



New Models for Selecting Third-Party Reverse Logistics Providers in the Presence of Multiple Dual-Role Factors: Data Envelopment Analysis with Double Frontiers

Hossein Azizi*

Department of Mathematics, Parsabad Moghan Branch, Islamic Azad University, Parsabad Moghan, Iran.

Abstract

Research has revealed that Data Envelopment Analysis (DEA) is an excellent method of data-based performance analysis for comparing decision-making units with multiple inputs and outputs. Selecting inputs and outputs (performance measures) in DEA is a delicate task. In principle, including a large number of inputs and outputs is a positive advantage. However, the inclusion of multiple inputs and outputs might translate into a great deal more of additional data being included, and this may lead to some decision-making units being considered and designated as efficient simply because of their high performance in relation to a number of redundant and useless variables. Elsewhere, in some situations, some performance measures can play both an input and output role. These performance measures are called flexible measures or dual-role factors. Even though models have been developed for working with such dual-role factors, this paper proposes performance appraisal from both an optimistic and pessimistic perspective for selecting a third-party reverse logistics provider in the presence of multiple dual-role factors. A numerical example illustrates the application of the proposed approach.

Keywords: Data envelopment analysis, Third-party reverse logistics provider, Multiple dual-role factors, Optimistic and pessimistic efficiencies.

Original Article

Receive: 02/05/2020

Reviewed: 14/06/2020

Revise: 16/07/2020

Accept: 19/08/2020

Citation:

Azizi, H. (2020). New models for selecting third-party reverse logistics providers in the presence of multiple dual-role factors: data envelopment analysis with double frontiers. *Decisions & operations research*, 5(2), 221-232.

* Corresponding Author

Email Address: azizhossein@gmail.com

DOI: 10.22105/dmor.2020.235685.1158



مدل‌های جدیدی برای انتخاب ارائه‌دهندگان تدارکات معکوس طرف ثالث در حضور عوامل متعدد دارای نقش دوگانه: یک رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها با مرز دوگانه

حسین عزیزی*

گروه ریاضی، واحد پارس آباد مغان، دانشگاه آزاد اسلامی، پارس آباد مغان، ایران.

چکیده

مطالعات نشان داده است که تحلیل پوششی داده‌ها یک روش عالی تحلیل کارایی مبتنی بر داده‌ها برای مقایسه‌ی واحدهای تصمیم‌گیری دارای ورودی‌های متعدد و خروجی‌های متعدد است. انتخاب ورودی‌ها و خروجی‌ها (اندازه‌های عملکردی) در تحلیل پوششی داده‌ها کار ظریفی است. اساساً گنجاندن تعداد زیاد ورودی‌ها و خروجی‌ها کار خوبی محسوب می‌شود. ولی گنجاندن ورودی‌ها و خروجی‌های متعدد ممکن است به معنای آن باشد که مقدار زیادی اطلاعات اضافی گنجانده شده است، و این ممکن است منجر به آن شود که برخی از واحدهای تصمیم‌گیری صرفاً به خاطر اینکه از نظر برخی از متغیرهای زائد عملکرد بالایی دارند، به عنوان کارا محسوب شوند. از طرفی، در برخی از موقعیت‌ها، بعضی اندازه‌های عملکردی می‌توانند هم نقش ورودی و هم نقش خروجی را ایفا کنند. به این اندازه‌های عملکردی، اندازه‌های انعطاف‌پذیر یا عوامل دونقشی می‌گویند. گرچه مدل‌هایی برای کار با این گونه عوامل دونقشی ابداع شده‌اند، اما این مقاله ارزیابی عملکرد را از دو دیدگاه خوش‌بینانه و بدبینانه برای انتخاب ارائه‌دهنده‌ی تدارکات معکوس طرف ثالث در حضور عوامل دونقشی متعدد پیشنهاد می‌کند. یک مثال عددی کاربرد رویکرد پیشنهادی را نشان می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: تحلیل پوششی داده‌ها، ارائه‌دهنده‌ی تدارکات معکوس طرف ثالث، عوامل دونقشی متعدد، کارایی‌های خوش‌بینانه و بدبینانه.

مقاله پژوهشی

پذیرش: ۱۳۹۹/۰۵/۲۹

اصلاح: ۱۳۹۹/۰۴/۲۶

داوری: ۱۳۹۹/۰۳/۲۵

دریافت: ۱۳۹۹/۰۲/۱۳

۱- مقدمه

تدارکات معکوس به معنای حرکت فیزیکی از ناحیه‌ی مصرف‌کننده به ناحیه‌ی مبدأ است، [به‌طوری‌که] شرکت‌ها در فرایند بازیافت و استفاده‌ی مجدد نیز سود بیشتری کسب می‌کنند. به‌طور خاص، تولیدکننده محصولات مستعمل را از مشتریان جمع‌آوری کرده و پس از تولید مجدد، محصولات جدید به مشتریان می‌فروشد. در تدارکات معکوس، هدف این است که چگونه برگشتی‌ها را پس بگیریم و آن‌ها را به‌طور مؤثر و اقتصادی بازیابی کنیم. اجرای تدارکات معکوس برای شرکت‌ها به جهت حفظ منابع طبیعی، تقویت رقابت بازرگانی، و افزایش سود اقتصادی مطلوب است.

در حال حاضر، مطالعات یا مدل‌های ریاضی در زمینه‌ی مدیریت در عرصه‌ی تدارکات معکوس اندک است. تدارکات معکوس عمدتاً بر اساس هزینه، مدیریت و ارزیابی می‌شود. قابل‌انکار نیست که هزینه، شاخص مهمی برای ارزیابی وضعیت تدارکات معکوس است، ولی

*نویسنده مسئول

آدرس رایانامه: azizhossein@gmail.com

شناسه دیجیتال: 10.22105/dmor.2020.235685.1158

به علت پیچیدگی تدارکات معکوس، فراگیر نیست؛ بنابراین، ضروری است که یک مدل ارزیابی از دیدگاه متفاوتی ساخته شود (ژانگ و لو، ۲۰۰۶).

تحلیل پوششی داده‌ها^۲ (DEA) که توسط چارنز و همکاران^۳ (۱۹۷۸) ابداع شده است، یک روش ناپارامتری را برای ارزیابی کارایی هر یک از اعضای مجموعه‌ای از واحدهای تصمیم‌گیری^۴ (DMUها) نسبت به یکدیگر فراهم می‌کند. در کاربرد متعارف DEA، فرض می‌شود که با داشتن مجموعه‌ای از اندازه‌های عملکردی، به روشنی می‌توانیم مشخص کنیم که چه شاخص‌هایی ورودی و چه شاخص‌هایی خروجی هستند. مثلاً در یک مطالعه‌ی متعارف کارایی عملیات شعب بانکی، خروجی‌های استفاده شده تراکنش‌های استاندارد گیشه از قبیل واریز و برداشت، و ورودی‌ها شامل منابع مانند انواع مختلف پرسنل هستند. اما فرض کنید که می‌خواهیم کارایی هر شعبه را برای جذب سرمایه ارزیابی کنیم. در این حالت، عاملی مانند تعداد مشتریان «با ارزش بالا» می‌تواند هم به‌عنوان ورودی و هم به‌عنوان خروجی محسوب شود. از یک دیدگاه، چنین اندازه‌ی عملکردی می‌تواند نقش جایگزین را برای سرمایه‌گذاری آینده ایفا کند، بنابراین، به‌طور منطقی می‌توان آن را به‌عنوان یک خروجی طبقه‌بندی کرد. از سوی دیگر، آن را می‌توان منطقاً به‌عنوان یک ورودی محیطی در نظر گرفت که در تولید سبد سرمایه‌گذاری موجود به شعبه کمک می‌کند (کوک و ژو، ۲۰۰۷).

در مورد ارزیابی بهره‌وری پژوهشی توسط دانشگاه‌ها چندین بحث را می‌توان مطرح کرد که این‌ها در بیزلی^۶ (۱۹۹۰، ۱۹۹۵) مورد بحث قرار گرفته‌اند. در آنجا، «درآمد پژوهشی» هم به‌عنوان خروجی و هم به‌عنوان ورودی در نظر گرفته می‌شود. برای کار با عامل دو نقشی، کوک و همکاران (۲۰۰۶) مدلی ایجاد کردند که فقط یک عامل منفرد را در نظر می‌گیرد و عوامل دونقشی متعدد را در نظر نمی‌گیرد.

هدف اصلی این مطالعات آن است که رفتار عوامل دونقشی شناخته شود: عوامل دونقشی که به‌صورت ورودی شناسایی می‌شوند، و عوامل دونقشی که به‌صورت خروجی شناسایی می‌شوند. همه‌ی این مطالعات از DEA استفاده می‌کنند که تکنیک کارایی چند ورودی-خروجی ناپارامتری است، که می‌تواند با این وضعیت چندبعدی کار کند و کار مشکل برآورد وزن را که در روش‌های دیگر تصمیم‌گیری چندمعیاری، مانند فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی^۷ (AHP) یا بهره‌وری کلی عوامل، وجود دارد، از میان بردارد. لیکن، تقریباً هیچ‌کدام از این مطالعات مدل‌های DEA را در عرصه‌ی ارائه‌دهندگان تدارکات معکوس طرف ثالث^۸ (3PL) مورد استفاده قرار نداده‌اند.

این مقاله دو دیدگاه خوش‌بینانه و بدبینانه را مطالعه می‌کند و یک رویکرد ارزیابی کلی را برای اندازه‌گیری کارایی پیشنهاد می‌کند. کارایی‌های بدبینانه و خوش‌بینانه‌ی یک DMU بر اساس مضارب تعیین شده توسط هر کدام از DMUها محاسبه می‌شود، و عملکرد کلی از ادغام کارایی‌های خوش‌بینانه و بدبینانه به‌دست می‌آید. در مورد دیدگاه خوش‌بینانه، مطالعات نشان داده است که کارایی خوش‌بینانه برای یک DMU یک طرف است. با تعریف کردن کارایی‌های بدبینانه‌ی DMU به‌عنوان مکمل کارایی‌های خوش‌بینانه متناظر برای یک DMU، این خاصیت که عملکرد کلی از ادغام کارایی‌های خوش‌بینانه و بدبینانه است، حاصل می‌شود. هدف این مقاله پیشنهاد مدل‌هایی برای انتخاب ارائه‌دهندگان 3PL در حضور عوامل دونقشی متعدد از هر دو دیدگاه خوش‌بینانه و بدبینانه است. این

^۱Zhang & Lu

^۲Data envelopment analysis (DEA)

^۳Charnes et al.

^۴Decision-making units (DMUs)

^۵Cook & Zhu

^۶Beasley

^۷Analytic hierarchy process (AHP)

^۸Third-party reverse logistics (3PL)

مقاله فرایند انتخاب ارائه دهنده‌ی 3PL را از طریق مدل‌های DEA نشان می‌دهد، ضمن اینکه امکان گنجاندن عوامل دونقشی متعدد را نیز می‌دهد.



مقاله به صورت زیر پیش می‌رود. در قسمت ۲، مرور مقالات ارائه می‌شود. قسمت ۳ رویکرد DEA با مرز دوگانه را برای انتخاب ارائه دهنده‌ی 3PL مورد بحث قرار می‌دهد. مثال عددی و نتایج مدیریتی به ترتیب در قسمت‌های ۴ و ۵ مورد بحث قرار گرفته‌اند. قسمت ۶ ملاحظات پایانی را مورد بحث قرار می‌دهد.

۲- مرور مقالات

در گذشته رویکردهای برنامه‌ریزی ریاضی مختلفی برای انتخاب ارائه دهنده‌ی 3PL مورد استفاده قرار گرفته‌اند. ژانگ و همکاران (۲۰۰۴) برای انتخاب فروشندگان 3PL از یک مدل مبتنی بر AHP برای یک مطالعه‌ی موردی استفاده کردند. ژانگ و فنگ^۱ (۲۰۰۷) از AHP فازی برای بحث در مورد یک فرایند انتخاب ارائه دهنده‌ی تدارکات معکوس از طریق یک پرونده‌ی عملی استفاده کردند. میاده و سارکیز^۲ (۲۰۰۲) عوامل جدیدی را برای گنجاندن در مسئله‌ی انتخاب ارائه دهنده‌ی 3PL در داخل یک چارچوب تصمیم‌گیری مدل‌سازی کردند. برای این منظور، آن‌ها از فرایند تحلیل شبکه‌ای^۳ (ANP) استفاده کردند. برای کمک به تصمیم‌گیرندگان در تعیین مناسب‌ترین ارائه دهنده‌ی 3PL در شرایط وجود ابهام، افندیگیل و همکاران^۴ (۲۰۰۸) یک مدل دوفازی را بر اساس شبکه‌های عصبی و AHP فازی به صورت کل‌گرا ایجاد کردند.

با این حال، ANP و AHP دو نقطه ضعف اصلی دارند. اولاً ذهنی بودن AHP و ANP یک نقطه‌ی ضعف است. تصمیم‌گیرنده مقادیر مقایسه‌ی زوجی را ارائه می‌کند و بنابراین، مدل تا حد زیادی متکی بر وزن‌های ارائه شده توسط تصمیم‌گیرنده است. ثانیاً، زمان لازم برای تکمیل یک چنین مدلی یک نقطه‌ی ضعف است. تعداد مقایسه‌های زوجی لازم ممکن است به حد پرزحمتی افزایش یابد. در عین حال، وقتی که تعداد گزینه‌ها و معیارها افزایش می‌یابد، فرایند مقایسه‌ی زوجی دشوار می‌شود، و خطر ایجاد ناهمسازی افزایش می‌یابد، بنابراین، کاربرد عملی AHP و ANP را دچار مشکل می‌کند.

بوتانی و ریزی^۵ (۲۰۰۶) یک رویکرد چندصفتی را برای انتخاب و رتبه‌بندی مناسب‌ترین ارائه دهنده‌ی 3PL ارائه کردند. رویکرد آن‌ها مبتنی بر تکنیک ترجیح ترتیب بر اساس شباهت به جواب ایده‌آل^۶ (TOPSIS) و نظریه‌ی مجموعه‌ی فازی است. جانو و همکاران^۷ (۲۰۰۷) یک روش دومرحله‌ای را بر اساس تابع رفاه اجتماعی و TOPSIS ارائه کردند. در مرحله اول، آن‌ها از نظریه‌ی تابع رفاه اجتماعی برای انتخاب ارائه دهنده‌ی بالقوه از تعداد زیادی ارائه دهنده‌ی 3PL استفاده کردند. آنگاه از TOPSIS برای انتخاب نهایی استفاده شد، و لذا از برآورد ذهنی توسط کارشناسان اجتناب شد. آزمایش‌هایی برای ارزیابی کیفیت رویکرد پیشنهادی با استفاده از یک مطالعه‌ی موردی انجام شده است. قوریشی و همکاران^۸ (۲۰۰۷) روشی برای انتخاب ارائه دهنده‌ی 3PL با استفاده از TOPSIS با داده‌های بازه‌ای ارائه کردند. آن‌ها وزن‌های اهمیت معیارها را با استفاده از AHP برای قضاوت در مورد ارائه دهنده‌ی خدمات 3PL به دست آوردند. همچنین، آن‌ها روش TOPSIS بسط داده شده را با یک مسئله‌ی موردی نشان دادند.

^۱Feng

^۲Meade & Sarkis

^۳Analytic network process (ANP)

^۴Efendigil et al.

^۵Bottani & Rizzi

^۶Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS)

^۷Cao et al.

^۸Qureshi et al.

هاس و همکاران^۱ (۲۰۰۳) DEA را برای کمک به مدیران تدارکات جهت ارزیابی کانال‌های تدارکات معکوس به کار گرفتند. رویکرد آن‌ها امکان درک تعاملات هزینه‌ای و کارایی اعضای کانال در کانال‌های تدارکات معکوس را برای مدیران تدارکات فراهم می‌کند. مین و جو^۲ (۲۰۰۶)، به منظور کمک به ارائه‌دهندگان 3PL برای تقویت بهره‌وری و قدرت اهرمی قیمت در بازار شدیداً رقابتی 3PL، مجموعه‌ای مفیدی از محک‌های مالی را ایجاد کردند که استانداردهای کاری را تعیین می‌کنند. آن‌ها نوعی DEA را پیشنهاد کردند که مفید بودن آن برای اندازه‌گیری کارایی عملیاتی سازمان‌های مختلف انتفاعی و غیرانتفاعی ثابت شده است. فرضی‌پور صائن^۳ (۲۰۰۹) روشی را برای انتخاب بهترین ارائه‌دهندگان 3PL در حضور هر دو نوع داده‌های اصلی و ترتیبی پیشنهاد کرد.

با این حال، تمام منابع فوق‌الذکر عوامل دونقشی را در نظر نمی‌گیرند. تکنیکی که بتواند با عوامل دونقشی کار کند، برای مدل‌سازی بهتر این موقعیت مورد نیاز است. تا جایی که مؤلف اطلاع دارد، هیچ‌گونه مرجعی وجود ندارد که انتخاب ارائه‌دهنده‌ی 3PL را در حضور عوامل دونقشی متعدد از هر دو دیدگاه خوش‌بینانه و بدبینانه در نظر گرفته باشد. رویکرد ارائه شده در این مقاله دارای برخی ویژگی‌های متمایز است.

- مدل‌های پیشنهادی نیازی به وزن‌های دقیق از تصمیم‌گیرنده ندارند.
- مدل‌های پیشنهادی عوامل دونقشی متعدد را برای انتخاب ارائه‌دهنده‌ی 3PL در نظر می‌گیرند.
- مدل‌های پیشنهادی را می‌توان به آسانی کامپیوتری کرد تا بتوان از آن‌ها به‌عنوان یک ابزار تصمیم‌گیری جهت کمک به تصمیم‌گیرندگان استفاده کرد.
- هر دو دیدگاه خوش‌بینانه و بدبینانه همزمان در نظر گرفته می‌شوند.

۳- رویکرد DEA با مرز دوگانه

۳-۱- انتخاب ارائه‌دهنده‌ی 3PL از دیدگاه خوش‌بینانه

فرض کنید K ، DMU وجود دارد، که باید از نظر R خروجی $Y_k = (y_{rk})_{r=1}^R$ و I ورودی $X_k = (x_{ik})_{i=1}^I$ ارزیابی شوند. به علاوه، فرض کنید که یک عامل خاص توسط هر DMU در مقدار w_k حفظ می‌شود، و هم به‌عنوان عامل ورودی و هم به‌عنوان عامل خروجی عمل می‌کند. مدل پیشنهادی برای در نظر گرفتن یک عامل دونقشی منفرد به‌صورت زیر است (کوک و همکاران، ۲۰۰۶):

$$\begin{aligned} \max \quad & \frac{\sum_{r=1}^R \mu_r y_{ro} + \gamma w_o - \beta w_o}{\sum_{i=1}^I v_i x_{io}} \\ \text{s.t.} \quad & \sum_{r=1}^R \mu_r y_{rk} + \gamma w_k - \beta w_k - \sum_{i=1}^I v_i x_{ik} \leq 0, \quad k = 1, \dots, K, \\ & \mu_r, v_i, \gamma, \beta \geq 0, \quad r = 1, \dots, R, \quad i = 1, \dots, I. \end{aligned} \quad (1)$$

^۱Haas et al.

^۲Min & Joo

^۳Farzipoor Saen

$$\begin{aligned} \max \quad & \sum_{r=1}^R \mu_r y_{ro} + \gamma w_o - \beta w_o \\ \text{s.t.} \quad & \sum_{i=1}^I v_i x_{io} = 1, \\ & \sum_{r=1}^R \mu_r y_{rk} + \gamma w_k - \beta w_k - \sum_{i=1}^I v_i x_{ik} \leq 0, \quad k = 1, \dots, K, \\ & \mu_r, v_i, \gamma, \beta \geq 0, \quad r = 1, \dots, R, \quad i = 1, \dots, I. \end{aligned} \quad (2)$$

که در اینجا μ_r وزن داده شده به خروجی r و v_i وزن داده شده به ورودی i است. DMU_o ، DMU_i مورد بررسی است. مقدار x_{io} ($i = 1, \dots, I$) از ورودی i را مصرف می‌کند و مقدار y_{ro} ($r = 1, \dots, R$) از خروجی r را تولید می‌کند.

فرض کنید برخی از عوامل توسط DMU در مقدار w_{fk} ($f = 1, \dots, F$) نگه داده می‌شوند، و هم به عنوان عوامل ورودی و هم به عنوان عوامل خروجی عمل می‌کنند. مدل برای در نظر گرفتن عوامل دوتنشی متعدد به صورت زیر است (فرضی پور صائن، ۲۰۱۰):

$$\begin{aligned} \max \quad & \frac{\sum_{r=1}^R \mu_r y_{ro} + \sum_{f=1}^F \gamma_f w_{fo} - \sum_{f=1}^F \beta_f w_{fo}}{\sum_{i=1}^I v_i x_{io}} \\ \text{s.t.} \quad & \sum_{r=1}^R \mu_r y_{rk} + \sum_{f=1}^F \gamma_f w_{fk} - \sum_{f=1}^F \beta_f w_{fk} - \sum_{i=1}^I v_i x_{ik} \leq 0, \quad k = 1, \dots, K \\ & \mu_r, v_i, \gamma_f, \beta_f \geq 0, \quad r = 1, \dots, R, \quad i = 1, \dots, I, \quad f = 1, \dots, F. \end{aligned} \quad (3)$$

شکل برنامه‌ریزی خطی مدل (۳) به صورت زیر است:

$$\begin{aligned} \max \quad & \sum_{r=1}^R \mu_r y_{ro} + \sum_{f=1}^F \gamma_f w_{fo} - \sum_{f=1}^F \beta_f w_{fo} \\ \text{s.t.} \quad & \sum_{i=1}^I v_i x_{io} = 1, \\ & \sum_{r=1}^R \mu_r y_{rk} + \sum_{f=1}^F \gamma_f w_{fk} - \sum_{f=1}^F \beta_f w_{fk} - \sum_{i=1}^I v_i x_{ik} \leq 0, \quad k = 1, \dots, K \\ & \mu_r, v_i, \gamma_f, \beta_f \geq 0, \quad r = 1, \dots, R, \quad i = 1, \dots, I, \quad f = 1, \dots, F. \end{aligned} \quad (4)$$

درباره‌ی مدل (۴) قضیه‌ی زیر را داریم.

قضیه ۱: در بهینه‌ی مسئله‌ی (۴)، داریم $\hat{\gamma}_f \hat{\beta}_f = 0$ ($f = 1, \dots, F$) که در اینجا $\hat{\gamma}_f$ و $\hat{\beta}_f$ مقادیر بهینه‌ی مدل (۴) هستند.

برهان: اثبات خود را بر روی اندیس p ارائه می‌کنیم، برای سایر اندیس‌ها می‌توان اثبات مشابهی ارائه کرد. از آنجا که γ_p و β_p هر دو با هم در قیده‌ای یکسانی ظاهر می‌شوند، و مضارب آن‌ها فقط از نظر علامت با یکدیگر متفاوت‌اند (w_{pk} در مقابل $-w_{pk}$)، که



نشان دهنده‌ی وابستگی خطی آن‌ها است، لذا نمی‌توانند هر دو در یک جواب شدنی پای‌ی یکسان وجود داشته باشند. از این‌رو، دست‌کم یکی از دو متغیر در بهینه غیرپایه است، بدان معنا که $\hat{\gamma}_p \hat{\beta}_p = 0$ ، که این اثبات را کامل می‌کند.

یکی از سه امکان نسبت به علامت $\hat{\gamma}_f - \hat{\beta}_f$ وجود دارد، $\hat{\gamma}_f - \hat{\beta}_f > 0$ ، $\hat{\gamma}_f - \hat{\beta}_f = 0$ ، و یا $\hat{\gamma}_f - \hat{\beta}_f < 0$. در اینجا، مفید است که به رابطه‌ی جالبی که بین مدل بازده به مقیاس ثابت^۱ (CRS) (مدل ۴) و مدل بازده به مقیاس متغیر^۲ (VRS) بنکر و همکاران^۳ (۱۹۸۴) وجود دارد، اشاره کنیم. به طور خاص، مدل VRS با خروجی‌های Y و ورودی‌های X به صورت زیر داده می‌شود:

$$\begin{aligned} & \max \left(\sum_{r=1}^R \mu_r y_{ro} - \mu_o \right) / \sum_{i=1}^I v_i x_{io} \\ & \text{s.t.} \\ & \sum_{r=1}^R \mu_r y_{rk} - \mu_o - \sum_{i=1}^I v_i x_{ik} \leq 0, \quad k = 1, \dots, K, \\ & \mu_r, v_i \geq 0, \quad r = 1, \dots, R, \quad i = 1, \dots, I; \\ & \mu_o \text{ unrestricted in sign.} \end{aligned} \quad (5)$$

در مدل CRS، به μ_o مقدار صفر داده می‌شود، و ابرصفحه‌ی تکیه‌کننده هر وجه مرز از مبدأ عبور می‌کند. در غیر این صورت، μ_o نوعی «عرض از مبدأ»^۴ است که مشابه با تکنیک‌های رگرسیون استفاده می‌شود. این امر به خوبی شناخته شده است که علامت μ_o وضعیت «بازده به مقیاس»^۴ DMU_o را مشخص می‌کند؛ بنابراین، مفید است که سه حالت را در مورد این علامت بررسی کنیم، که به ما امکان خواهد داد که تفسیرهای مهمی در مورد علامت متغیرهای $\hat{\gamma}_f - \hat{\beta}_f$ بکنیم.

حالت ۱: اگر در مدل (۵) $\mu_o > 0$ باشد، آنگاه گفته می‌شود که DMU_o دارای بازده به مقیاس کاهشی است. به این ترتیب، بازده حاشیه‌ای از نظر خروجی کمتر از مقدار ورودی لازم برای تولید خروجی است. بر اساس اصطلاحات بازده به مقیاس، این DMU_o در بهره‌ورترین اندازه‌ی مقیاس^۴ (MPSS) عمل نمی‌کند و می‌تواند از کاهش سبب سود ببرد. در مدل (۴) می‌توان تفسیر مشابهی نیز برای زمانی که $\hat{\gamma}_f - \hat{\beta}_f < 0$ است، ارائه کرد. با در نظر گرفتن بودجه‌ی پژوهشی به عنوان مثال توضیحی، می‌توان گفت که DMU_o می‌تواند با داشتن بودجه‌ی پژوهشی کمتر، بهبود کارایی را تجربه کند. یعنی در این دانشگاه خاص، این عوامل در سطحی هستند که بازده کاهشی برقرار شده است، لذا مقدار کمتر از عوامل می‌تواند نسبت عملکردی آن را بهبود بخشد. می‌توان گفت که در این حالت عوامل دوتنقیسی مانند ورودی رفتار می‌کنند.

حالت ۲: اگر $\mu_o < 0$ باشد، آنگاه DMU_o بازده به مقیاس افزایشی را تجربه می‌کند، و در این حالت هم در MPSS نیست. این حالت مشابه $\hat{\gamma}_f - \hat{\beta}_f > 0$ در مدل (۴) است، بدان معنا که کارایی این دانشگاه از افزایش بودجه‌ی تحقیقاتی سود خواهد برد. به طور خاص، این عوامل در سطحی هستند که «مانند خروجی رفتار می‌کنند»، لذا هر چه مقدار این عوامل بیشتر باشد، بهتر خواهد بود، و منجر به افزایش کارایی خواهد شد.

حالت ۳: اگر $\mu_o = 0$ باشد، آنگاه DMU_o بازده به مقیاس ثابت را تجربه می‌کند، و مدل (۵) به مدل CRS استاندارد چارن و همکاران (۱۹۷۸) ساده می‌شود. در این صورت DMU_o در حالت MPSS عمل می‌کند. در یک وضعیت دانشگاهی، موقعیت مشابه زمانی است که $\hat{\gamma}_f - \hat{\beta}_f = 0$ باشد، یعنی تأمین بودجه در سطح بهینه در حالت تعادل قرار داشته باشد.

^۱Constant returns to scale (CRS)

^۲Variable returns to scale (VRS)

^۳Banker et al.

^۴Most productive scale size (MPSS)

اکنون مدلی را معرفی می‌کنیم که برای اندازه‌گیری نمره‌ی کارایی بدینانه‌ی یک DMU به کار می‌رود (لیو و چن^۱، ۲۰۰۹؛ عزیزی و گنجه‌اجیرلو^۲، ۲۰۱۱):

$$\begin{aligned} & \max \left(\sum_{r=1}^R \mu_r y_{ro} - \mu_o \right) / \sum_{i=1}^I v_i x_{io} \\ & \text{s.t.} \\ & \sum_{r=1}^R \mu_r y_{rk} - \mu_o - \sum_{i=1}^I v_i x_{ik} \leq 0, \quad k = 1, \dots, K, \\ & \mu_r, v_i \geq 0, \quad r = 1, \dots, R, \quad i = 1, \dots, I; \\ & \mu_o \text{ unrestricted in sign.} \end{aligned} \quad (6)$$

فرض کنید ورودی‌ها را با همان نسبت ϕ_o افزایش دهیم، و خروجی‌ها را بدون تغییر نگه داریم. اگر ورودی را بتوان به همان نسبت افزایش داد، یعنی $\phi_o^* = 1$ ، آنگاه DMU_o ناکارای DEA یا ناکارای بدینانه است. از سوی دیگر، اگر ورودی‌ها را بتوان به همان نسبت افزایش داد، یعنی $\phi_o^* > 1$ ، آنگاه DMU_o غیرناکارای DEA یا غیرناکارای بدینانه است. مدل (۶) مدل اساسی تحلیل بدترین کارایی یا کارایی بدینانه می‌باشد، که کاملاً شبیه مدل DEA ی CCR می‌باشد.

و بالاخره، برای اندازه‌گیری کارایی‌های بدینانه‌ی DMUها، مدل (۷) برای در نظر گرفتن عوامل دونقشی متعدد به صورت زیر پیشنهاد می‌شود:

$$\begin{aligned} & \min \quad \sum_{r=1}^R \mu_r y_{ro} + \sum_{f=1}^F \gamma_f w_{fo} - \sum_{f=1}^F \beta_f w_{fo} \\ & \text{s.t.} \\ & \sum_{i=1}^I v_i x_{io} = 1, \\ & \sum_{r=1}^R \mu_r y_{rk} + \sum_{f=1}^F \gamma_f w_{fk} - \sum_{f=1}^F \beta_f w_{fk} - \sum_{i=1}^I v_i x_{ik} \geq 0, \quad k = 1, \dots, K \\ & \mu_r, v_i, \gamma_f, \beta_f \geq 0, \quad r = 1, \dots, R, \quad i = 1, \dots, I, \quad f = 1, \dots, F. \end{aligned} \quad (7)$$

قضیه ۲: در بهینه‌ی مسئله‌ی (۷)، داریم $\hat{\gamma}_f \hat{\beta}_f = 0$ ($f = 1, \dots, F$) که در اینجا $\hat{\gamma}_f$ و $\hat{\beta}_f$ مقادیر بهینه‌ی مدل (۷) هستند.

برهان: اثبات مشابه قضیه‌ی ۱ می‌باشد.

۴- مثال عددی

مجموعه‌ی داده‌ها برای این مثال بعضاً از تالوری و بیکر^۳ (۲۰۰۲) گرفته شده است، و حاوی مشخصات ۱۸ ارائه دهنده‌ی 3PL است. ورودی ارائه دهنده‌ی 3PL در این مثال هزینه کل ارسال^۴ است. خروجی استفاده شده در مطالعه درآمد حاصل از فروش مواد قابل بازیافت^۱ است. عوامل دونقشی نمره‌های تجربه‌ی کیفیت سرویس^۲ (EXP) و باورپذیری کیفیت سرویس^۳ (CRE) هستند.

^۱ Liu & Chen

^۲ Azizi & Ganjeh Ajirlu

^۳ Talluri & Baker

^۴ Total cost of shipments



جدول ۱- مشخصات مربوط به ۱۸ ارائه دهنده‌ی 3PL

Table 1- Related attributes for 18 3PL providers.

شماره‌ی ارائه دهنده‌ی 3PL (DMU)	ورودی	عوامل دوتنقیشی		خروجی (\$'۰۰۰)
		EXP	CRE	
	x_{1k}	w_{1k}	w_{2k}	y_{1k}
1	253	240	90	187
2	268	210	80	194
3	259	270	70	220
4	180	200	70	160
5	257	160	70	204
6	248	230	80	192
7	272	200	90	194
8	330	170	60	195
9	327	180	70	200
10	330	170	60	171
11	321	200	80	174
12	329	210	100	209
13	281	300	90	165
14	309	250	80	199
15	291	250	90	188
16	334	240	80	168
17	249	210	70	177
18	216	200	80	167

EXP و CRE می‌توانند یا به‌عنوان ورودی و یا به‌عنوان خروجی در نظر گرفته شوند. از دیدگاه تصمیم‌گیرنده که می‌خواهد بهترین ارائه دهنده‌ی 3PL را انتخاب کند، اینگونه اندازه‌های عملکردی ممکن است نقش جایگزین را برای «خدمات کیفیت بالا» ایفا کنند، و لذا به‌طور معقول می‌توان آن‌ها را به‌عنوان خروجی طبقه‌بندی کرد. از سوی دیگر، از دیدگاه ارائه دهنده‌ی 3PL که قصد دارد خدمات تدارکات معکوس را تأمین کند، آن‌ها را می‌توان به‌عنوان ورودی در نظر گرفت که به ارائه دهنده‌ی 3PL در به دست آوردن مشتریان بیشتر کمک می‌کنند. علت اینکه چرا EXP و CRE به‌عنوان ورودی در نظر گرفته شده‌اند، آن است که آن‌ها وسیله‌ای برای جذب مشتریان بیشتر برای ارائه دهندگان 3PL هستند. برای اطلاعات بیشتر در مورد مجموعه‌ی داده‌ها، لطفاً به تالوری و بیکر (۲۰۰۲) مراجعه کنید. جدول ۱ مشخصات ارائه دهندگان 3PL را نشان می‌دهد.

با اعمال مدل (۴)، نمرات کارایی ارائه دهندگان 3PL (DMU) و رفتار ورودی/خروجی آن‌ها از دیدگاه خوش‌بینانه در جدول ۲ ارائه شده است. مدل (۴) ارائه دهندگان 3PL، ۳، ۴، ۵، ۷، ۸، ۱۲ و ۱۸ را به‌عنوان کارای خوش‌بینانه شناسایی می‌کند. بقیه‌ی ارائه دهندگان 3PL نمرات کارایی نسبی کمتر از یک دارند و لذا غیرکارای خوش‌بینانه محسوب می‌شوند.

ارائه دهندگان 3PL، ۱، ۲، ۴، ۵، ۶، ۷، ۸، ۹، ۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۵، ۱۷ و ۱۸ آن‌هایی هستند که EXP در آن‌ها به‌عنوان ورودی عمل می‌کند؛ بنابراین، گفته می‌شود که این DMUها بازده به مقیاس کاهشی را تجربه می‌کنند. ارائه دهندگان 3PL، ۳، ۱۳، ۱۴ و ۱۶ آن‌هایی هستند که EXP در آن‌ها مانند یک خروجی رفتار می‌کند، و هر چه مقدار آن بیشتر باشد، کارایی ارائه دهندگان 3PL مربوطه بیشتر می‌شود. بنابراین، گفته می‌شود که این DMUها بازده به مقیاس افزایشی دارند. همچنین، ارائه دهندگان 3PL، ۳، ۴، ۵، ۶، ۸، ۹، ۱۰، ۱۳، ۱۴، ۱۶ و ۱۷ آن‌هایی هستند که در آن‌ها CRE به‌عنوان ورودی رفتار می‌کند. بنابراین، گفته می‌شود که این DMUها بازده به مقیاس کاهشی را تجربه می‌کنند. ارائه دهندگان 3PL، ۱، ۲، ۷، ۱۱، ۱۲، ۱۵ و ۱۸ آن‌هایی هستند که CRE در آن‌ها مانند یک خروجی رفتار می‌کند، به طوری که هر چه مقدار این عامل بیشتر باشد، کارایی آن‌ها بیشتر است. بنابراین، این DMUها بازده به مقیاس افزایشی را تجربه می‌کنند.

^۱Revenue from the sale of recyclables

^۲Service-quality experience (EXP)

^۳Service-quality credence (CRE)



جدول ۲- نمرات کارایی و رفتار ورودی/خروجی از دیدگاه خوشبینانه.

Table 2- Efficiency scores and input/output behavior from an optimistic perspective.

شماره‌ی ارائه دهنده‌ی 3PL (DMU)	کارایی	$\hat{\gamma}_1$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\gamma}_1 - \hat{\beta}_1$	$\hat{\gamma}_2$	$\hat{\beta}_2$	$\hat{\gamma}_2 - \hat{\beta}_2$
1	0.9391	0.0000	0.0014	-0.0014	0.0142	0.0000	0.0142
2	0.8682	0.0000	0.0033	-0.0033	0.0110	0.0000	0.0110
3	1.0000	0.0044	0.0000	0.0044	0.0000	0.0025	-0.0025
4	1.0000	0.0000	0.0012	-0.0012	0.0000	0.0022	-0.0022
5	1.0000	0.0000	0.0008	-0.0008	0.0000	0.0015	-0.0015
6	0.8858	0.0000	0.0008	-0.0008	0.0000	0.0016	-0.0016
7	1.0000	0.0000	0.0034	-0.0034	0.0113	0.0000	0.0113
8	1.0000	0.0000	0.0031	-0.0031	0.0000	0.0446	-0.0446
9	0.7541	0.0000	0.0006	-0.0006	0.0000	0.0012	-0.0012
10	0.6285	0.0000	0.0006	-0.0006	0.0000	0.0012	-0.0012
11	0.6935	0.0000	0.0028	-0.0028	0.0092	0.0000	0.0092
12	1.0000	0.0000	0.0084	-0.0084	0.0208	0.0000	0.0208
13	0.9957	0.0040	0.0000	0.0040	0.0000	0.0023	-0.0023
14	0.7440	0.0037	0.0000	0.0037	0.0000	0.0021	-0.0021
15	0.8041	0.0000	0.0012	-0.0012	0.0124	0.0000	0.0124
16	0.6545	0.0034	0.0000	0.0034	0.0000	0.0020	-0.0020
17	0.8210	0.0000	0.0008	-0.0008	0.0000	0.0016	-0.0016
18	1.0000	0.0000	0.0054	-0.0054	0.0259	0.0000	0.0259

با اعمال مدل (۷)، نمرات کارایی DMUها و رفتار ورودی/خروجی آن‌ها از دیدگاه بدبینانه در جدول ۳ ارائه شده است. مدل (۷) ارائه‌دهندگان 3PL، ۳، ۸، ۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۳ و ۱۶ را به‌عنوان ناکارای بدبینانه شناسایی می‌کند. بقیه‌ی DMUها نمرات کارایی نسبی بیشتر از یک دارند و لذا غیرناکارای بدبینانه محسوب می‌شوند. ارائه‌دهندگان 3PL، ۳، ۱۴ و ۱۷ آن‌هایی هستند که EXP در آن‌ها به‌عنوان ورودی عمل می‌کند. ارائه‌دهندگان 3PL، ۱، ۲، ۴، ۵، ۶، ۷، ۸، ۹، ۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۵، ۱۶ و ۱۸ آن‌هایی هستند که EXP در آن‌ها مانند یک خروجی رفتار می‌کند، و هر چه مقدار آن بیشتر باشد، کارایی ارائه‌دهندگان 3PL مربوطه بیشتر می‌شود. DMU شماره‌ی ۱۳، DMUیی است که در آن EXP در حالت تعادل است. بنابراین، گفته می‌شود که این DMU بازده به مقیاس ثابت را تجربه می‌کند. همچنین، DMUهای ۱، ۲، ۴، ۵، ۶، ۷، ۹، ۱۱، ۱۲، ۱۳، ۱۵، ۱۶ و ۱۸ آن‌هایی هستند که در آن‌ها CRE به‌عنوان ورودی رفتار می‌کند. ارائه‌دهندگان 3PL، ۳، ۱۴ و ۱۷ آن‌هایی هستند که CRE در آن‌ها مانند یک خروجی رفتار می‌کند، به طوری که هر چه مقدار این عامل بیشتر باشد، کارایی آن‌ها بیشتر است. ارائه‌دهندگان 3PL، ۸ و ۱۰، ارائه‌دهندگان 3PL هستند که در آن‌ها CRE در حالت تعادل است. بنابراین، گفته می‌شود که این DMUها بازده به مقیاس ثابت را تجربه می‌کنند. بنابراین، تصمیم‌گیرنده می‌تواند یک یا چند تا از ارائه‌دهندگان 3PL، ۴، ۵، ۷ و ۱۸ را انتخاب کند.

جدول ۳- نمرات کارایی و رفتار ورودی/خروجی از دیدگاه بدبینانه.

Table 3- Efficiency scores and input/output behavior from a pessimistic perspective.

شماره‌ی ارائه دهنده‌ی 3PL (DMU)	کارایی	$\hat{\gamma}_1$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\gamma}_1 - \hat{\beta}_1$	$\hat{\gamma}_2$	$\hat{\beta}_2$	$\hat{\gamma}_2 - \hat{\beta}_2$
1	1.3349	0.0037	0.0000	0.0037	0.0000	0.0369	-0.0369
2	1.3625	0.0023	0.0000	0.0023	0.0000	0.0062	-0.0062
3	1.0000	0.0000	0.0082	-0.0082	0.0303	0.0000	0.0303
4	1.7271	0.0034	0.0000	0.0034	0.0092	0.0000	0.0092
5	1.0485	0.0117	0.0000	0.0117	0.0000	0.0118	-0.0118
6	1.5063	0.0025	0.0000	0.0025	0.0000	0.0067	-0.0067
7	1.1808	0.0055	0.0000	0.0055	0.0000	0.0107	-0.0107
8	1.0000	0.0059	0.0000	0.0059	0.0000	0.0000	0.0000
9	1.0084	0.0092	0.0000	0.0092	0.0000	0.0093	-0.0093
10	1.0000	0.0004	0.0000	0.0004	0.0000	0.0000	0.0000
11	1.0000	0.0019	0.0000	0.0019	0.0000	0.0051	-0.0051
12	1.0000	0.0045	0.0000	0.0045	0.0000	0.0089	-0.0089
13	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0146	-0.0146
14	1.1420	0.0000	0.0069	-0.0069	0.0254	0.0000	0.0254
15	1.2100	0.0032	0.0000	0.0032	0.0000	0.0321	-0.0321
16	1.0000	0.0018	0.0000	0.0018	0.0000	0.0049	-0.0049
17	1.3297	0.0000	0.0085	-0.0085	0.0315	0.0000	0.0315
18	1.3511	0.0043	0.0000	0.0043	0.0000	0.0432	-0.0432

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 متقاعد کننده خواهد بود (احمدی و همکاران^۱، ۲۰۱۳؛ امیرتیموری^۲، ۲۰۰۷؛ عزیزی، ۲۰۱۴؛ عزیزی و همکاران^۳، ۲۰۱۵؛ روزبه و احدزاده‌نمین^۴، ۲۰۱۹؛ یه و همکاران^۵، ۲۰۲۰).

۵- نتایج مدیریتی

دهه‌ی گذشته شاهد نگرانی‌های روزافزون درباره‌ی دور انداختن کالاهای مصرفی بوده است، زیرا بسیاری از این محصولات هم حجم زباله‌ی زیادی دارند و هم دارای مقدار زیاد فلزات سنگین سمی هستند. تولیدکنندگان هم از طرف دولت و هم از طرف گروه‌های فعال زیست‌محیطی با فشار زیادی برای «کاهش»، «بازیافت» و «استفاده‌ی مجدد» از زباله‌ی صنعتی خود رو به رو بوده‌اند.

در حال حاضر، تدارکات معکوس به‌عنوان یک مسئله‌ی کانونی در نظر گرفته می‌شود. مدیریت مؤثر تدارکات معکوس برای حفاظت از محیط زیست سودمند است، و می‌تواند فواید اقتصادی واضحی برای شرکت‌ها داشته باشد. بسیاری از شرکت‌ها منابع یا صلاحیت کافی برای مدیریت فعالیت‌های تدارکات معکوس خود ندارند، لذا می‌بایست ارائه‌دهنده‌ی تدارکات معکوس طرف ثالث را برای آن فعالیت‌ها انتخاب کنند. در این مقاله، مدل‌های پیشنهادی معین می‌کنند که آیا در یک *DMU*، عوامل عمدتاً به‌عنوان ورودی رفتار می‌کنند و لذا *DMU* از مقدار کمتر آن‌ها سود می‌برد، یا به‌عنوان خروجی عمل می‌کنند که مقدار بیشتر آن‌ها مطلوب است، و یا در حالت تعادل هستند. در عین حال، این ایده‌ها با بازده به مقیاس افزایشی، کاهش و ثابت پیوند داده شد.

برای اینکه *DEA* مؤثر باشد، مدیران باید معیارهای کلیدی مسئله‌ی انتخاب ارائه‌دهنده‌ی *3PL* را مشخص کنند. هیچ محدودیتی از نظر نوع داده‌ها که می‌توان جمع‌آوری کرد، وجود ندارد، با یک استثنا که نباید به‌صورت نسبت باشد. عنصر مهم در کاربرد *DEA* آن است که این روش، امکاناتی را در راستاهای جدید برای بررسی عملیات در داخل سیستمی ارائه‌دهنده‌ی *3PL* فراهم می‌کند که در آن‌ها باید خروجی‌ها و ورودی‌های متعدد را در نظر گرفت، بدون آنکه اطلاع صریحی درباره‌ی روابط زمینه‌ای وجود داشته باشد. این مقاله این امر را در مورد انتخاب ارائه‌دهنده‌ی *3PL* نشان می‌دهد. بخش دشواری از این کار بدون شک پیدا کردن یک معیار مناسب است.

۶- ملاحظات پایانی

مدل‌های متعارف *DEA* از مطلوب‌ترین وزن‌های تعیین شده توسط یک *DMU* برای محاسبه‌ی کارایی آن استفاده می‌کنند. گرچه می‌توان مشخص کرد که این *DMU* غیرمغلوب است یا خیر، ولی عملکرد کلی آن با *DMU*های دیگر قابل مقایسه نیست. به منظور بهبود قدرت افتراق و قابل مقایسه کردن عملکرد کلی، ایده‌ی تحلیل مرز دوگانه در مقالات پیشنهاد شده است. با این حال، مدل‌های کنونی ارزیابی عملکرد، فقط دیدگاه خوش‌بینانه را با در نظر گرفتن عوامل دونقشی در نظر می‌گیرند، و دیدگاه بدبینانه با در نظر گرفتن عوامل دونقشی را در نظر نمی‌گیرند. مطالعات متعدد نشان می‌دهند که این کار ممکن است نتایج گمراه‌کننده‌ای به دنبال داشته باشد، و توصیه می‌کنند که همزمان از دو دیدگاه خوش‌بینانه و بدبینانه استفاده شود.

^۱Ahmady et al.

^۲Amirteimoori

^۳Azizi et al.

^۴Roosbeh & Ahadzadeh Namin

^۵Ye et al.



در مقاله‌ی حاضر، نوع تغییر یافته‌ای از مدل‌های DEA ارائه شد که امکان گنجاندن عوامل دونقشی متعدد را در تحلیل می‌دهد. مدل‌های پیشنهادی برای انتخاب ارائه دهنده‌ی 3PL به کار برده شد. مسئله‌ی در نظر گرفته شده در این مطالعه، در مراحل اولیه‌ی تحقیق است، و پژوهش‌های بیشتری نیز می‌توان بر مبنای آن انجام داد. برخی از آن‌ها به شرح زیر هستند:

پژوهش مشابهی را می‌توان برای کار با داده‌های ترتیبی و داده‌های کراندار در شرایطی که عوامل دونقشی وجود دارند، انجام داد. بسط بالقوه‌ی دیگر برای این روش شامل حالتی است که برخی از ارائه‌دهندگان 3PL اندکی ناهمگن هستند. یکی از فرضیات همه‌ی مدل‌های کلاسیک DEA مبتنی بر همگنی کامل DMUها (ارائه‌دهندگان 3PL) است، در حالی که این فرض در بسیاری از کاربردهای واقعی قابل تعمیم نیست؛ به عبارت دیگر، برخی از ورودی‌ها و/یا خروجی‌ها گاه در همه‌ی DMUها مشترک نیستند. بنابراین، نیاز به مدلی برای کار با این‌گونه وضعیت‌ها وجود دارد.

در این مطالعه، مدل‌های پیشنهادی برای مسئله‌ای در رابطه با انتخاب ارائه‌دهنده‌ی 3PL به کار برده شده است؛ اما این مدل‌ها را با اندکی تغییرات برای مسائل دیگر مربوط به انتخاب فناوری‌ها، بازارهای بین‌المللی و بسیاری مسائل دیگر نیز می‌توان به کار برد.

سپاسگزاری

مؤلف از نظرات و پیشنهادات سودمند ارائه شده توسط یک داور ناشناس قدردانی می‌کند.

منابع

- Ahmady, N., Azadi, M., Sadeghi, S. A. H., & Farzipoor Saen, R. (2013). A novel fuzzy data envelopment analysis model with double frontiers for supplier selection. *International journal of logistics research and applications*, 16(2), 87-98. <https://doi.org/10.1080/13675567.2013.772957>
- Amirteimoori, A. (2007). DEA efficiency analysis: Efficient and anti-efficient frontier. *Applied mathematics and computation*, 186(1), 10-16. <https://doi.org/10.1016/j.amc.2006.07.006>
- Azizi, H. (2014). DEA efficiency analysis: A DEA approach with double frontiers. *International journal of systems science*, 45(11), 2289-2300. <https://doi.org/10.1080/00207721.2013.768715>
- Azizi, H., & Ganjeh 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. <https://doi.org/10.1016/j.apm.2011.02.038>
- Azizi, H., Kordrostami, S., & Amirteimoori, A. (2015). Slacks-based measures of efficiency in imprecise data envelopment analysis: An approach based on data envelopment analysis with double frontiers. *Computers & industrial engineering*, 79, 42-51. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2014.10.019>
- Banker, R. D., Charnes, A., & Cooper, W. W. (1984). Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis. *Management science*, 30(9), 1078-1092. <http://dx.doi.org/10.1287/mnsc.30.9.1078>
- Beasley, J. E. (1990). Comparing university departments. *Omega*, 18 (2), 171-183. [https://doi.org/10.1016/0305-0483\(90\)90064-G](https://doi.org/10.1016/0305-0483(90)90064-G)
- Beasley, J. E. (1995). Determining Teaching and Research Efficiencies. *Journal of the operational research society*, 46(4), 441-452. <https://doi.org/10.1057/jors.1995.63>
- Bottani, E., & Rizzi, A. (2006). A fuzzy TOPSIS methodology to support outsourcing of logistics services. *Supply chain management: An international journal*, 11(4), 294-308. <https://doi.org/10.1108/13598540610671743>
- Cao, J., Wang, W. W., & Cao, G. (2007). Integration of the social welfare function and TOPSIS algorithm for 3PL selection. *Proceedings of the fourth international conference on fuzzy systems and knowledge discovery* (pp. 596-600). <https://doi.org/10.1109/FSKD.2007.367>
- Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European journal of operational research*, 2(6), 429-444. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(78\)90138-8](https://doi.org/10.1016/0377-2217(78)90138-8)
- Cook, W. D., Green, R. H., & Zhu, J. (2006). Dual-role factors in data envelopment analysis. *IIE transactions*, 38(2), 105-115. <https://doi.org/10.1080/07408170500245570>
- Cook, W. D., & Zhu, J. (2007). Classifying inputs and outputs in data envelopment analysis. *European journal of operational research*, 180(2), 692-699. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2006.03.048>
- Efendigil, T., Önüt, S., & Kongar, E. (2008). A holistic approach for selecting a third-party reverse logistics provider in the presence of vagueness. *Computers & industrial engineering*, 54(2), 269-287. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2007.07.009>
- Farzipoor Saen, R. (2009). A mathematical model for selecting third-party reverse logistics providers. *International journal of procurement management*, 2(2), 180-190. <https://doi.org/10.1504/IJPM.2009.023406>
- Farzipoor Saen, R. (2010). Restricting weights in supplier selection decisions in the presence of dual-role factors. *Applied mathematical modelling*, 34(10), 2820-2830. <https://doi.org/10.1016/j.apm.2009.12.016>
- Haas, D. A., Murphy, F. H., & Lancioni, R. A. (2003). Managing reverse logistics channels with data envelopment analysis. *Transportation journal*, 42(3), 59-69. <https://www.jstor.org/stable/20713532>
- Liu, F. H. F., & Chen, C. L. (2009). The worst-practice DEA model with slack-based measurement. *Computers & industrial engineering*, 57(2), 496-505. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2007.12.021>



- Meade, L., & Sarkis, J. (2002). A conceptual model for selecting and evaluating third-party reverse logistics providers. *Supply chain management: An international journal*, 7(5), 283-295. <https://doi.org/10.1108/13598540210447728>
- Min, H., & Joo, S. J. (2006). Benchmarking the operational efficiency of third party logistics providers using data envelopment analysis. *Supply chain management: An international journal*, 11(3), 259-265. <https://doi.org/10.1108/13598540610662167>
- Qureshi, M. N., Kumar, D., & Kumar, P. (2007). Selection of potential 3PL services providers using TOPSIS with interval data. *IEEE international conference on industrial engineering and engineering management* (pp. 1512-1516). <https://doi.org/10.1109/IEEM.2007.4419445>
- Roosbeh, F., & Ahadzadeh Namin, M. (2019). Super efficiency model in front of MPSS. *International journal of data envelopment analysis*, 7(4), 41-46. http://ijdea.srbiau.ac.ir/article_15268.html
- Talluri, S., & Baker, R. C. (2002). A multi-phase mathematical programming approach for effective supply chain design. *European journal of operational research*, 141(3), 544-558. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(01\)00277-6](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(01)00277-6)
- Ye, F. F., Yang, L. H., & Wang, Y. M. (2020). An interval efficiency evaluation model for air pollution management based on indicators integration and different perspectives. *Journal of cleaner production*, 245, 118945. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118945>
- Zhang, C. Q., & Lu, Y. C. (2006). The reverse logistics evaluation based on Kpca-Linmap model. *Proceedings of the fifth international conference on machine learning and cybernetics* (pp. 2531-2535). <https://doi.org/10.1109/ICMLC.2006.258844>
- Zhang, H., Li, X., Liu, W., Li, B., & Zhang, Z. (2004). An application of the AHP in 3PL vendor selection of a 4PL system. *Proceeding of the IEEE international conference on systems, man and cybernetics* (pp. 1255-1260). <https://doi.org/10.1109/ICSMC.2004.1399797>
- Zhang, Y., & Feng, Y. (2007). A Selection approach of reverse logistics provider based on fuzzy AHP. *Proceedings of the fourth international conference on fuzzy systems and knowledge discovery* (pp. 479-482). <https://doi.org/10.1109/FSKD.2007.119>