# یک رویکرد جدید برای انتخاب تأمین‌کنندگان در حضور داده‌های نادقیق: DEA با مرزهای دوگانه

**حسین عزیزی***

کارشناس ارشد ریاضی کاربردی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد پارس‌آباد مغان، اردبیل، ایران

دریافت: ۹۰/۲/۲۷ پذیرش: ۹۰/۱۰ /۲۱

## چکیده

انتخاب تأمین‌کنندگان تصمیم مهم ولی پیچیده‌ای است که نیاز به بررسی دقیق معیارهای عملکردی مختلف دارد. به‌طور سنتی، مدل‌های انتخاب تأمین‌کنندگان مبتنی بر داده‌های اصلی هستند و بر داده‌های ترتیبی تأکید کم‌تری می‌شود. اما با کاربرد گسترده روش‌های تولید مانند روش به‌موقع، به‌تازگی تأکید بیش‌تری بر لحاظ کردنِ داده‌های نادقیق ــ یعنی مخلوطی از داده‌های بازه‌ای و ترتیبی ــ می‌شود.

این مقاله پیشنهاد می‌کند که از تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) با مرزهای دوگانه برای انتخاب تأمین‌کنندگان استفاده شود که در این روش علاوه بر کارایی خوشبینانه هر تأمین‌کننده، کارایی بدبینانه آن نیز در نظر گرفته می‌شود. در مقایسه با DEA سنتی، رویکرد DEA با مرزهای دوگانه می‌تواند بهترین تأمین کننده را به‌درستی و به آسانی بدون نیاز به تحمیل هیچ‌گونه محدودیت وزنی ذهنی شناسایی کند. یک مثال عددی با استفاده از رویکرد DEA با مرزهای دوگانه بررسی می‌شود تا سادگی و سودمندی آن را در انتخاب و توجیه تأمین‌کننده نشان دهد.

**کلیدواژه‌ها:** تحلیل پوششی داده‌ها، انتخاب تأمین‌کننده، داده‌های نادقیق، کارایی‌های خوشبینانه و بدبینانه.

## ۱- مقدمه

مدیریت کار خرید در زنجیره تأمین در دهه گذشته برای بسیاری از شرکت‌ها کار دشواری بوده است. نیاز به کسب مزیت رقابتی در سمت تأمین به‌طور قابل ملاحظه‌ای افزایش پیدا کرده است،به‌خصوص برای شرکت‌هایی که درصد زیادی از درامد فروش خود را برای

* نویسندهٔ مسؤول مقاله: E_mail: hazizi@iaupmogan.ac.ir

تأمین قطعات و مواد صرف می‌کنند و هزینه مواد آن‌ها نشان‌دهنده بخش بزرگ‌تری از هزینه کل آن است، صرفه‌جویی از تأمین اهمیت خاصی دارد. به‌علاوه، تأکید بر کیفیت و ارسال به‌موقع در بازار رقابتی جهانی امروز، سطح دیگری از پیچیدگی را به تصمیم‌های برون‌سپاری و انتخاب تأمین‌کننده اضافه می‌کند. انتخاب تأمین‌کننده مناسب، هزینه خرید را به‌طور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌دهد و قدرت رقابتی شرکت را افزایش می‌دهد، بنابراین به این دلیل صاحب‌نظران معتقدند که انتخاب تأمین‌کننده مهم‌ترین فعالیت در بخش خرید است. انتخاب تأمین‌کننده فرایندی است که به موجب آن تأمین‌کنندگان بررسی، ارزیابی و انتخاب می‌شوند تا بخشی از زنجیره تأمین شرکت شوند. شین و د. بیان می‌کنند که چندین عامل مهم سبب انتقال کنونی به تأمین از منبع واحد و یا کاهش تعداد تأمین‌کننده شده‌اند [۱، صص۳۱۷-۳۳۳]: نخست وجود تأمین‌کنندگان متعدد مانع از آن می‌شود که تأمین کنندگان بتوانند به صرفه‌جویی مقیاس بر اثر حجم بالای سفارش و اثر منحنی یادگیری دست پیدا کنند. دوم، سیستم با تأمین‌کنندگان متعدد ممکن است هزینه بیش‌تری در بر داشته باشد، به‌طور مثال مدیریت تعداد زیاد تأمین‌کننده برای این فقره خاص به‌طور مستقیم سبب افزایش هزینه از نظر نیروی کار و هزینه پردازش سفارش برای موجودی‌های تأمین کنندگان متعدد می‌شود. هم‌چنین تأمین‌کنندگان متعدد سبب کاهش سطح کلی کیفیت می‌شود که علت آن افزایش تغییرات کیفیت در میان تأمین‌کنندگان مختلف است. سوم، کم‌تر کردن تعداد تأمین‌کنندگان به کاهش بی‌اعتمادی بین خریدار و تأمین‌کننده بر اثر وجود نداشتن ارتباط کمک می‌کند. چهارم، رقابت جهانی بنگاه‌ها را وادار می‌کند که بهترین تأمین‌کنندگان را در دنیا پیدا کنند.

به طور سنتی مدل‌های انتخاب تأمین‌کننده، مدیریت داده‌های اصلی هستند که در این صورت تأکید کم‌تری بر داده‌های ترتیبی[۱] می‌شود. اما با کاربرد گسترده روش‌های تولید مانند روش به‌موقع[۲]، به‌تازگی بر در نظر گرفتن هم‌زمان داده‌های نادقیق (یعنی مخلوطی از داده‌های بازه‌ای و ترتیبی) در انتخاب تأمین‌کننده تأکید بیش‌تری می‌شود. از آن‌جایی که در تحلیل پوششی داده‌ها[۳] (DEA) هیچ نیازی برای تعیین وزن‌های اهمیت نسبی جهت معیارهای عملکرد وجود ندارد، از این رو روش مذکور به‌صورت گسترده‌ای برای انتخاب و ارزیابی تأمین‌کنندگان استفاده شده است. یک راه، استفاده از DEA برای شناسایی تأمین‌کنندگان کارا است که بعد می‌توان آن‌ها را با استفاده از روش‌هایی مانند روش تصمیم‌گیری چندشاخصی[۴] (MADM)، منطق فازی، و غیره ارزیابی کرد. این روش باعث مشکلاتی مانند ذهنی بودن

انتخاب تأمین‌کنندگان و تصمیم‌گیری می‌شود. هم‌چنین، مستلزم آن است که ترجیحات ذهنی تصمیم‌گیرنده معلوم بوده یا تعیین شوند و این کار بسیار ذهنی و مشکل است.

برای این‌که از DEA بهترین بهره گرفته شود و از محاسبات ذهنی و پیچیده اجتناب شود، در این مقاله روش DEA جدیدی- که DEA با مرزهای دوگانه نامیده می‌شود- برای انتخاب تأمین‌کنندگان معرفی می‌شود. DEA با مرزهای دوگانه، دو کارایی را برای تصمیم‌گیری در نظر می‌گیرد: یکی نسبت به مرز کارایی اندازه‌گیری می‌شود و بهترین کارایی نسبی یا کارایی خوشبینانه 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 کارایی‌های نسبی گروهی از واحدهای تصمیم‌گیری[5] (DMUها) را ضمن اجتناب از کارایی‌های بدبینانه اندازه‌گیری می‌کند، بنابراین نمی‌تواند یک سنجش کلی از DMUها ارائه دهد. با در نظر گرفتن هم‌زمان کارایی‌های خوشبینانه و بدبینانه، تأمین‌کنندگان را می‌توان بدون نیاز به محاسبات زیاد و یا اطلاع داشتن از ترجیحات ذهنی تصمیم‌گیرنده انتخاب کرد. این موضوع با مثال عددی در قسمت ۴ نشان داده می‌شود.

ادامه مقاله به‌صورت زیر سازمان‌دهی شده است: قسمت ۲، مرور مقالات را در زمینه انتخاب و توجیه تأمین‌کنندگان نشان می‌دهد؛ قسمت ۳، DEA با مرزهای دوگانه را معرفی می‌کند و مدل‌های آن را برای اندازه‌گیری کارایی‌های خوشبینانه و بدبینانه تأمین‌کنندگان بیان می‌کند و یک اندازه جدید عملکرد کلی را پیشنهاد می‌کند؛ قسمت ۴ کاربردی را برای نشان دادن سادگی و اثربخشی استفاده از DEA با مرزهای دوگانه برای انتخاب و توجیه تأمین کنندگان ارائه می‌دهد. قسمت ۵ نیز نتیجه‌گیری مقاله را با یک خلاصه کوتاه بیان می‌کند.

## ۲- مرور مقالات

برخی رویکردهای برنامه‌ریزی ریاضی در گذشته برای انتخاب تأمین‌کننده استفاده شده است. کارپاک[6] و د. یکی از سیستم‌های پشتیبانی تصمیم چندشاخصی، یعنی برنامه‌ریزی آرمانی تعاملی تصویری را که کاربرپسند است، ارائه کردند [۲، صص۲۰۹-۲۱۶]. برنامه‌ریزی آرمانی تعاملی تصویری، وارد کردن یک محمل پشتیبانی تصمیم را تسهیل می‌کند که به بهبود تصمیم‌های انتخاب تأمین‌کننده کمک می‌کند.

قدسی‌پور و اوبراین[7] یک مدل برنامه‌ریزی غیرخطی صحیح مختلط را برای حل مسائل

تأمین‌کنندگان متعدد ارائه کردند که هزینه کل تدارکات، شامل قیمت خالص، ذخیره‌سازی، حمل‌ونقل، و هزینه سفارش‌دهی را در نظر می‌گیرد [۳، صص۱۵-۲۷]. این مدل باید $2^n$ بار برای $n$ تأمین‌کننده اجرا شود که بسیار پرزحمت است.

راس[۸] و دروگه[۹] بهره‌وری مرکز توزیع را در یک شرایط بزرگ‌مقیاس اندازه‌گیری کرده و مراکز توزیع را با عملکرد برتر همساز با استفاده از تحلیل وجوه[۱۰] بررسی کردند، سپس روندهای عملکرد را با استفاده از تحلیل پنجره برای داده‌های چهار ساله به دست آوردند [۴، صص۱۹-۳۲].

تالوری[۱۱] و بیکر[۱۲] یک رویکرد برنامه‌ریزی ریاضی چند مرحله‌ای را برای طراحی مؤثر زنجیره تأمین ارائه کردند [۵، صص۵۴۴-۵۵۸]. آن‌ها به‌طور خاص، ترکیبی از مدل‌های کارایی چندشاخصی را براساس مفاهیم نظریه بازی‌ها و روش‌های برنامه‌ریزی خطی و صحیح ابداع و اعمال کردند.

تالوری و ناراسیمهان[۱۳] یک رویکرد مبتنی بر بهره‌وری بیشینه- کمینه که اندازه‌های تغییرپذیری عملکرد فروشندگان را به دست می‌آورد و سپس از آن‌ها در یک تکنیک آماری ناپارامتری برای شناسایی گروه‌های فروشندگان برای انتخاب مؤثر استفاده می‌کند، ارائه کردند [۶، صص۵۴۳-۵۵۲].

آزولی-شوارتز[۱۴] و د. برای انتخاب بهینه تأمین‌کننده از شاخص‌های گیتینز[۱۵] استفاده کردند [۷، صص۱-۱۸].

کومار[۱۶] و د. برای حل مسئله انتخاب فروشندگان با اهداف چندگانه از رویکرد برنامه‌ریزی آرمانی[۱۷] (GP) فازی استفاده کردند [۸، صص۶۹-۸۵]. آن‌ها برای تلفیق سطوح نادقیق انتظار آرمان‌ها، مسئله انتخاب فروشنده را به‌صورت یک برنامه‌ریزی آرمانی صحیح مختلط فازی فرمول‌بندی کردند که شامل سه آرمان اصلی است: کمینه‌سازی هزینه خالص، کمینه‌سازی موارد ردّ خالص و کمینه‌سازی موارد تأخیر ارسال خالص، تحت قیود مربوط به تقاضای خریدار، ظرفیت فروشنده، انعطاف‌پذیری سهمیه فروشنده، ارزش خرید اقلام، تخصیص بودجه به هر کدام از فروشندگان، و غیره.

ایپ[۱۸] و د. مسئله انتخاب پیمانکار فرعی را با یک برنامه‌ریزی صحیح $0-1$ با تابع هدف غیرتحلیلی توصیف کردند [۹، صص۱۹۵-۲۰۵].

لین[۱۹] و چن[۲۰] یک چارچوب تصمیم‌گیری فازی را برای انتخاب مطلوب‌ترین ائتلاف

راهبردی زنجیره تأمین تحت محدودیت منابع ارزیابی ارائه کردند [۱۰، صص۱۵۹-۱۷۹]. هونگ[۲۱] و د. یک روش انتخاب تأمین‌کننده را برای حفظ یک رابطه تأمین مداوم با تأمین‌کنندگان پیشنهاد کردند [۱۱، صص۶۲۹-۶۳۹]. آن‌ها یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی را پیشنهاد کردند که تغییر قابلیت‌های تأمین تأمین‌کنندگان و نیازهای مشتریان را در طول زمان در نظر می‌گیرد.

چاندرا[۲۲] و د. مدلی را برای انتخاب تأمین‌کنندگان پیشنهاد کردند که در آن از موقعیت جغرافیایی به‌عنوان یک عامل بحرانی برای یک رویکرد ماتریس دوال استفاده شده است [۱۲، صص۱-۶].

چانگ[۲۳] و د. یک روش MADM فازی را براساس معیار زبان‌شناختی فازی پیشنهاد کردند. با این حال، روش پیشنهادی آن‌ها دو محدودیت اصلی دارد [۱۳، صص۳۴۸-۳۵۹]: نخست روش پیشنهادی ورودی‌ها را در نظر نمی‌گیرد. دوم این مقاله بررسی نمی‌کند که آیا یک تصمیم‌گیرنده زمان نمره‌دهی در مقیاس بازه‌های زبان‌شناختی تأثیری بر شناخت ذهنی و مشخصات تجربه‌ای دارد یا خیر.

تالوری و د. به‌منظور انتخاب تأمین‌کنندگان مناسب، یک رویکرد DEA مقید به شانس را در حضور اندازه‌های عملکرد چندگانه (که نامعین هستند) پیشنهاد کردند [۱۴، صص۲۱۲-۲۲۲].

هاجیدیمیتریو[۲۴] و جورجیو[۲۵] یک مدل کمّی بر اساس تکنیک GP ارائه کردند که از معیارهای مناسب برای ارزیابی نامزدهای بالقوه استفاده می‌کند و منجر به انتخاب شریک (تأمین‌کننده ) بهینه می‌شود، در این صورت یکی از مشکلات GP ناشی از نیازهای فنی خاص آن است [۱۵، صص۶۴۹-۶۶۲]. بعد از آن‌که مدیران خرید آرمان‌های هر معیار انتخاب شده را تعیین کردند (به‌طور مثال میزان قیمت، سطح کیفیت و غیره)، باید یک ترتیب اولویت الزامی را برای این آرمان‌ها تعیین کنند؛ یعنی مشخص کنند که آرمان‌ها به چه ترتیبی باید محقق شوند. خیلی از وقت‌ها، این ورودی پیشین ممکن است جواب مطلوبی انتخاب نکند و شاید یک بار دیگری لازم باشد که برای حل مشکل، ساختار اولویت‌ها تغییر کند. به این ترتیب، شاید بتوان با تکرار به جوابی دست پیدا کرد که در نهایت، تصمیم‌گیرنده را راضی می‌کند. متأسفانه تعداد اولویت‌های بالقوه ممکن است خیلی زیاد باشد. یک مسئله انتخاب تأمین‌کننده با پنج عامل بالغ بر ۱۲۰ جایگشت اولویت دارد. انجام چنین فرایند پرزحمتی بسیار هزینه‌بر و

ناکارا است.

وانگ[۲۶] و د. برای این‌که هم داده‌های اصلی و هم داده‌های ترتیبی را در انتخاب تأمین‌کننده در نظر بگیرند، یک روش تلفیقی مبتنی بر فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی[۲۷] (AHP) و GP الزامی را ابداع کردند [۱۶، صص۱-۱۵]. اما روش آن‌ها سه ضعف عمده دارد: ۱- ذهنی بودن AHP، یک ضعف است؛ ۲- AHP نمی‌تواند روابط بین معیارهای مدل را منظور کند؛ ۳- ، روش حل GP (به‌طوری که پیش از این گفته شد)، از نظر محاسباتی پرزحمت است.

کاکراواستیا[۲۸] و د. یک مدل تحلیلی از فرایند انتخاب تأمین‌کننده در طراحی یک شبکه زنجیره تأمین ایجاد کرد. قیود مربوط به ظرفیت هر تأمین‌کننده بالقوه در این فرایند در نظر گرفته می‌شوند [۱۷، صص۲۳۱-۲۴۸]. لیو[۲۹] و هایی[۳۰] برای تصمیم‌گیری در مورد رتبه‌بندی نهایی هر تأمین‌کننده، مجموع وزنی تعداد انتخاب رأی رتبه را بعد از تعیین وزن‌ها در یک رتبه انتخاب شده، مقایسه کردند [۱۸، صص۳۰۸-۳۱۷]. آن‌ها به جای روش مقایسه دو به دوی AHP برای انتخاب تأمین‌کنندگان، یک شیوه رتبه‌بندی جدیدی ایجاد کردند. آن‌ها به جای AHP، یک روش ساده‌تر به نام AHP رأی‌گیری ابداع کردند که رویکرد سیستماتیک به دست آوردن وزن‌های مورد استفاده و نمره دادن عملکرد تأمین کنندگان را دارد.

شا[۳۱] و چه[۳۲] یک رویکرد ریاضی چند مرحله‌ای به نام آلگوریتم ژنتیکی مبتنی بر روش چندمرحله‌ای هیبرید برای طراحی شبکه زنجیره تأمین ابداع کردند. از دیدگاه طراحی شبکه، مسئله مهم پیدا کردن شرکت‌های مناسب و باکیفیت و تصمیم‌گیری در مورد یک راهبرد تولید/توزیع مناسب است [۱۹، صص۵۲-۶۲]. این راهبرد مبتنی بر روش‌های مختلفی است که از آلگوریتم‌های ژنتیکی، AHP و نظریه بهره‌وری چندشاخصی استفاده می‌کند تا به‌طور همزمان ترجیحات تأمین‌کنندگان و مصرف‌کنندگان را در هر سطح از شبکه زنجیره تأمین، تأمین کند.

زیا[۳۳] و وو[۳۴] یک رویکرد تلفیقی AHP را که با نظریه مجموعه‌های ناهموار و برنامه‌ریزی صحیح مختلط چندهدفی بهبود داده شده است، برای تعیین همزمان تعداد تأمین‌کنندگان و میزان سفارش اختصاص داده شده در حالت وجود تأمین‌کنندگان متعدد و محصولات متعدد با معیارهای متعدد و قیود ظرفیت تأمین‌کنندگان ارائه کردند [۲۰، صص۴۹۴-۵۰۴].

چوی[۳۵] و د. یک ابزار هوشمند مدیریت تأمین‌کنندگان را با استفاده از تکنیک‌های استدلال مبتنی بر مورد و شبکه‌های عصبی برای انتخاب و محک‌زنی تأمین‌کنندگان ارائه کردند [۲۱، صص۲۱۳-۲۲۴].

دالمین[۳۶] و مینینو[۳۷] پیشنهادی برای اعمال یک مدل تصمیم در فاز نهایی نمره‌دهی فروشنده در یک فرایند انتخاب تأمین‌کننده ارائه کردند [۲۲، صص۱۷۷-۱۸۷]. مدل آن‌ها از تکنیک کمکی تصمیم‌گیری چندشاخصی (PROMETHEE ۱ و ۲)، با رویکرد تحلیل حساسیت چندبعدی استفاده می‌کند. آن‌ها تلاش کردند توضیح بدهند که یک روش رتبه‌بندی و تکنیک‌های PROMETHEE/GAIA چگونه تبدیل به ابزار قدرتمندی برای رتبه‌بندی گزینه‌ها می‌شوند و رابطه بین معیارها یا بین تصمیم‌گیرندگان را تحلیل می‌کنند.

هامفریز[۳۸] و د. چارچوبی را برای تلفیق عوامل محیطی در فرایند انتخاب تأمین‌کننده معرفی کردند [۲۳، صص۳۴۹-۳۵۶]. آن‌ها یک ابزار پشتیبانی تصمیم ایجاد کردند که به شرکت‌ها کمک می‌کند معیارهای محیطی را تلفیق کنند. در این روش کاربر باید وزن عوامل محیطی را به‌منظور تعیین اهمیت آن‌ها ارائه کند.

چن[۳۹] و د. یک رویکرد تصمیم‌گیری فازی را برای مسئله انتخاب تأمین‌کننده در سیستم زنجیره تأمین پیشنهاد کردند [۲۴، صص۲۸۹-۳۰۱]. آن‌ها از مقادیر زبان‌شناختی برای سنجش نمرات و وزن‌ها برای معیارها استفاده کردند. این نمرات زبان‌شناختی را می‌توان به‌صورت اعداد فازی ذوزنقه‌ای یا مثلثی بیان کرد. سپس از یک مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره مبتنی بر نظریه مجموعه‌های فازی برای حل مسئله انتخاب تأمین‌کننده در زنجیره تأمین استفاده می‌شود. براساس مفهوم تکنیک ترجیح ترتیب با شباهت به جواب ایدئال[۴۰]، یک ضریب نزدیکی تعریف می‌شود تا ترتیب رتبه‌بندی همه تأمین‌کنندگان با محاسبه فاصله از جواب ایدئال فازی مثبت و جواب ایدئال فازی منفی به‌طور هم‌زمان مشخص شود. از این رو تمام منابع ذکر شده به‌طور عمده با داده‌های اصلی سروکار دارند و به‌علاوه، وزن‌ها را به‌طور ذهنی اختصاص می‌دهند. برای مدل‌سازی بهتر این وضعیت نیاز به روشی است تا داده‌های اصلی و ترتیبی را بپذیرد و متکی بر تعیین وزن به‌وسیله تصمیم‌گیرندگان نباشد.

تا جایی که اطلاع وجود دارد، فرضی‌پور صائن انتخاب تأمین‌کننده را در حضور هر دو نوع داده‌های اصلی و ترتیبی بررسی کرده است [۲۵، صص۷۴۱-۷۴۷؛ ۲۶، صص۱۰۶۱-۱۰۷۰]. اما مدل‌های DEA پیشنهادی او فقط دیدگاه خوشبینانه را در نظر می‌گیرد. هر نتیجه‌گیری ارزیابی که فقط یکی از دیدگاه‌های خوشبینانه و بدبینانه را در نظر بگیرد، بدون تردید یک‌سویه، غیر واقع‌گرایانه، و غیر متقاعدکننده خواهد بود.

## ۳- مدل‌های DEA بازه‌ای برای اندازه‌گیری کارایی‌های خوشبینانه و بدبینانه

DEA که به‌وسیله چارنز[۴۱] و د. (مدل CCR) پیشنهاد و به‌وسیله بانکر[۴۲] و د. (مدل BCC) بسط داده شد، رویکردی برای ارزیابی کارایی نسبی DMUها است [۲۷،صص۴۲۹-۴۴۴؛ ۲۸ ، صص۱۰۷۸-۱۰۹۲]. به‌طور معمول تصور بر آن است که این ارزیابی مبتنی بر مجموعه‌ای از داده‌های ورودی و خروجی اصلی (کمّی) است. اما در بسیاری از کاربردهای دنیای واقعی (به‌خصوص مسائل مربوط به انتخاب تأمین‌کنندگان)، ضروری است که عوامل ترتیبی (کیفی) نیز زمان تصمیم‌گیری در مورد عملکرد یک DMU در نظر گرفته شوند.

خیلی از وقت‌ها، وضعیت به این صورت است که برای عاملی مانند شهرت تأمین‌کننده در بهترین حالت، تنها می‌توان یک رتبه‌بندی از DMUها از بهتر به بدتر بر اساس این صفت ارائه داد. ارائه یک اندازه کمی و دقیق‌تر از یک چنین عاملی به‌طور معمول در حال واقعی امکان‌پذیر نیست. در برخی از شرایط، این‌گونه عوامل را می‌توان به صورت قانونی تبدیل به کمیت کرد، ولی خیلی از وقت‌ها کمّی‌سازی به صورت سطحی و براساس اجبار مدل صورت می‌گیرد. در موقعیت‌هایی مانند موقعیت شرح داده شده، داده‌های برخی عوامل مؤثر (ورودی‌ها و خروجی‌ها) به جای مقادیر عددی با موقعیت‌های رتبه به صورت ترتیبی بهتر توضیح داده می‌شود. باز در این مورد می‌توان به مثال شهرت تأمین‌کننده اشاره کرد. در برخی از شرایط، اطلاعات موجود ممکن است امکان رتبه‌بندی کامل DMUها در مورد آن عامل را بدهد. بنابراین داده‌ها ممکن است نادقیق باشد. برای کار با داده‌های نادقیق در DEA، مدل‌های ابداع شده‌اند.

### ۳-۱- مدل‌های DEA بازه‌ای برای اندازه‌گیری کارایی‌های خوشبینانه DMUها

در تحلیل DEA، به‌طور معمول فرض می‌شود که $n$ واحد تولید وجود دارند که از $m$ ورودی مختلف استفاده می‌کنند و $s$ خروجی مختلف را تولید می‌کنند، به‌خصوص واحد تولید $j$ -اُم مقدار $x_{ij}$ واحد از ورودی $i$ $(i=1,\mathrm{K},m)$ مصرف می‌کند و مقدار $y_{rj}$ واحد از خروجی $r$ $(r=1,\mathrm{K},s)$ تولید می‌نماید. در DEA بازه‌ای فرض می‌شود که برخی از مقادیر دقیق ورودی $x_{ij}$ و خروجی $y_{rj}$ معلوم نیست. تنها چیزی که می‌دانیم این است که همه‌آن‌ها در محدوده کران‌های بالا و پایین معین شده به‌وسیله بازه‌های $[x_{ij}^L, x_{ij}^U]$ و $[y_{rj}^L, y_{rj}^U]$ واقع می‌شوند و هر DMU حداقل یک کران پایین ورودی و یک کران پایین خروجی مثبت دارد.

برای کار کردن با چنین موقعیت نامطمئنی، وانگ و د. زوج مدل برنامه‌ریزی خطی زیر را برای به دست آوردن کران‌های بالا و پایین بازه‌ی کارآیی برای هر DMU ارائه کردند که بهترین کارایی‌های نسبی DMUها را اندازه‌گیری می‌کند [۲۹، صص۳۴۷-۳۷۰]:

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

$$\begin{aligned} \max \quad & \theta_o^L = \sum_{r=1}^{s} u_r y_{ro}^L \\ \text{s.t.} \quad & \sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj}^U - \sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij}^L \le 0, \quad j = 1, \ldots, n, \\ & \sum_{i=1}^{m} v_i x_{io}^U = 1, \\ & u_r, v_i \ge \varepsilon, \quad r = 1, \ldots, s; \quad i = 1, \ldots, m. \end{aligned} \tag{2}$$

که در این‌جا $DMU_o$ نشان‌دهندهDMU مورد ارزیابی است و $v_i$ $(i=1,\ldots,m)$ و $u_r$ $(r=1,\ldots,s)$ متغیرهای تصمیم‌گیری و $\varepsilon$ بی‌نهایت کوچک غیرارشمیدسی است. $\theta_o^U$ بهترین کارایی نسبی تحت مطلوب‌ترین موقعیت و $\theta_o^L$ بهترین کارایی نسبی تحت نامطلوب‌ترین موقعیت برای $DMU_o$ می‌باشند. آن‌ها بازه کارایی خوشبینانه $[\theta_o^L, \theta_o^U]$ 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 خوشبینانه[۴۳] یا غیرکارای DEA می‌گویند.

## ۲-۳- مدل‌های DEA بازه‌ای برای اندازه‌گیری کارایی‌های بدبینانهDMUها

چارچوب با ماهیت ورودی- که مبتنی بر مجموعه نیازمندی ورودی و مرز ناکارایی آن است- در صدد است که ضمن حفظ خروجی، حداکثر در حد فعلی، مقادیر ورودی را تا حد امکان افزایش دهد. در این صورت 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. براوردکننده DEA برای مجموعه‌ی امکان تولید ناکارا،در اصطلاح کارایی بدبینانه و یا بدترین کارایی نسبی نامیده می‌شود. برای یک DMU خاص، به‌طور مثال $DMU_o$، کارایی

نسبی در حضور داده‌های نادقیق را می‌توان از مدل‌های DEAی بدبینانه زیر محاسبه کرد [۳۰، صص۴۱۴۹-۴۱۵۶]:

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

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

در مدل‌های (۳) و (۴)، $\varphi_o^L$ بدترین کارایی نسبی تحت نامطلوب‌ترین موقعیت و $\varphi_o^U$ بدترین کارایی نسبی تحت مطلوب‌ترین موقعیت برای $DMU_o$ می‌باشند. آن‌ها برای $DMU_o$ بازه کارایی بدبینانه $[\varphi_o^L, \varphi_o^U]$ را ارائه می‌کنند. زمانی که مجموعه‌ای از وزن‌های مثبت وجود داشته باشد تا $\varphi_o^{L*} = 1$ را تأمین کند، گفته می‌شود که $DMU_o$ ناکارای DEA یا ناکارای بدبینانه[۴۴] است. در غیر این صورت، می‌گوییم که $DMU_o$ غیرناکارای بدبینانه[۴۵] یا غیرناکارای DEA است.

دقت شود که رویکرد DEA متعارف به‌طور اکید بین DMUهای غیرکارای DEA و ناکارای DEA افتراق نمی‌دهد و آن‌ها را به یک معنا به کار می‌برد. اما در مدل‌های (۱) –(۴)، واحدهای غیرکارای DEA، ناکارای DEA، و غیرناکارای DEA هر کدام به‌طور مؤکد افتراق داده می‌شوند، زیرا هر یک معنای خاصی دارند. واحدهای غیرکارای DEA به‌طور لزوم نشان‌دهنده آن نیست که آن‌ها ناکارای DEA هستند. به همین ترتیب، واحدهای غیرناکارای DEA نیز به‌طور لزوم کارای DEA نیستند.

### ۳-۳- اندازه‌های عملکرد کلی

کارایی‌های خوشبینانه و بدبینانه از دیدگاه‌های مختلفی اندازه‌گیری می‌شوند که منجر به دو

رتبه‌بندی متفاوت برای تأمین کنندگان می‌شود. از این رو یک اندازه عملکرد کلی مورد نیاز است تا نمره کلی تأمین‌کنندگان به دست آید.

در این‌جا، از اندازه‌عملکرد کلی که به‌وسیله وانگ و چین[۴۶] برای رتبه‌بندی DMUها در حضور داده‌های قطعی که به‌صورت زیر پیشنهاد شده است، استفاده می‌شود [۳۱، صص ۶۶۶۳-۶۶۷۹]:

$$\eta_j = \frac{\theta_j^*}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}\theta_i^{*2}}} + \frac{\varphi_j^*}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}\varphi_i^{*2}}}, \quad j=1,\dots,n \qquad (5)$$

که در این‌جا $\theta_j^*$ و $\varphi_j^*$ به‌ترتیب مقدار کارایی‌های خوشبینانه و بدبینانه $\mathrm{DMU}_j$ هستند. روشن است که اندازه عملکرد کلی تعریف شده در (۵) نه فقط بزرگی دو کارایی را در نظر می‌گیرد، بلکه راستای آن‌ها را نیز در نظر می‌گیرد.

فرض کنید $\theta_j^* = [\theta_j^{L*}, \theta_j^{U*}]$ و $\varphi_j^* = [\varphi_j^{L*}, \varphi_j^{U*}]$ به‌ترتیب بازه کارایی‌های خوشبینانه و بدبینانه $\mathrm{DMU}_j$ باشند. براساس قواعد عملیاتی روی داده‌های بازه‌ای، داریم [۳۲]:

$$\begin{aligned}
\eta_j &= \frac{[\theta_j^{L*}, \theta_j^{U*}]}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}[\theta_i^{L*}, \theta_i^{U*}]^2}} + \frac{[\varphi_j^{L*}, \varphi_j^{U*}]}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}[\varphi_i^{L*}, \varphi_i^{U*}]^2}} \\
&= \frac{[\theta_j^{L*}, \theta_j^{U*}]}{\sqrt{[\sum_{i=1}^{n}\theta_i^{L*2}, \sum_{i=1}^{n}\theta_i^{U*2}]}} + \frac{[\varphi_j^{L*}, \varphi_j^{U*}]}{\sqrt{[\sum_{i=1}^{n}\varphi_i^{L*2}, \sum_{i=1}^{n}\varphi_i^{U*2}]}} \\
&= \left[\frac{\theta_j^{L*}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}\theta_i^{U*2}}}, \frac{\theta_j^{U*}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}\theta_i^{L*2}}}\right] + \left[\frac{\varphi_j^{L*}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}\varphi_i^{U*2}}}, \frac{\varphi_j^{U*}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}\varphi_i^{L*2}}}\right] \\
&= \left[\frac{\theta_j^{L*}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}\theta_i^{U*2}}} + \frac{\varphi_j^{L*}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}\varphi_i^{U*2}}}, \frac{\theta_j^{U*}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}\theta_i^{L*2}}} + \frac{\varphi_j^{U*}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}\varphi_i^{L*2}}}\right], \quad j=1,\dots,n.
\end{aligned}$$

بدیهی است که $\eta_j$ نیز باید یک عدد بازه‌ای باشد که با $[\eta_j^L, \eta_j^U]$ ($j=1,\dots,n$) نشان داده می‌شود. در این صورت داریم:

$$\begin{aligned}
\eta_j^L &= \frac{\theta_j^{L*}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}\theta_i^{U*2}}} + \frac{\varphi_j^{L*}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}\varphi_i^{U*2}}}, \quad j=1,\dots,n, \\
\eta_j^U &= \frac{\theta_j^{U*}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}\theta_i^{L*2}}} + \frac{\varphi_j^{U*}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}\varphi_i^{L*2}}}, \quad j=1,\dots,n.
\end{aligned} \qquad (6)$$

برای راحتی، روشی را که عملکرد کلی هر تأمین‌کننده را نسبت به هر دو کارایی

خوشبینانه و بدبینانه تعیین می‌کند، روش DEA با مرزهای دوگانه می‌نامیم [۳۱، صص۶۶۶۳-۶۶۷۹]. مرز کارایی مجموعه‌ای از تأمین کنندگان کارای خوشبینانه را مشخص می‌کند که عملکرد به‌نسبت خوبی دارند، در حالی که مرز ناکارایی مجموعه‌ای از تأمین‌کنندگان ناکارآی بدبینانه را مشخص می‌کند که به نسبت، عملکرد ضعیف‌تری دارند. بهترین تأمین‌کننده را معمولاً می‌توان از میان تأمین‌کنندگان کارای خوشبینانه انتخاب کرد. این نکته در قسمت بعد با مثال عددی نشان داده می‌شود.

## ۴- یک مثال عددی

این مثال که مجموعه داده‌های آن از تالوری و بیکر گرفته شده است، شامل مشخصات ۱۸ تأمین‌کننده است [۵، صص۵۴۴ -۵۵۸]. ورودی *جمع هزینه ارسال‌ها*[۴۷] ($\mathbf{X}_1$) به‌صورت اعداد اصلی داده شده است؛ *شهرت تأمین‌کننده*[۴۸] ($\mathbf{X}_2$) به‌عنوان یک ورودی کیفی است و *تعداد صورت‌حساب‌های بدون خطای تأمین‌کنندگان*[۴۹] ($\mathbf{y}_1$) به‌عنوان یک خروجی کراندار داده شده است. شهرت تأمین‌کننده یک عامل غیرملموس است و به‌طور معمول در مدل ارزیابی تأمین‌کنندگان گنجانده نمی‌شود. این متغیر کیفی روی مقیاس ترتیبی اندازه‌گیری می‌شود. جدول ۱ مشخصات تأمین‌کنندگان را نشان می‌دهد. در این مثال، مقدار بی‌نهایت کوچک غیرارشمیدسی $\varepsilon = ۱۰^{-۱۰}$ منظور شد.

**جدول ۱** شاخص‌های مرتبط برای ۱۸ تأمین‌کننده

| شماره تأمین‌کننده ($DMU_j$) | ورودی‌ها $x_{1j}$ | ورودی‌ها [a] $x_{2j}$ | خروجی $y_{1j}$ | داده‌های ترتیبی تبدیل شده شهرت تأمین‌کننده |
|---|---|---|---|---|
| ۱ | ۲۵۳ | ۵ | [۵۰, ۶۵] | [۰/۰۶۰۸, ۰/۵۳۳۰] |
| ۲ | ۲۶۸ | ۱۰ | [۶۰, ۷۰] | [۰/۰۷۷۶, ۰/۶۷۶۸] |
| ۳ | ۲۵۹ | ۳ | [۴۰, ۵۰] | [۰/۰۵۵۱, ۰/۴۸۱۰] |
| ۴ | ۱۸۰ | ۶ | [۱۰۰, ۱۶۰] | [۰/۰۶۳۸, ۰/۵۵۶۸] |
| ۵ | ۲۵۷ | ۴ | [۴۵, ۵۵] | [۰/۰۵۷۹, ۰/۵۰۵۱] |
| ۶ | ۲۴۸ | ۲ | [۸۵, ۱۱۵] | [۰/۰۵۲۵, ۰/۴۵۸۱] |

**ادامه جدول ۱**

| شماره تأمین‌کننده ($DMU_j$) | ورودی‌ها | | خروجی | داده‌های ترتیبی تبدیل شده شهرت تأمین‌کننده |
|---|---|---|---|---|
| | $x_{1j}$ | $x_{2j}$ [a] | $y_{1j}$ | |
| ۷ | ۲۷۲ | ۸ | [۷۰, ۹۵] | [۰/۰۷۰۴, ۰/۶۱۳۹] |
| ۸ | ۳۳۰ | ۱۱ | [۱۰۰, ۱۸۰] | [۰/۰۸۱۴, ۰/۷۱۰۷] |
| ۹ | ۳۲۷ | ۹ | [۹۰, ۱۲۰] | [۰/۰۷۳۹, ۰/۶۴۴۶] |
| ۱۰ | ۳۳۰ | ۷ | [۵۰, ۸۰] | [۰/۰۶۷۰, ۰/۵۸۴۷] |
| ۱۱ | ۳۲۱ | ۱۶ | [۲۵۰, ۳۰۰] | [۰/۱۰۳۹, ۰/۹۰۷۰] |
| ۱۲ | ۳۲۹ | ۱۴ | [۱۰۰, ۱۵۰] | [۰/۰۹۴۳, ۰/۸۲۲۷] |
| ۱۳ | ۲۸۱ | ۱۵ | [۸۰, ۱۲۰] | [۰/۰۹۹۰, ۰/۸۶۳۸] |
| ۱۴ | ۳۰۹ | ۱۳ | [۲۰۰, ۳۵۰] | [۰/۰۸۹۸, ۰/۷۸۳۵] |
| ۱۵ | ۲۹۱ | ۱۲ | [۴۰, ۵۵] | [۰/۰۸۵۵, ۰/۷۴۶۲] |
| ۱۶ | ۳۳۴ | ۱۷ | [۷۵, ۸۵] | [۰/۱۰۹۱, ۰/۹۵۲۴] |
| ۱۷ | ۲۴۹ | ۱ | [۹۰, ۱۸۰] | [۰/۰۵۰۰, ۰/۴۳۶۲] |
| ۱۸ | ۲۱۶ | ۱۸ | [۹۰, ۱۵۰] | [۰/۱۱۴۶, ۱/۰۰۰۰] |

[a] رتبه‌بندی، به گونه‌ای که ۱۸ ≡ بالاترین رتبه، ...، ۱ ≡ پایین‌ترین رتبه ( $x_{۲,۱۸} > x_{۲,۱۶} > \ldots > x_{۲,۱۷}$ ).

فرض کنید پارامتر شدت ترجیح و پارامتر نسبت درباره اطلاعات ترجیح ترتیبی قوی به‌ترتیب به‌صورت $\xi_۲ = ۱/۰۵$ و $\sigma_۲ = ۰/۰۵$ تعیین (یا براورد) شده‌اند.[50] با استفاده از تکنیک تبدیل شرح داده شده در [۲۹، صص۳۴۷–۳۷۰]، می‌توان یک براورد بازه را برای شهرت هر تأمین‌کننده (DMU) به دست آورد که در ستون آخر جدول ۱ نشان داده شده است.

برای نشان دادن تکنیک تبدیل شرح داده شده در [۲۹، صص۳۴۷–۳۷۰]، براورد بازه‌ای برای $DMU_۵$ به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\hat{x}_{۳۵} \in [\sigma_۳ \xi_۳^{n-j}, \xi_۳^{۱-j}] = [۰/۰۵(۱/۰۵)^{۱۸-۱۵}, ۱/۰۵^{۱-۱۵}] = [۰/۰۵۷۹, ۰/۵۰۵۱]$$

در مورد داده‌های دقیق، آن‌ها را می‌توان نوع خاصی از داده‌های بازه‌ای دانست که کران‌های پایین و بالای مساوی دارند. بنابراین همه داده‌های ورودی و خروجی اکنون تبدیل به اعداد بازه‌ای شده‌اند که می‌توان آن‌ها را با استفاده از مدل‌های DEA بازه‌ای ارزیابی کرد. جدول ۲ نتایج سنجش کارایی هیجده DMU را تحت دیدگاه‌های خوشبینانه و بدبینانه به

دست آمده با استفاده از مدل‌های DEA بازه‌ای نشان می‌دهد.

با اعمال مدل‌های DEA بازه‌ای (۱) و (۲)، نمرات کارایی خوشبینانه‌ی DMUها در ستون دوم جدول ۲ نشان داده شده‌اند.

با توجه به جدول ۲ می‌توان دریافت که تنها یک DMU، یعنی $DMU_{۱۴}$ برحسب مدل DEA (۱)، کارای DEA یا کارای خوشبینانه می‌باشد. هم‌چنین با استفاده از مدل‌های DEA بازه‌ای (۳) و (۴)، نتایج نمره‌دهی فهرست شده در ستون سوم جدول ۲ را به دست می‌آوریم. از دیدگاه کارایی بدبینانه، یک DMU، یعنی $DMU_{۱۵}$ برحسب مدل DEA (۳)، ناکارآی DEA یا ناکارای بدبینانه می‌باشد. بعلاوه، نتایج به‌همراه بازه کارایی عملکرد کلی آن‌ها که با معادله‌های (۶) تعیین می‌شود، در جدول ۲ نشان داده شده‌اند.

از آن جایی که نمره کارایی نهایی هر DMU با یک بازه مشخص می‌شود، از این رو یک رویکرد رتبه‌بندی ساده ولی عملی برای مقایسه و رتبه‌بندی کارایی‌های DMUها مورد نیاز است. برای رتبه‌بندی اعداد بازه‌ای پیش از این چند رویکرد توسعه داده شده‌اند ولی همگی آن‌ها معایبی دارند؛ به‌خصوص وقتی که اعداد بازه‌ای مرکز یکسان ولی عرض‌های متفاوت دارند، همگی آن‌ها از افتراق دادن این اعداد عاجز هستند. برای مقایسه و رتبه‌بندی بازه کارایی عملکرد کلی هیجده DMU، از رویکرد پشیمانی کمینه- بیشینه (MRA)- که به‌وسیله وانگ و د. توسعه یافته است- استفاده می‌شود [۲۹، صص۳۴۷-۳۷۰] .

**جدول ۲** ارزیابی ۱۸ تأمین‌کننده با استفاده از DEA با مرزهای دوگانه

| $DMU_j$ | بازه کارایی خوشبینانه $([\theta_j^{L^*}, \theta_j^{U^*}])$ | بازه کارایی بدبینانه $([\varphi_j^{L^*}, \varphi_j^{U^*}])$ | بازه کارایی عملکرد کلی $([\eta_j^L, \eta_j^U])$ | رتبه |
|---|---|---|---|---|
| ۱ | [۰/۱۷۴۵, ۰/۳۷۳۱] | [۱/۴۳۷۷, ۱/۸۶۹۲] | [۰/۱۶۱۳, ۰/۳۷۹۲] | ۱۴ |
| ۲ | [۰/۱۹۷۶, ۰/۳۲۱۴] | [۱/۶۲۸۷, ۱/۹۰۰۳] | [۰/۱۸۲۷, ۰/۳۵۱۷] | ۱۲ |
| ۳ | [۰/۱۳۶۳, ۰/۳۲۱۲] | [۱/۱۲۳۶, ۱/۴۰۴۵] | [۰/۱۲۵۹, ۰/۳۰۴۰] | ۱۶ |
| ۴ | [۰/۴۹۰۵, ۰/۷۸۴۸] | [۳/۳۶۲۸, ۶/۴۶۶۹] | [۰/۴۱۳۴, ۰/۱۹۵۰] | ۳ |
| ۵ | [۰/۱۵۴۶, ۰/۲۴۲۳] | [۱/۲۷۳۹, ۱/۵۵۷۰] | [۰/۱۴۲۸, ۰/۳۲۶۷] | ۱۵ |
| ۶ | [۰/۳۰۲۶, ۰/۵۵۸۲] | [۲/۴۶۳۵, ۳/۳۷۳۷] | [۰/۲۷۹۶, ۰/۷۳۲۲] | ۵ |
| ۷ | [۰/۲۲۷۲, ۰/۳۴۵۲] | [۱/۸۷۲۳, ۲/۵۴۱۱] | [۰/۲۱۰۰, ۰/۴۹۶۴] | ۱۱ |
| ۸ | [۰/۲۶۷۵, ۰/۵۶۴۵] | [۲/۲۰۴۶, ۳/۹۶۸۵] | [۰/۲۴۷۲, ۰/۷۹۳۹] | ۸ |
| ۹ | [۰/۲۴۳۰, ۰/۴۱۳۶] | [۲/۰۰۲۳, ۲/۶۶۹۹] | [۰/۲۲۴۶, ۰/۵۵۸۹] | ۹ |
| ۱۰ | [۰/۱۳۳۸, ۰/۳۰۳۳] | [۱/۱۰۲۳, ۱/۷۶۳۷] | [۰/۱۲۳۶, ۰/۳۹۱۲] | ۱۷ |

**ادامه جدول ۲**

| $DMU_j$ | بازه کارایی خوشبینانه $([\theta_j^{L^*},\theta_j^{U^*}])$ | بازه کارایی بدبینانه $([\varphi_j^{L^*},\varphi_j^{U^*}])$ | بازه کارایی عملکرد کلی $([\eta_j^{L},\eta_j^{U}])$ | رتبه |
|---|---|---|---|---|
| ۱۱ | [۰/۶۸۷۵, ۰/۸۲۵۱] | [۵/۱۵۸۸, ۶/۷۶۹۶] | [۰/۶۰۵۶, ۱/۲۵۶۴] | ۲ |
| ۱۲ | [۰/۲۶۸۳, ۰/۴۰۷۹] | [۲/۲۱۱۳, ۳/۳۱۷۳] | [۰/۲۴۷۹, ۰/۶۱۶۹] | ۷ |
| ۱۳ | [۰/۲۵۱۳, ۰/۳۷۷۰] | [۱/۷۳۷۴, ۱۰۷] | [۰/۲۱۲۶, ۰/۵۷۴۱] | ۱۰ |
| ۱۴ | [۰/۵۷۱۴, ۱/۰۰۰۰] | [۴/۷۰۴۷, ۸/۲۴۰۹] | [۰/۵۲۸۰, ۱/۵۲۲۷] | ۱ |
| ۱۵ | [۰/۱۲۱۳, ۰/۱۶۶۹] | [۱/۰۰۰۰, ۱/۳۷۵۱] | [۰/۱۱۲۱, ۰/۲۵۴۲] | ۱۸ |
| ۱۶ | [۰/۱۹۸۲, ۰/۲۲۴۷] | [۱/۴۷۴۵, ۱/۸۱۱۶] | [۰/۱۷۳۸, ۰/۳۴۲۱] | ۱۳ |
| ۱۷ | [۰/۳۱۹۱, ۰/۹۱۶۵] | [۲/۶۲۹۶, ۵/۲۵۹۳] | [۰/۲۹۴۹, ۱/۱۷۵۴] | ۴ |
| ۱۸ | [۰/۳۶۷۸, ۰/۶۱۳۱] | [۱/۷۰۸۲, ۵/۰۵۲۳] | [۰/۲۶۲۲, ۰/۹۳۳۶] | ۶ |

در ستون آخر جدول ۲، رتبه‌بندی هیجده DMU براساس بازه کارایی عملکرد کلی آورده شده است. روشن است که تأمین‌کننده شماره ۱۴ بهترین عملکرد کلی را دارد و باید انتخاب شود.

و درنهایت، آن‌چه در این‌جا مورد نظر است که بر آن تأکید شود، 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؛ به‌عنوان مثال، $DMU_{۱۱}$، $DMU_{۱۴}$، $DMU_{۴}$ و $DMU_{۱۸}$ وقتی که از دیدگاه خوشبینانه ارزیابی می‌شوند، از همه DMUهای دیگر عملکرد بهتری دارند و به‌ترتیب در رتبه اول، دوم، سوم و چهارم قرار می‌گیرند. هم‌چنین، زمانی که $DMU_{۱۴}$، $DMU_{۱۱}$، $DMU_{۴}$ و $DMU_{۱۷}$ از دیدگاه بدبینانه ارزیابی می‌شوند، عملکرد آن‌ها به‌ترتیب به‌صورت اول، دوم، سوم و چهارم رتبه‌بندی می‌شود. به‌طور مسلم این دو نتیجه ارزیابی با یکدیگر تعارض دارند. یک مجموعه نمره‌دهی عملکرد باید مشتمل بر هر دوی آن‌ها باشد. ارزیابی نتیجه‌گیری‌های حاصل از فقط یکی از آن‌ها یک‌طرفه خواهد بود [۳۳، صص۴۱۱-۴۱۸؛ ۳۴، صص۲۳۸۴-۲۳۹۳؛ ۳۵، صص۴۹-۶۳].

از آن‌جا که DEA به‌خاطر کاربردها و مطالعات موردی موفق خود، از سوی محققان صنعتی و دانشگاهی مورد توجه بسیار زیادی قرار گرفته است. رویکرد DEA بازه‌ای پیشنهادی را می‌توان برای تحلیل شاخص بهره‌وری مالمکوئیست [۳۶، صص۱۳۷-۱۵۶]، بررسی کارایی بانک [۳۷، صص۱۳۷-۱۶۴]، سنجش عملکرد شعب بانک [۳۸، صص۸۷-۱۰۳]،

اندازه‌گیری کارایی مؤسسات آموزش عالی [۳۹، ،صص۱-۲۳؛۴۰، صص۱۱-۲۸] و غیره به کار برد.

## ۵- ملاحظات پایانی

بسیاری از کارشناسان و محققان، مزایای مدیریت زنجیره تأمین را برشمرده‌اند. به‌منظور افزایش مزیت رقابتی، بسیاری از شرکت‌ها احساس می‌کنند که داشتن یک سیستم زنجیره تأمین که به‌خوبی طراحی و پیاده‌سازی شده باشد، ابزار بسیار مهمی در این زمینه است. در این شرایط، استفاده از نزدیکی و روابط درازمدت بین خریداران و تأمین‌کنندگان یک عامل بحرانی موفقیت برای سیستم زنجیره تأمین محسوب می‌شود. بنابراین مسئله انتخاب تأمین‌کنندگان مهم‌ترین مسئله برای پیاده‌سازی یک سیستم زنجیره تأمین است.

در مقاله حاضر، یک رویکرد DEA با مرزهای دوگانه - در شرایطی که هم عوامل ترتیبی و هم عوامل اصلی وجود دارند- برای انتخاب و توجیه تأمین‌کنندگان معرفی شد. رویکرد DEA پیشنهادی با مرزهای دوگانه نه فقط کارایی‌های خوشبینانه‌ی تأمین‌کنندگان را در نظر می‌گیرد، بلکه کارایی‌های بدبینانه آن‌ها را نیز هم‌زمان در نظر می‌گیرد. هم‌چنین اندازه‌های جدید عملکرد کلی برای تجمیع دو کارایی مختلف هر تأمین‌کننده پیشنهاد شد. اندازه‌های عملکرد کلی نه فقط بزرگیِ دو کارایی مختلف را در نظر گرفته‌اند، بلکه راستای آن‌ها را نیز در نظر می‌گیرند. رویکرد DEA پیشنهادی با مرزهای دوگانه با یک مثال عددی برای نشان دادن سادگی و سودمندی آن در انتخاب و توجیه تأمین‌کنندگان بررسی شده است. در این صورت نشان داده شده است که رویکرد DEA با مرزهای دوگانه مزیت قابل توجهی نسبت به روش‌های فعلی برای انتخاب و ارزیابی تأمین کنندگان دارد. این روش می‌تواند بهترین تأمین‌کننده را به‌آسانی و به‌درستی بدون نیاز به تحمیل هیچ‌گونه محدودیت وزنی ذهنی شناسایی کند. انتظار می‌رود که رویکرد DEA پیشنهادی بتواند نقش مهمی در انتخاب و توجیه تأمین‌کنندگان داشته باشد و کاربردهای بیش‌تری از آن در آینده حاصل شود.

## ۶- پی‌نوشت‌ها

1. Ordinal Data
2. Just-in-Time
3. Data Envelopment Analysis (DEA)
4. Multiple Attribute Decision-Making (MADM)

5. Decision-Making Units (DMUs)
6. Karpak
7. O'Brien
8. Ross
9. Droge
10. Facet analysis
11. Talluri
12. Baker
13. Narasimhan
14. Azoulay-Schwartz
15. Gittins
16. Kumar
17. Goal Programming (GP)
18. Ip
19. Lin
20. Chen
21. Hong
22. Chandra
23. Chang
24. Hajidimitriou
25. Georgiou
26. Wang
27. Analytic Hierarchy Process (AHP)
28. Cakravastia
29. Liu
30. Hai
31. Sha
32. Che
33. Xia
34. Wu
35. Choy
36. Dulmin
37. Mininno
38. Humphreys
39. Chen
40. Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS)
41. Charnes
42. Banker
43. Optimistic non-Efficient
44. Pessimistic Inefficient
45. Pessimistic non-Inefficient
46. Chin

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

47. Total Cost of Shipments
48. Supplier Reputation
49. Number of Bills Received from the Supplier Without Errors

۵۰. خوانندگان علاقه‌مند می‌توانند برای بحث بیش‌تر درباره چگونگی تبدیل اطلاعات ترجیح ترتیبی به داده‌های بازه‌ای به مقاله وانگ و د. [۲۹، صص۳۴۷-۳۷۰] مراجعه کنند.

## ۷- منابع


[1] Shin H., Collier D. A.,"Wilson D.D.; Supply management orientation and supplier/buyer performance"; *Journal of Operations Management*, 18(3), 2000.

[2] Karpak B., Kumcu E., Kasuganti R. R.;"Purchasing materials in the supply chain: Managing a multi-objective task"; *European Journal of Purchasing & Supply Management*, 7(3), 2001.

[3] Ghodsypour S. H., O'Brien C.;"The total cost of logistics in supplier selection, under conditions of multiple sourcing, multiple criteria and capacity constraint"; *International Journal of Production Economics*, 73(1), 2001.

[4] Ross A., Droge C.; "An integrated benchmarking approach to distribution center performance using DEA modeling"; *Journal of Operations Management*, 20(1) 2002.

[5] Talluri S., Baker R.C.;"A multi-phase mathematical programming approach for effective supply chain design"; *European Journal of Operational Research*, 141(3), 2002.

[6] Talluri S., Narasimhan R.;"Vendor evaluation with performance variability: A max–min approach"; *European Journal of Operational Research*, 146(3), 2003.

[7] Azoulay-Schwartz R., Kraus S., Wilkenfeld J.;" Exploitation vs. exploration: Choosing a supplier in an environment of incomplete information", *Decision Support Systems*, 38(1), 2004.

[8] Kumar M., Vrat P., Shankar R.;"A fuzzy goal programming approach for vendor selection problem in a supply chain"; *Computers & Industrial Engineering*, 46(1) , 2004.

[9] Ip W.H., Yung K.L., Wang D.;"A branch and bound algorithm for sub-contractor selection in agile manufacturing environment"; *International Journal of Production Economics*, 87(2), 2004.

[10] Lin C.W.R., Chen H.Y.S.; "A fuzzy strategic alliance selection framework for supply chain partnering under limited evaluation resources"; *Computers in Industry*, 55(2), 2004.

[11] Hong G.H., Park S.C., Jang D.S., Rho H.M.;"An effective supplier selection method for constructing a competitive supply-relationship"; *Expert Systems with Applications*, 28(4), 2005.

[12] Chandra S., Chen B., Chan W.M.;"Supplier selection using dual-matrix approach in a JIT system"; In: *Proceedings of 14th International Conference for the International Association of Management of Technology*, 2005.

[13] Chang S.L., Wang R.C., Wang S.Y.; "Applying fuzzy linguistic quantifier to select supply chain partners at different phases of product life cycle"; *International Journal of Production Economics*, 100(2), 2006.

[14] Talluri S., Narasimhan R., Nair A.;"Vendor performance with supply risk: A chance-constrained DEA approach"; *International Journal of Production Economics*, 100(2), 2006.

[15] Hajidimitriou Y.A., GeorgiouA.C.;"A goal programming model for partner selection decisions in international joint ventures"; *European Journal of Operational Research*, 138(3), 2002,.

[16] Wang G., Huang S.H., Dismukes J.P.;"Product-driven supply chain selection using integrated multi-criteria decision making methodology"; *International Journal of Production Economics*, 91(1), 2004.

[17] Cakravastia A., Toha I.S., Nakamura N.;"A two-stage model for the design of supply chain networks"; *International Journal of Production Economics*, 80(3), 2002.

[18] Liu F.F., Hai H.L.;"The voting analytic hierarchy process method for selecting

supplier"; *International Journal of Production Economics*, 97(3), 2005.

[19] Sha D., Che Z.; "Supply chain network design: Partner selection and production/distribution planning using a systematic model"; *Journal of the Operational Research Society*, 57(1), 2006.

[20] Xia W., Wu Z.;"Supplier selection with multiple criteria in volume discount environments"; *Omega*, 35(5), 2007.

[21] Choy K.L., Lee W.B., Lo V.;"An intelligent supplier management tool for benchmarking suppliers in outsource manufacturing"; *Expert Systems with Applications*, 22(3), 2002.

[22] Dulmin R., Mininno V.;"Supplier selection using a multi- criteria decision aid method"; *Journal of Purchasing and Supply Management*, 9(4), 2003.

[23] Humphreys P.K., Wong Y.K., Chan F.T.S.;" Integrating environmental criteria into the supplier selection process"; *Journal of Materials Processing Technology*, 138(1–3), 2003.

[24] Chen C.T., Lin C.T., Huang S.F.;"zA fuzzy approach for supplier evaluation and selection in supply chain management"; *International Journal of Production Economics*, 102(2) , 2006.

[25] Farzipoor Saen R.;"Suppliers selection in the presence of both cardinal and ordinal data"; *European Journal of Operational Research*, 183(2), 2007.

[26] Farzipoor Saen R.;"Supplier selection by the new AR-IDEA model", *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 39(11–12), 2008.

[27] Charnes A., Cooper W.W., Rhodes E.;"Measuring the efficiency of decision making units"; *European Journal of Operational Research*, 2(6), 1978.

[28] Banker R.D., Charnes, A., Cooper, W.W.;"Some methods for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis"; *Management Science*, 30(9), 1984.

[29] Wang Y.M., Greatbanks R., Yang J.B.;"Interval efficiency assessment using

data envelopment analysis"; *Fuzzy Sets and Systems*, 153(3), 2005.

[30] Azizi H., Ganjeh Ajirlu H.;"Measurement of the worst practice of decision-making units in the presence of non-discretionary factors and imprecise data"; *Applied Mathematical Modelling*, 35(9), 2011.

[31] Wang Y.M., Chin K.S.;"A new approach for the selection of advanced manufacturing technologies: DEA with double frontiers"; *International Journal of Production Research*, 47(23), 2009.

[32] Moore R.E.; Method and application of interval analysis; SIAM, Philadelphia, 1979.

[33] Azizi H., Fathi Ajirlu S.;"Measurement of overall performances of decision-making units using ideal and anti-ideal decision-making units"; *Computers & Industrial Engineering*, 59(3), 2010.

[34] Azizi H.;"The interval efficiency based on the optimistic and pessimistic points of view"; *Applied Mathematical Modelling*, 35(5), 2011.

[35] Azizi H., Jahed R.; An improvement for efficiency interval: Efficient and inefficient frontiers; *International Journal of Applied Operational Research*, 1(1), 2011.

[۳۶] علیرضایی م.، افشاریان م.؛«ارائه مدلی تلفیقی برای محاسبه رشد بهره‌وری کل عوامل از مدلهای تحلیل پوششی داده‌ها، شاخص تورنکوئیست و محاسبه رشد بهره‌وری شرکت ملی نفت ایران»؛ *فصلنامه علمی – پژوهشی مدرس علوم انسانی*، دوره یازدهم، شماره ۳، پاییز ۱۳۸۶.

[۳۷] صفری س.، ابراهیمی شقاقی م.، شیخ، م.؛«مدیریت ریسک اعتباری مشتریان حقوقی در بانک‌های تجاری با رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها (رتبه‌بندی اعتباری)»؛ *فصلنامه علمی – پژوهشی مدرس علوم انسانی - پژوهش‌های مدیریت در ایران*، دوره چهاردهم، شماره ۴، زمستان ۱۳۸۹.

[۳۸] حمیدی ن.، اکبری شمیرانی ر.، فضلی ص.؛«شناسایی شعبه‌های ناکارای بانک ملت و

استفاده از راهبرد ادغام به منظور افزایش کارایی آن»؛ *فصلنامه علمی – پژوهشی مدرس علوم انسانی - پژوهش‌های مدیریت در ایران*، دوره پانزدهم، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۰.

[۳۹] ترکاشوند ع.، آذر ع.؛«ارزیابی عملکرد آموزشی و پژوهشی با استفاده از مدل تحلیل پوششی داده‌ها: گروههای آموزشی دانشکده علوم انسانی هر یک از مدلهای ارزیابی دانشگاه تربیت مدرس»؛ *فصلنامه علمی – پژوهشی مدرس علوم*، دوره دهم، شماره ۱، بهار ۱۳۸۵.

[۴۰] شجاع، ن.، فلاح جلودار م.، درویش متولی م. ح.؛ «تعیین کارایی واحدهای منطقه ۱۲ دانشگاه آزاد اسلامی با استفاده از مدل چند مؤلفه‌ای در تحلیل پوششی داده‌ها»؛ *مجله ریاضیات کاربردی*، دوره هشتم، شماره دوم، ۱۱-۲۸ تابستان ۱۳۹۰.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی