 70]	[0.0776, 0.6768]
3	259	3	[40, 50]	[0.0551, 0.4810]
4	180	6	[100, 160]	[0.0638, 0.5568]
5	257	4	[45, 55]	[0.0579, 0.5051]
6	248	2	[85, 115]	[0.0525, 0.4581]
7	272	8	[70, 95]	[0.0704, 0.6139]
8	330	11	[100, 180]	[0.0814, 0.7107]
9	327	9	[90, 120]	[0.0739, 0.6446]
10	330	7	[50, 80]	[0.0670, 0.5847]
11	321	16	[250, 300]	[0.1039, 0.9070]
12	329	14	[100, 150]	[0.0943, 0.8227]
13	281	15	[80, 120]	[0.0990, 0.8638]
14	309	13	[200, 350]	[0.0898, 0.7835]
15	291	12	[40, 55]	[0.0855, 0.7462]
16	334	17	[75, 85]	[0.1091, 0.9524]
17	249	1	[90, 180]	[0.0500, 0.4362]
18	216	18	[90, 150]	[0.1146, 1.0000]

[a] رتبه‌بندی، به صورتی که ۱۸ ≡ بالاترین رتبه، ...، ۱ ≡ پایین‌ترین رتبه ($x_{2,18} > x_{2,16} > \cdots > x_{2,17}$).

شایان توجه است که هدف این مقاله، پیشنهاد یک مجموعه‌ی جامع معیارها برای انتخاب تأمین‌کننده نیست. به‌عبارت‌دیگر، ورودی‌ها و خروجی‌های این مقاله، اندازه‌هایی کلی هستند و در کاربردهای واقعی باید معیارهای مناسب در نظر گرفته شود. **جدول ۱** صفات تأمین‌کنندگان را نشان می‌دهد. مقدار بی‌نهایت کوچک غیرارشمیدسی، $\varepsilon = 10^{-4}$، منظور شده است.

فرض کنید پارامتر شدت ترجیح و پارامتر نسبت درباره‌ی اطلاعات ترجیح ترتیبی قوی به ترتیب به صورت $\eta_2 = 1.05$ و $\sigma_2 = 0.05$ برآورد شده‌اند. برای نشان دادن تکنیک تبدیل شرح داده شده در بخش ۳-۳، برآورد بازه‌ای برای تأمین‌کننده‌ی شماره‌ی ۷ به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\hat{x}_{27} \in [\sigma_2 \eta_2^{n-j}, \eta_2^{1-j}] = [0.05(1.05)^{18-11}, 1.05^{1-11}] = [0.0704, 0.6139].$$

برآورد بازه‌ای برای شهرت هر تأمین‌کننده در ستون آخر **جدول ۱** نشان داده شده است؛ بنابراین، همه‌ی داده‌های ورودی و خروجی اکنون به اعداد بازه‌ای تبدیل شده‌اند و می‌توان آن‌ها را با مدل‌های *DEA* پیشنهادی ارزیابی کرد. **جدول ۲** نتایج سنجش کارایی هجده تأمین‌کننده را که با استفاده از **مدل‌های (۱)** تا **(٤)** به‌دست‌آمده است، نشان می‌دهد.

جدول ۲- بازه‌های کارایی‌های خوش‌بینانه، بدبینانه و عملکرد کلی هجده تأمین‌کننده با استفاده از DEA با مرزهای کارا و ناکارا.

Table 2- Optimistic and pessimistic efficiency and overall performance intervals for 18 suppliers using DEA with efficient and inefficient frontiers.

شماره‌ی تأمین‌کننده (DMU_j)	بازه‌ی کارایی خوش‌بینانه ($[\theta_j^{L^*}, \theta_j^{U^*}]$)	بازه‌ی کارایی بدبینانه ($[\phi_j^{L^*}, \phi_j^{U^*}]$)	بازه‌ی کارایی عملکرد کلی ($[\varphi_j^L, \varphi_j^U]$)
1	[0.1745, 0.2731]	[1.4377, 1.8692]	[0.5009, 0.7145]
2	[0.1976, 0.2314]	[1.6287, 1.9003]	[0.5673, 0.6631]
3	[0.1363, 0.2312]	[1.1236, 1.4045]	[0.3913, 0.5698]
4	[0.4905, 0.7848]	[3.3628, 6.4669]	[1.2843, 2.2528]
5	[0.1546, 0.2423]	[1.2739, 1.5570]	[0.4438, 0.6142]
6	[0.3026, 0.5582]	[2.4935, 3.3737]	[0.8686, 1.3723]
7	[0.2272, 0.3452]	[1.8723, 2.5411]	[0.6522, 0.9366]
8	[0.2675, 0.5645]	[2.2046, 3.9685]	[0.7679, 1.4967]
9	[0.2430, 0.4136]	[2.0023, 2.6699]	[0.6975, 1.0508]
10	[0.1338, 0.3033]	[1.1023, 1.7638]	[0.3840, 0.7314]
11	[0.6875, 0.8251]	[5.1588, 6.7996]	[1.8833, 2.3686]
12	[0.2683, 0.4079]	[2.2113, 3.3171]	[0.7703, 1.1632]
13	[0.2513, 0.3770]	[1.7374, 3.1070]	[0.6608, 1.0823]
14	[0.5714, 1.0000]	[4.7087, 8.2409]	[1.6403, 2.8707]
15	[0.1213, 0.1669]	[1.0000, 1.3751]	[0.3483, 0.4791]
16	[0.1982, 0.2247]	[1.4745, 1.8516]	[0.5406, 0.6450]
17	[0.3191, 0.9165]	[2.6296, 5.2593]	[0.9160, 2.1955]
18	[0.3678, 0.6131]	[1.7082, 5.0523]	[0.7926, 1.7600]

با اجرای **مدل‌های (۱)** و **(۲)** که مدل *DEA*ی بازه‌ای است، نمرات کارایی خوشبینانه‌ی تأمین‌کنندگان را به دست می‌آوریم که در ستون دوم **جدول ۲** نشان داده شده‌اند. با توجه به **جدول ۲** می‌توان دید که تأمین‌کننده‌ی شماره‌ی ١٤ برحسب **مدل (۱)**، کارای *DEA* یا کارای خوش‌بینانه می‌باشد. هفده تأمین‌کننده‌ی باقیمانده با نمرات کارایی خوش‌بینانه‌ی کمتر از یک، غیرکارای خوش‌بینانه یا غیرکارای *DEA* دانسته می‌شوند. همچنین، با اجرای **مدل‌های (۳)** و **(٤)** که مدل *DEA* بازه‌ای، نمرات کارایی بدبینانه‌ی تأمین‌کنندگان را به دست می‌آوریم که در ستون سوم **جدول ۲** نشان داده شده‌اند. از دیدگاه کارایی بدبینانه، تأمین‌کننده‌ی شماره‌ی ۱۵ برحسب **مدل (۳)**، ناکارای *DEA* یا ناکارای بدبینانه می‌باشد. هفده تأمین‌کننده‌ی باقیمانده با نمرات کارایی بدبینانه‌ی بیشتر از یک، غیرناکارای بدبینانه یا غیرناکارای *DEA* دانسته می‌شوند. بعلاوه، بازه‌ی کارایی عملکرد کلی هجده تأمین‌کننده که با **معادله‌های (۱۱)** به‌دست‌آمده‌اند، در ستون چهارم **جدول ۲** نشان داده شده‌اند. نهایتاً، برای مقایسه و رتبه‌بندی بازه‌ی کارایی هجده تأمین‌کننده، ما از *MRA* که توسط وانگ و همکاران (۲۰۰۵) توسعه یافته است، استفاده کردیم. **جدول ۳**، رتبه‌بندی بازه‌های کارایی هجده تأمین‌کننده را بر اساس دیدگاه‌های متفاوت نشان می‌دهد. روشن است که تأمین‌کننده‌ی شماره‌ی ١٤ بهترین عملکرد کلی را دارد و بنابراین، باید انتخاب شود و بالاخره، آنچه در اینجا می‌خواهیم بر آن تأکید کنیم این است که هر نتیجه‌گیری ارزیابی که فقط یکی از این دو دیدگاه را در نظر بگیرد، بدون تردید یک‌طرفه، غیر واقع‌گرایانه و غیر متقاعدکننده خواهد بود. به‌عنوان‌مثال، تأمین‌کنندگان شماره‌ی ۱۱، ١٤، ٤، ۱۸ و ۱۷ زمانی که از دیدگاه خوش‌بینانه ارزیابی می‌شوند، از همه‌ی تأمین‌کنندگان دیگر عملکرد بهتری دارند و به ترتیب در رتبه‌ی اول، دوم، سوم، چهارم و پنجم قرار می‌گیرند (**جدول ۳**). همچنین، زمانی که تأمین‌کنندگان شماره‌ی ۱۱، ١٤، ٤، ۱۸ و ۱۷ از دیدگاه بدبینانه ارزیابی می‌شوند، عملکرد آن‌ها به ترتیب به‌صورت دوم، اول، سوم، یازده و چهارم رتبه‌بندی می‌شود (**جدول ۳**). این دو نتیجه‌ی ارزیابی مسلماً با یکدیگر تعارض دارند. یک مجموعه‌ی نمره‌دهی عملکرد باید مشتمل بر هر دوی آن‌ها باشد. ارزیابی نتیجه‌گیری‌های حاصل از فقط یکی از آن‌ها یک‌طرفه خواهد بود.

جدول ۳- نتایج رتبه‌بندی.

Table 3- Ranking results.

شماره‌ی تأمین‌کننده	رتبه برحسب بازه‌ی کارایی خوش‌بینانه	رتبه برحسب بازه‌ی کارایی بدبینانه	رتبه برحسب بازه‌ی کارایی عملکرد کلی
1	14	14	14
2	13	12	12
3	16	16	16
4	3	3	3
5	15	15	15
6	6	5	5
7	11	9	11
8	8	7	8
9	10	8	9
10	17	17	17
11	1	2	2
12	7	6	7
13	9	10	10
14	2	1	1
15	18	18	18
16	12	13	13
17	5	4	4
18	4	11	6

۵- ملاحظات پایانی

انتخاب تأمین‌کننده که یکی از مهم‌ترین اجزای مدیریت تولید و تدارکات است، تأثیر قابل‌توجهی بر عرصه‌های کارکردی مختلف تجارت، از تدارکات تا تولید و ارسال محصولات به مشتری نهایی، دارد. برای انتخاب بهترین تأمین‌کننده در شرایطی که هر دو نوع داده‌های اصلی و ترتیبی وجود دارند، یک رویکرد جدید در این مقاله ارائه شد. بررسی پژوهش‌های منتشرشده‌ی قبلی نشان می‌دهد که مدیریت زنجیره‌ی تأمین و فرایند انتخاب تأمین‌کننده (فروشنده) در مقالات موردتوجه زیادی قرار گرفته است. لیکن توجه زیادی به انتخاب تأمین‌کننده در حضور هر دو نوع داده‌های اصلی و ترتیبی مبذول نشده است. این مقاله یک رویکرد *DEA* با مرزهای کارا و ناکارا برای پیدا کردن بهترین تأمین‌کننده با داده‌های اصلی و ترتیبی ارائه کرد. با استفاده از این رویکرد، تصمیم‌گیرنده می‌تواند بهترین تأمین‌کننده را تعیین کند.

روش جدید *DEA* دارای مشخصات خوب زیر است:

۱. داده‌های اصلی و ترتیبی را برای انتخاب تأمین‌کننده در نظر می‌گیرد.
۲. انتخاب بهترین تأمین‌کننده فرایند راحتی است.
۳. هر دو دیدگاه خوش‌بینانه و بدبینانه هم‌زمان در نظر گرفته می‌شوند.
۴. قابل‌اعمال هم برای انتخاب تأمین‌کننده و هم برای تحلیل مسائل تصمیم دیگر.

انتظار می‌رود که رویکرد *DEA* با مرزهای کارا و ناکارا بتواند نقش مهمی در مطالعات و کاربردهای انتخاب تأمین‌کننده ایفا کند.

تعارض با منافع

نویسندگان تضمین می‌کنند که مقاله، اثر اصلی آن‌ها بوده، قبلاً چاپ نشده و در حال حاضر تحت انتشار نمی‌باشد.

منابع

Azizi, H., & Ganje Ajirlu, H. (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. DOI: https://doi.org/10.1016/j.apm.2011.02.038

Camanho, A. S., & Dyson, R. G. (2005). Cost efficiency measurement with price uncertainty: a DEA application to bank branch assessments. *European journal of operational research*, *161*(2), 432-446. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ejor.2003.07.018

Chang, S. L., Wang, R. C., & Wang, S. Y. (2006). Applying fuzzy linguistic quantifier to select supply chain partners at different phases of product life cycle. *International journal of production economics*, *100*(2), 348-359. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2005.01.002

Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European journal of operational research*, *2*(6), 429-444.
Chen, C. T., Lin, C. T., & Huang, S. F. (2006). A fuzzy approach for supplier evaluation and selection in supply chain management. *International journal of production economics*, *102*(2), 289-301. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2005.03.009
Cooper, W. W., Park, K. S., & Yu, G. (1999). IDEA and AR-IDEA: models for dealing with imprecise data in DEA. *Management science*, *45*(4), 597-607. DOI: https://doi.org/10.1287/mnsc.45.4.597
Demirtas, E. A., & Üstün, Ö. (2008). An integrated multiobjective decision making process for supplier selection and order allocation. *Omega*, *36*(1), 76-90. DOI: https://doi.org/10.1016/j.omega.2005.11.003
Despotis, D. K., & Smirlis, Y. G. (2002). Data envelopment analysis with imprecise data. *European journal of operational research*, *140*(1), 24-36. DOI: https://doi.org/10.1016/S0377-2217(01)00200-4
Edirisinghe, N. C., & Zhang, X. (2007). Generalized DEA model of fundamental analysis and its application to portfolio optimization. *Journal of banking & finance*, *31*(11), 3311-3335. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jbankfin.2007.04.008
Ertay, T., Ruan, D., & Tuzkaya, U. R. (2006). Integrating data envelopment analysis and analytic hierarchy for the facility layout design in manufacturing systems. *Information sciences*, *176*(3), 237-262. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ins.2004.12.001
Gencer, C., & Gürpinar, D. (2007). Analytic network process in supplier selection: a case study in an electronic firm. *Applied mathematical modelling*, *31*(11), 2475-2486. DOI: https://doi.org/10.1016/j.apm.2006.10.002
Guneri, A. F., Yucel, A., & Ayyildiz, G. (2009). An integrated fuzzy-lp approach for a supplier selection problem in supply chain management. *Expert systems with applications*, *36*(5), 9223-9228. DOI: https://doi.org/10.1016/j.eswa.2008.12.021
Johnes, J. (2006). Measuring teaching efficiency in higher education: an application of data envelopment analysis to economics graduates from UK Universities 1993. *European journal of operational research*, *174*(1), 443-456. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ejor.2005.02.044
Karpak, B., Kumcu, E., & Kasuganti, R. R. (2001). Purchasing materials in the supply chain: managing a multi-objective task. *European journal of purchasing & supply management*, *7*(3), 209-216. DOI: https://doi.org/10.1016/S0969-7012(01)00002-8
Kumar, M., Vrat, P., & Shankar, R. (2004). A fuzzy goal programming approach for vendor selection problem in a supply chain. *Computers & industrial engineering*, *46*(1), 69-85. DOI: https://doi.org/10.1016/j.cie.2003.09.010
Liu, F. H. F., & Hai, H. L. (2005). The voting analytic hierarchy process method for selecting supplier. *International journal of production economics*, *97*(3), 308-317. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2004.09.005
Liu, J., Ding, F. Y., & Lall, V. (2000). Using data envelopment analysis to compare suppliers for supplier selection and performance improvement. *Supply chain management: an international journal*. *5*(3), 143-150. DOI: https://doi.org/10.1108/13598540010338893
Liu, S. T. (2008). A fuzzy DEA/AR approach to the selection of flexible manufacturing systems. *Computers & industrial engineering*, *54*(1), 66-76. DOI: https://doi.org/10.1016/j.cie.2007.06.035
Mannino, M., Hong, S. N., & Choi, I. J. (2008). Efficiency evaluation of data warehouse operations. *Decision support systems*, *44*(4), 883-898. DOI: https://doi.org/10.1016/j.dss.2007.10.011
Moore, R. E. (1979). Method and application of interval analysis, *SIAM*, Philadelphia. DOI: https://epubs.siam.org/doi/pdf/10.1137/1.9781611970906.fm
Ng, W. L. (2008). An efficient and simple model for multiple criteria supplier selection problem. *European journal of operational research*, *186*(3), 1059-1067. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ejor.2007.01.018
Önüt, S., Kara, S. S., & Işik, E. (2009). Long term supplier selection using a combined fuzzy MCDM approach: a case study for a telecommunication company. *Expert systems with applications*, *36*(2), 3887-3895. DOI: https://doi.org/10.1016/j.eswa.2008.02.045
Saen, R. F. (2007). Suppliers selection in the presence of both cardinal and ordinal data. *European journal of operational research*, *183*(2), 741-747. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ejor.2006.10.022
Shafer, S. M., & Byrd, T. A. (2000). A framework for measuring the efficiency of organizational investments in information technology using data envelopment analysis. *Omega*, *28*(2), 125-141. DOI: https://doi.org/10.1016/S0305-0483(99)00039-0
Talluri, S., & Baker, R. (2002). A multi-phase mathematical programming approach for effective supply chain design. *European journal of operational research*, *141*(3), 544-558. DOI: https://doi.org/10.1016/S0377-2217(01)00277-6
Wang, J. W., Cheng, C. H., & Huang, K. C. (2009). Fuzzy hierarchical TOPSIS for supplier selection. *Applied soft computing*, *9*(1), 377-386. DOI: https://doi.org/10.1016/j.asoc.2008.04.014
Wang, Y. M., Chin, K. S., & Yang, J. B. (2007). Measuring the performances of decision-making units using geometric average efficiency. *Journal of the operational research society*, *58*(7), 929-937. DOI: https://doi.org/10.1057/palgrave.jors.2602205
Wang, Y. M., Greatbanks, R., & Yang, J. B. (2005). Interval efficiency assessment using data envelopment analysis. *Fuzzy sets and systems*, *153*(3), 347-370. DOI: https://doi.org/10.1016/j.fss.2004.12.011
Weber, C. A., Current, J. R., & Desai, A. (1998). Non-cooperative negotiation strategies for vendor selection. *European journal of operational research*, *108*(1), 208-223. DOI: https://doi.org/10.1016/S0377-2217(97)00131-8
Wu, D. D. (2009). Supplier selection in a fuzzy group setting: a method using grey related analysis and Dempster–Shafer theory. *Expert systems with applications*, *36*(5), 8892-8899. DOI: https://doi.org/10.1016/j.eswa.2008.11.010
Xia, W., & Wu, Z. (2007). Supplier selection with multiple criteria in volume discount environments. *Omega*, *35*(5), 494-504. DOI: https://doi.org/10.1016/j.omega.2005.09.002

رویکرد مبتنی بر پشیمانی کمینه-بیشینه برای رتبه‌بندی اعداد بازه‌ای

رویکرد مبتنی بر پشیمانی کمینه-بیشینه توسط وانگ و همکاران (۲۰۰۵) ایجاد شده است. این رویکرد ویژگی‌های جذابی دارد و می‌توان از آن برای مقایسه و رتبه‌بندی بازه‌های کارایی تأمین‌کنندگان حتی در صورتی که دارای مرکز مساوی ولی عرض متفاوت باشند، استفاده کرد. این رویکرد را در زیر خلاصه می‌کنیم.

فرض کنید $A_i=[a_i^L,a_i^U]=\langle m(A_i),w(A_i)\rangle$ ($i=1,\ldots,n$) بازه‌های کارایی n تأمین کننده باشند که در اینجا $m(A_i)=\frac{1}{2}(a_i^U+a_i^L)$ و $w(A_i)=\frac{1}{2}(a_i^U-a_i^L)$ نقاط وسط و عرض‌های آن‌ها هستند. بدون از دست رفتن عمومیت موضوع، فرض می‌کنیم که $A_i=[a_i^L,a_i^U]$ به عنوان بهترین بازه‌ی کارایی انتخاب شده است. فرض کنید $b=\max_{j\neq i}\{a_j^U\}$. روشن است که اگر $a_i^L<b$، تصمیم گیرنده ممکن است دچار کاهش کارایی شود و احساس پشیمانی کند. بیشینه‌ی اتلاف کارایی که او ممکن است به آن دچار شود، به صورت زیر به دست می‌آید:

$$\max(r_i)=b-a_i^L=\max_{j\neq i}\{a_j^U\}-a_i^L.$$

اگر $a_i^L\geq b$، تصمیم گیرنده قطعاً دچار هیچگونه اتلاف کارایی نخواهد شد و احساس پشیمانی نخواهد کرد. در این وضعیت، پشیمانی او صفر تعیین می‌شود، یعنی $r_i=0$. با ترکیب دو موقعیت فوق، داریم:

$$\max(r_i)=\max\{\max_{j\neq i}(a_j^U)-a_i^L,0\}.$$

بنابراین، معیار پشیمانی کمینه-بیشینه، بازه‌ی کارایی را که در شرط زیر صدق کند، به عنوان بهترین بازه‌ی کارایی انتخاب خواهد کرد:

$$\min_i\{\max(r_i)\}=\min_i\{\max\{\max_{j\neq i}(a_j^U)-a_i^L,0\}\}.$$

بر اساس تحلیل فوق، وانگ و همکاران (۲۰۰۵) تعریف زیر را برای مقایسه و رتبه‌بندی بازه‌های کارایی ارائه داده‌اند.

تعریف ۱: فرض کنید $A_i=[a_i^L,a_i^U]=\langle m(A_i),w(A_i)\rangle$ ($i=1,\ldots,n$) مجموعه‌ای از بازه‌های کارایی باشد. بیشینه‌ی پشیمانی هر بازه‌ی کارایی A_i به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$R(A_i)=\max\{\max_{j\neq i}(a_j^U)-a_i^L,0\},\quad i=1,\ldots,n.$$

بازه‌ی کارایی با کوچک‌ترین بیشینه‌ی اتلاف کارایی، مطلوب‌ترین بازه‌ی کارایی خواهد بود. برای رتبه‌بندی مجموعه‌ی بازه‌های کارایی با استفاده از مقادیر اتلاف بیشینه‌ی کارایی، وانگ و همکاران (۲۰۰۵) مراحل حذف کردن زیر را پیشنهاد کردند:

مرحله‌ی ۱: اتلاف بیشینه‌ی کارایی هر بازه‌ی کارایی را حساب کنید و مطلوب‌ترین بازه‌ی کارایی را که کوچک‌ترین اتلاف بیشینه‌ی کارایی را داشته باشد، انتخاب کنید. فرض کنید A_{i_1} انتخاب شده است که در اینجا $1\leq i_1\leq n$.

مرحله‌ی ۲: A_{i_1} را حذف کنید و دوباره اتلاف بیشینه‌ی کارایی هر بازه‌ی کارایی را حساب کنید و مطلوب‌ترین بازه‌ی کارایی را برای $(n-1)$ بازه‌ی کارایی باقیمانده تعیین کنید. فرض کنید A_{i_2} انتخاب شده است که در اینجا $1\leq i_2\leq n$ ولی $i_2\neq i_1$.

مرحله‌ی ۳: A_{i_2} را حذف کنید و دوباره اتلاف بیشینه‌ی کارایی هر بازه‌ی کارایی را حساب کنید و مطلوب‌ترین بازه‌ی کارایی یعنی A_{i_3} را برای $(n-2)$ بازه‌ی کارایی باقیمانده تعیین کنید.

مرحله‌ی ٤: فرایند حذف فوق را تکرار کنید تا آنکه فقط یک بازه‌ی کارایی A_{i_n} باقی بماند. رتبه‌بندی نهایی $A_{i_1}\succ A_{i_2}\succ\cdots\succ A_{i_n}$ است که در اینجا نماد "$\succ$" یعنی «برتر است از».