



## Using a Fuzzy NSBM Model with Shared Resources and Undesirable Variables for the Assessment of Universal Banking System

Homa Ghasemi<sup>1</sup>, Esmail Najafi<sup>2</sup>, Farhad Hosseinzadeh Lotfi<sup>3</sup> and Farzad Movahedi<sup>4</sup>

1. PHD student, Department of Industrial Engineering, Islamic Azad University of Science and Research branch, Tehran, Iran. Email: <mailto:homa.ghasemi63@gmail.com>
2. Corresponding author, Assistance Prof. Department of Industrial Engineering, Islamic Azad University of Science and Research branch, Tehran, Iran. Email: [najafi1515@yahoo.com](mailto:najafi1515@yahoo.com)
3. Prof. Faculty of Department of Mathematics, Islamic Azad University of Science and Research branch, Tehran, Iran. Email: [farhad@hosseinzadeh.ir](mailto:farhad@hosseinzadeh.ir)
4. Assistance Prof. Department of Industrial Engineering, Islamic Azad University of Science and Research branch, Tehran, Iran. Email: [fmovahedi@iau.ac.ir](mailto:fmovahedi@iau.ac.ir)

Article Info	ABSTRACT
<p><b>Article type:</b> Research Article</p> <p><b>Article history:</b> Received 2022 May 3 Received in revised form 2022 Jul 8 Accepted 2022 Jul 11 Published online 2022 Sep 16</p> <p><b>Keywords:</b> <math>\alpha</math>-cut, fuzzy NSBM data envelopment analysis model, shared resources, universal banking.</p>	<p>With regard to the entry of most banks into the competitive environment of universal banking, as a customer-centric approach aiming to provide financial services to customer groups, it is important to assess the performance of the business process in bank branches using this approach. Due to the uncertainty and desirability of some indicators as well as the existence of shared resources in the real environment of modelling, this paper aims to design a network fuzzy data envelopment analysis (DAE) model, with the simultaneous consideration of undesirable variables and shared resources, and its practical use to measure the effectiveness of service delivery process in universal banking. The results indicate how the branches performed in each of the processes of universal banking. The lower mean efficiency of service provision to customers reflects the necessity for the bank to provide a portfolio of products and better credit services. Comparing the performance of branches in terms of each process can play an important role in the adoption of incentive and punitive policies for managers</p>

Cite this article: Ghasemi, H. & Others (2022). Using a Fuzzy NSBM Model with Shared Resources and Undesirable Variables for the Assessment of Universal Banking System. *Engineering Management and Soft Computing*, 8 (1). 190-209. DOI: <https://doi.org/10.22091/jemsc.2019.1381>



© The Author(s)  
DOI: <https://doi.org/10.22091/jemsc.2020.6237.1141>

Publisher: University of Qom

## استفاده از مدل FUZZY NSBM با در نظرگیری منابع مشترک و متغیرهای نامطلوب جهت ارزیابی عملکرد سیستم بانکداری جامع

هما قاسمی تودشکی<sup>۱</sup>، اسماعیل نجفی<sup>۲</sup>، فرهاد حسین زاده لطفی<sup>۳</sup> و فرزاد موحدی سبحانی<sup>۴</sup>

۱. دانشجوی دکتری، گروه مهندسی صنایع، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات تهران، ایران. رایانامه: [homa.ghasemi63@gmail.com](mailto:homa.ghasemi63@gmail.com)

۲. نویسنده مسئول، استادیار، گروه مهندسی صنایع دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات تهران، ایران. رایانامه: [najafi1515@yahoo.com](mailto:najafi1515@yahoo.com)

۳. استادیار، گروه ریاضیات، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات تهران، ایران. رایانامه: [Farhad@hosseinzadeh.ir](mailto:Farhad@hosseinzadeh.ir)

۴. استادیار، گروه مهندسی صنایع، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات تهران، ایران. رایانامه: [fmovahedi@iau.ac.ir](mailto:fmovahedi@iau.ac.ir)

چکیده	اطلاعات مقاله
با توجه به ورود اکثر بانک‌ها در فضای رقابتی بانکداری جامع به عنوان رویکردی مشتری محور و با هدف ارائه طیف وسیعی از خدمات مالی به گروه مشتریان تفکیک شده، ارزیابی عملکرد فرآیند کاری شعب بانک با این رویکرد حائز اهمیت است. با توجه به عدم قطعیت و مطلوبیت برخی شاخص‌ها و همچنین وجود منابع مشترک در فضای واقعی مدلسازی، هدف از این مقاله طراحی مدل فازی شبکه‌ای تحلیل پوششی داده‌ها با در نظر گرفتن همزمان متغیرهای نامطلوب و منابع مشترک و استفاده کاربردی از آن جهت اندازه‌گیری کارایی فرآیند ارائه خدمات بانکداری جامع است. نتایج نشان می‌دهد که شعب در هر کدام از فرآیندهای بانکداری جامع به چه صورت فعالیت دارند. میانگین کارایی کمتر سرویس دهی به مشتریان خرد بیانگر لزوم توجه بانک به ارائه سبد محصولات و خدمات اعتباری بهتر به آن‌ها است. مقایسه نتایج عملکرد شعب در هر کدام از فرآیندها می‌تواند در اتخاذ سیاست‌های تشویقی و تنبیهی مدیران نقش بسزائی ایفا نماید.	<p>نوع مقاله: مقاله پژوهشی</p> <p>تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۲/۱۳</p> <p>تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۴/۱۷</p> <p>تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۴/۲۰</p> <p>تاریخ انتشار: ۱۴۰۱/۰۶/۲۵</p> <p>کلیدواژه‌ها: بانکداری جامع، برش آلفا، مدل فازی چند مرحله‌ای تحلیل پوششی داده‌ها بر مبنای متغیرهای کمکی (Fuzzy NSBM)، منابع مشترک.</p>

**استناد:** قاسمی تودشکی، هما؛ نجفی، اسماعیل، حسین یاده لطفی، فرهاد و موحدی سبحانی، فرزاد (۱۴۰۱). «استفاده از مدل FUZZY NSBM با در

نظرگیری منابع مشترک و متغیرهای نامطلوب جهت ارزیابی عملکرد سیستم بانکداری جامع». *مدیریت مهندسی و رایانش نرم*، دوره ۸ (۱)، صص:

۱۹۰-۲۰۹. <https://doi.org/10.22091/jemsc.2019.1381>



## ۱) مقدمه

مدل تحلیل پوششی داده‌ها (DEA<sup>1</sup>) یک ابزار غیرپارامتریک جهت تخمین کارایی نسبی واحدهای تصمیم گیرنده (DMUs<sup>2</sup>) بر اساس استفاده از ورودی‌ها و خروجی‌های متعدد است. مدل اولیه‌ای که به صورت گسترده در این زمینه مورد استفاده قرار گرفت توسط چارنز، کوپر و رودز ارائه شد (چارنز و کوپر، ۱۹۷۸).

در مدل‌های سنتی DMUها مانند جعبه‌های سیاه رفتار می‌کنند که ورودی‌ها بدون در نظر گرفتن ارتباطات داخلی به خروجی‌ها تبدیل می‌شوند (لوئیس و سکستون، ۲۰۰۴). با توجه به این که در برخی سیستم‌های تولیدی، ساختار شبکه‌ای مطرح می‌شود و خروجی مرحله قبل به عنوان ورودی وارد مرحله بعد خواهد شد (فوکوما یا و وبر، ۲۰۱۰)، مدل شبکه‌ای تحلیل پوششی داده‌ها (NDEA<sup>3</sup>) بر خلاف DEA کلاسیک در اندازه‌گیری کارایی اجزای مدل استفاده می‌شود (لوئیس و سکستون، ۲۰۰۴؛ فرو گراسکوف، ۲۰۰۰؛ سکستون و لوئیس، ۲۰۰۳؛ تن و تسوتسویی، ۲۰۰۹). تعداد مدل‌های کاربردی NDEA به طور قابل توجهی به ویژه در صنعت بانکداری افزایش یافته است (کائو و هوانگ، ۲۰۱۰؛ آوکیران، ۲۰۰۹؛ زا و لیانگ، ۲۰۱۰؛ کائو و لیو، ۲۰۱۴).

SBM<sup>4</sup> از انواع مدل‌های غیرشعاعی می‌باشد که در آن ورودی‌ها و خروجی‌ها به یک نسبت تغییر نمی‌کنند. این مدل می‌تواند کارایی کلی را به بخش‌های مختلف تقسیم کند. تن و تسوتسویی (۲۰۰۹) مدل مبتنی بر متغیرهای کمبود را جهت اندازه‌گیری کارایی کلی و هر یک از بخش‌ها در مدل شبکه‌ای (NSBM<sup>5</sup>) پیشنهاد دادند.

در سال‌های اخیر با توجه به رقابت‌پذیری صنعت بانکداری و افزایش قدرت چانه‌زنی مشتریان، کارایی برخی از بانک‌ها با در نظرگیری تقسیم‌بندی مشتریان به گروه‌های شخصی (حقیقی) و تجاری (حقوقی)، ارزیابی شده است. از آنجا که جذب سپرده و ارائه خدمات مالی به مشتریان و سودآوری وابسته به یکدیگر هستند، ارزیابی هر یک از این ابعاد حائز اهمیت بسزایی است. لذا از مدل NSBM برای ارزیابی عملکرد چهار فرآیند بانکی (تولید یا جذب سپرده، بانکداری شرکتی، بانکداری شخصی و سودآوری استفاده شد (لین و چو، ۲۰۱۳). همچنین با استفاده از یک مدل سه مرحله‌ای با در نظر گرفتن مشتریان طبقه‌بندی شده، با دو مرحله مستقل موازی (بانکداری شخصی و بانکداری شرکتی) که به مرحله سوم و آخر اتصال یافته، کارایی ۴۹ شعبه بانک ملت ارزیابی شد (ابراهیم‌نژاد، توانا، حسین زاده لطفی، شاهوردی و یوسف پور، ۲۰۱۴).

یکی از مسائل مهم در مورد کاربردهای مدل‌های NSBM و SBM در صنعت بانکداری وجود متغیرهای نامطلوب مانند تسهیلات غیرجاری بانک‌ها است. در این خصوص مدل US-SBM پیشنهاد شد که ترکیبی از مدل فوق کارا بر اساس متغیرهای کمبود و ورودی‌ها و خروجی‌های نامطلوب است (هوانگ، یانگ، چن و وانگ، ۲۰۱۴). در مطالعه دیگری که صورت گرفت مدل ابر کارایی NSBM با در نظرگیری متغیرهای نامطلوب برای اندازه‌گیری کارایی بانک‌های چین مورد استفاده قرار گرفت (هوانگ چن و یین، ۲۰۱۴). مدل شبکه‌ای فازی و پویا نیز، برای تعیین عملکرد کارایی فرودگاه با ورودی‌ها و خروجی‌های نامطلوب مورد بررسی واقع شد (الف، امیری، سوفی و پیشدار، ۲۰۱۶).

<sup>1</sup> Data Envelopment Analysis

<sup>2</sup> Decision Making Units

<sup>3</sup> Network Data Envelopment Analysis

<sup>4</sup> slacks-based measure

<sup>5</sup> Network slacks-based measure

موضوع دیگر مربوط به مدل NDEA جریان‌های منابع مشترک در فرآیندهای شبکه است. در مطالعه‌ای جریان‌های مشترک در یک فرآیند تولید دو مرحله‌ای مورد بررسی قرار گرفت (زا و لیانگ، ۲۰۱۰). کارایی سیستم حمل و نقل موازی نیز با تعیین پارامترهای مختلف برای هر منبع مشترک برای DMUهای مختلف مورد ارزیابی قرار گرفت (وو، زو، جی، چو و لیانگ، ۲۰۱۶). کارایی فنی و اثربخشی سرویس‌دهی خطوط هوایی با استفاده از یک روش جدید در مدل شبکه‌ای تحلیل پوششی داده‌ها (SBM-NDEA) با در نظرگیری منابع مشترک اندازه‌گیری شد (توسلی، فرامرزی و فرزین پور، ۲۰۱۴). لذا در این مقاله مدل NSBM با در نظرگیری منابع مشترک با استفاده از نتایج مقالات مذکور مورد بررسی قرار خواهد گرفت. با افزایش پیچیدگی سیستم، به دست آوردن داده‌های دقیق و قطعی دشوار می‌شود. در این موارد، نظریه مجموعه فازی می‌تواند یک ابزار قدرتمند برای اندازه‌گیری داده‌های نامشخص و مبهم در مدل‌های DEA باشد. مدل‌های FDEA (مدل‌های DEA با ورودی‌ها و خروجی‌های فازی) به شکل مدل‌های برنامه‌نویسی خطی فازی مطرح می‌شوند. روش‌های متعددی برای حل مدل‌های FDEA ایجاد شده است. روش‌های حل DEA فازی در چهار گروه اصلی تقسیم‌بندی شده است: رویکرد تفرانس، رویکرد  $\alpha$ -برش، رویکرد رتبه‌بندی و رویکرد امکان که در این بین رویکرد  $\alpha$ -برش مورد توجه بیشتری قرار گرفته است (حاتمی، امروزنژاد و توانا، ۲۰۱۱). رویکرد تفرانس یکی از اولین مدل‌های DEA فازی است که توسط محققان توسعه و بهبود یافت (سنگوپتا، ۱۹۷۲؛ کاهرامان و تلگا، ۱۹۹۸). در این رویکرد، ایده اصلی این است که عدم اطمینان را در مدل‌های DEA با تعریف سطوح تفرانس در محدودیت‌ها در نظر گرفت. رویکرد  $\alpha$  - برش محبوب‌ترین مدل FDEA است. ایده اصلی رویکرد  $\alpha$ -برش تبدیل مدل DEA فازی به دو مدل پارامتریک است تا نمرات کارایی در مرزهای پایین و بالا در سطح  $\alpha$  با در نظرگیری توابع عضویت محاسبه شود. از این رویکرد برای تبدیل مدل DEA فازی به یک خانواده از مدل‌های DEA معمولی استفاده شد و یک روش راه‌حل برای اندازه‌گیری کارایی DMU ها با مشاهدات فازی در مدل BCC ایجاد شد (کائو و لیو، ۲۰۰۰). FDEA در برخی مطالعات نیز برای ارزیابی کارایی بانک‌ها مورد استفاده قرار گرفت. همچنین روش ابر کارایی DEA فازی مبتنی بر متغیرهای کمبود برای تجزیه و تحلیل عملکرد عملیاتی ۲۴ بانک تجاری با هدف حل مشکلاتی در خصوص وام و سرمایه‌گذاری پیشنهاد شد (بو، چینگ، یوانگ و چینگ، ۲۰۱۱).

بر اساس مطالعات ذکر شده، در این مقاله مدل فازی شبکه‌ای تحلیل پوششی داده‌ها مبتنی بر متغیرهای کمبود با وجود منابع مشترک و متغیرهای کمبود مدلسازی و پیشنهاد شده است. همچنین در عمل، ارزیابی شعب یکی از بانک‌های خصوصی کشور در سال ۱۳۹۵ (با توجه به داده‌های در دسترس) در چهار بعد ۱- تولید یا جذب سپرده ۲- ارائه خدمات به گروه مشتریان تجاری- شرکتی و ۳- ارائه خدمات به گروه مشتریان خرد و سودآوری با توجه به تقسیم‌بندی مشتریان در سیستم بانکداری جامع مورد بررسی واقع شده است.

## ۲) پیشنهاد پژوهش

با توجه به محدودیت‌های عواملی همچون سرمایه، زمان، انرژی و... مدیران همواره به فکر یافتن استراتژی بهینه برای استفاده بهینه از این عوامل هستند. یکی از مهم‌ترین ابزارها برای یافتن این استراتژی بهینه ارزیابی عملکرد واحدها است. از این رو،

مسئله ارزیابی عملکرد واحدها از ابتدا مورد توجه مدیران بوده است (آمادو، سانتوس و مارکوس، ۲۰۱۲). همچنین از این نظر که بانکها به عنوان یکی از مهم ترین نهادهای مالی که وظایفی مانند تجهیز سپرده‌ها، واسطه‌گری و تسهیل جریانات پرداختی، تخصیص اعتبارات و... را بر عهده دارند، سلامت و کارایی آنها همواره مورد توجه بوده است. یکی از روش‌های مرسوم جهت اندازه‌گیری کارایی، روش تحلیل پوششی داده‌ها است. کارایی نسبی در این مدل با استفاده از نسبت ورودی‌ها و خروجی‌ها به دست می‌آید (چارنز و کوپر، ۱۹۸۷).

### (۳) تحلیل پوششی داده‌ها (DEA)

روش تحلیل پوششی داده‌ها برای اولین بار در سال ۱۹۷۸ توسط رودز در دانشگاه ملون به صورت تز دکتری مطرح شد. اولین مقاله تحلیل پوششی داده‌ها در این سال توسط چارنز و کوپر به چاپ رسید (چارنز و کوپر، ۱۹۷۸) و مدل ارائه شده در آن به مدل CCR معروف شد. در این مدل کارایی هر DMU یک مسئله برنامه‌ریزی کسری است یعنی کارایی هر DMU، ماکزیمم نسبت خروجی توزین شده به ورودی توزین شده تحت یک سری محدودیت است. با معرفی مدل DEA، پژوهش‌های بسیاری در خصوص این مدل و کاربردها و فرضیه‌های آن انجام گرفت و بر اساس فرضیه‌های متفاوت، مدل‌هایی بر حسب ورودی محور یا خروجی محور بودن و نیز بازده ثابت و متغیر نسبت به مقیاس ارائه شد. در مدل ورودی محور، یک واحد در صورتی ناکارا است که امکان کاهش هر یک از ورودی‌ها بدون افزایش ورودی‌های دیگر یا کاهش هر یک از خروجی‌ها وجود داشته باشد. در مدل خروجی محور، یک واحد در صورتی ناکارا است که امکان افزایش هر یک از خروجی‌ها بدون افزایش یک ورودی یا کاهش خروجی‌های دیگر وجود داشته باشد. (صالحی صدقیانی، امیری و رضوی، ۱۳۸۸). منظور از بازده به مقیاس ثابت این است که با تغییر یک واحد در ورودی‌ها، خروجی‌ها نیز با نسبت ثابت تغییر می‌کنند (جعفریان مقدم و قصیری، ۱۳۸۹).

### (۴) مدل سنجه مبتنی بر متغیرهای کمبود (SBM)

مدل سنجه مبتنی بر متغیرهای کمکی (SBM) نوعی روش غیرشعاعی است و برای زمانی مناسب است که ورودی‌ها و خروجی‌ها ممکن است به یک نسبت تغییر نکنند. مدل SBM با داشتن خصوصیات همچون تغییرناپذیری با توجه به واحد داده‌ها و افزایش یکنواخت در هر یک از متغیرهای کمکی ورودی و خروجی، کاستی‌های سایر مدل‌ها را برطرف می‌کند. مزیت اصلی مدل نسبت به سایر مدل‌ها، بیان مناسب‌تر کارایی DMU‌های با کارایی ضعیف است. مجموعه‌ای از  $n$  واحد تصمیم‌گیری را در نظر بگیرید ( $DMU_j; j = 1, \dots, n$ ) که  $m$  ورودی  $x_{ij} (i = 1, \dots, m)$  را مصرف کرده و  $s$  خروجی  $y_{rj} (r = 1, \dots, s)$  را تولید می‌کند. به طور خاص اگر  $DMU_0$  واحد تحت بررسی است، مدل اندازه‌گیری کارایی فنی این واحد به روش SBM با حل مسئله برنامه‌ریزی خطی زیر به دست می‌آید (کوک و سیفورد، ۲۰۰۹):

$$\min \rho = t - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \bar{s}_i / x_{i0} \quad \text{رابطه (۱)}$$

$$t + \frac{1}{s} \sum_{r=1}^s s_r^+ / y_{r0} = 1$$

$$\begin{aligned} \sum_j \lambda_j x_{ij} + s_i^- &= tx_{io}, i = 1, \dots, m \\ \sum_j \lambda_j y_{rj} - s_r^+ &= ty_{ro}, r = 1, \dots, s \\ \lambda &\geq 0 \\ s_r^+, s_i^-, \lambda_j &\geq 0 \quad \forall i, j, r \quad t > 0 \end{aligned}$$

که در آن  $s_i^-$  و  $s_r^+$  به ترتیب متغیرهای کمکی مربوط به ورودی‌ها و خروجی‌ها هستند. مدل بالا با فرض بازده به مقیاس ثابت است. زمانی که مفروضات بازده به مقیاس ثابت به بازده به مقیاس متغیر تغییر کند، فقط یک محدودیت  $\sum_j \lambda_j = t$  به مدل اضافه می‌شود.

### (۵) مدل شبکه‌ای تحلیل پوششی داده‌ها (NDEA)

تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای در ارتباط با استفاده از تکنیک DEA برای اندازه‌گیری کارایی نسبی یک سیستم با توجه به ساختار داخلی آن است. در DEA شبکه‌ای، نتایج بسیار معنادار است و نسبت به رویکرد متداول جعبه سیاه که عملیات اجزای فرآیند نادیده گرفته می‌شود اطلاعات مفیدتری به دست می‌آید (کائو، ۲۰۱۴). مثال‌های متعددی در ادبیات پژوهش وجود دارد که نشان می‌دهد حتی هنگامی که همه اجزای فرآیند کارا نیستند، سیستم کلی می‌تواند کارا باشد (کائو و هوانگ، ۲۰۱۰). مدل‌های DEA شبکه‌ای، کارایی کلی سازمان و کارایی هر یک از فرآیندهای جزئی سازمان را اندازه‌گیری می‌کنند. در مدل‌های DEA شبکه‌ای، به جای ساختار سلسله‌مراتبی فعالیت‌ها، از ساختار شبکه‌ای کمک گرفته شده است (هسیه و لین، ۲۰۱۰). تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای به مدیران هریک از واحدهای تصمیم‌گیرنده کمک می‌کند تمرکز بیشتری بر استراتژی افزایش کارایی مراحل منحصر به فرد فرآیند تولید داشته باشند (لوئیس و سکستون، ۲۰۰۴). در ادامه نوعی از مدل شبکه‌ای تحلیل پوششی داده‌ها مبتنی بر متغیرهای کمبود معرفی می‌شود.

### (۶) مدل شبکه‌ای تحلیل پوششی داده‌ها مبتنی بر متغیرهای کمبود (NSBM)

همانطور که پیش از این بیان شد، مدل SBM یک روش غیرشعاعی است و برای زمانی مناسب است که هم ورودی‌ها و هم خروجی‌ها ممکن است به یک نسبت تغییر نکنند. فرض کنید  $n$  واحد تصمیم‌گیری ( $DMU_j; j = 1, \dots, n$ ) از  $p$  فرآیند تشکیل شده است ( $k=1, \dots, p$ ) و  $m_k$  و  $r_k$  به ترتیب بیانگر تعداد ورودی‌ها و خروجی‌های فرآیند  $k$  هستند. همچنین اتصال از فرآیند  $k$  به فرآیند  $h$  با  $(k, h)$  نشان داده می‌شود و داده‌های مشاهده شده  $\{X_{ij}^{(k)} \in R_+^{m_k}\}$  (منابع ورودی به  $DMU_j$  در فرآیند  $k$ )،  $\{Y_{rj}^{(k)} \in R_+^{r_k}\}$  (محصولات خروجی از  $DMU_j$  در فرآیند  $k$ )،  $\{Z_j^{(k,h)} \in R_+^{t(k,h)}\}$  (محصولات میانجی متصل شده از فرآیند  $k$  به فرآیند  $h$ ) و  $t_{(k,h)}$  تعداد پیوند یا ارتباط  $(k, h)$  است. در این صورت مدل SBM شبکه‌ای بدون گرایش (هم ورودی‌محور و هم خروجی‌محور) با بازده ثابت نسبت به مقیاس به صورت زیر است (تن و تسوتسویی، ۲۰۰۹):

$$\begin{aligned} \theta_o^* &= \text{Min} \frac{\sum_{k=1}^p w^{(k)} \left[ 1 - \frac{1}{m_k} \left( \sum_{i=1}^{m_k} \frac{s_i^{k-}}{X_{io}^{(k)}} \right) \right]}{\sum_{k=1}^p w^{(k)} \left[ 1 + \frac{1}{r_k} \left( \sum_{r=1}^{r_k} \frac{s_r^{k+}}{Y_{ro}^{(k)}} \right) \right]} \\ \text{s.t. } \sum_j \lambda_j^k X_{ij}^{(k)} + s_i^{k-} &= X_{io}^{(k)} \quad (k = 1, \dots, p) \end{aligned} \quad \text{(رابطه ۲)}$$

$$\sum_j \lambda_j^k Y_{ij}^{(k)} - s_r^{k+} = Y_{ro}^{(k)} \quad (k = 1, \dots, p)$$

$$\sum_j \lambda_j^k Z_j^{(k,h)} = \sum_j \lambda_j^h Z_j^{(k,h)} \quad \forall k (k, h)$$

$$\lambda_j^k, s_i^{k-}, s_r^{k+} \geq 0, \forall k$$

در رابطه ۲، مجموعه محدودیت‌های اول و دوم به ترتیب مربوط به ترکیب محدب ورودی‌ها و خروجی‌های فرآیند  $K$  است و مجموعه محدودیت سوم به متغیرهای میانجی (خروجی فرآیند  $k$  و ورودی فرآیند  $h$ ) مربوط است و تضمینی است بر این که ترکیب محدب متغیر میانجی (به عنوان خروجی فرآیند  $k$ ) با ترکیب محدب متغیر میانجی (به عنوان ورودی فرآیند  $h$ ) برابر باشد.  $s_i^{k-}$  و  $s_r^{k+}$  به ترتیب متغیرهای کمکی ورودی‌ها و خروجی‌های فرآیند  $k$  هستند.  $w^k$  نشان‌دهنده وزن نسبی فرآیند  $k$  است ( $\sum_{k=1}^p w^k = 1, w^k \geq 0, \forall k$ ) که بر اساس اهمیت آن فرآیند تعیین می‌شود.

## ۷ بررسی متغیرهای نامطلوب و منابع مشترک در مدل شبکه‌ای تحلیل پوششی داده‌ها

مطالعات نشان می‌دهد که مدل استاندارد DEA (با توجه به دو اصل خطی بودن و تحدب مدل‌های DEA) می‌تواند برای بهبود عملکرد واحدهای ناکارا با افزایش خروجی مطلوب و کاهش خروجی نامطلوب به کار رود. همچنین این روش در زمان نیاز به افزایش برخی از ورودی‌ها برای بهبود عملکرد نیز کاربرد دارد (سیفورد و ژو، ۲۰۰۲). لذا مدل چند مرحله‌ای با خروجی نامطلوب نهایی ارائه شده است که این خروجی‌های نامطلوب با علامت منفی در محاسبات وزن‌های مجازی به کار رفته است (کردرستمی و امیر تیموری، ۲۰۰۵). چارچوب DEA دو مرحله‌ای جمعی با خروجی نامطلوب نهایی نیز ارائه شده است که برای تحلیل کارایی‌های بانک‌های تجاری چین به کار رفته است. نتایج این بررسی نشان داد که مدل دو مرحله‌ای در مقایسه با رویکرد سنتی DEA در دستیابی به هدف مطالعه، یعنی شناسایی منبع ناکارایی کل سیستم، موفق عمل کرده است و منبع ناکارایی سیستم بانکی چین در مرحله تولید سپرده شناسایی شد (ونگ، هوانگ، لو و لیو، ۲۰۱۴؛ چن، کوک، لی و زو، ۲۰۰۹).

رویکرد پوششی در ساختار شبکه‌ای با خروجی نامطلوب میانی و به خصوص نهایی نیز به کار رفته است. کارایی بانک‌های ژاپنی با ساختار شبکه‌ای بر مبنای متغیرهای کمکی با خروجی نامطلوب نهایی ارزیابی و مدل حاصلضربی به عنوان دوگان مدل پوششی ارائه شد. نتیجه بر این اساس عنوان شد که ساختار دو مرحله‌ای در مقایسه با ساختار تک مرحله‌ای در شناسایی منابع ناکارایی سیستم بانکی کارایی بیشتری دارد (فوکوما یا و وبر، ۲۰۱۰). مدل DEA شبکه‌ای بر مبنای تابع فاصله‌ای با خروجی‌های مطلوب و نامطلوب نهایی ارائه شد. این مدل برای مدلسازی و الگوبرداری عملکرد فرودگاه‌های اسپانیا در سال ۲۰۰۸ به کار رفت و نتایج آن با فرآیند یک مرحله‌ای تابع فاصله‌ای مقایسه شد. نتایج نشان داد که تابع فاصله‌ای شبکه‌ای نسبت به همتای تک مرحله‌ای خود ناکارایی‌ها را بیشتر آشکار کرده و نتایج معتبرتری ارائه می‌کند (لوزانو، گوئیروز و مورنو، ۲۰۱۳).

در اغلب کاربردهای عملی ممکن است DMU‌های تحت ارزیابی به مؤلفه‌های متفاوت تقسیم شوند که هر مؤلفه خود به تنهایی ورودی‌هایی را جهت تولید خروجی‌ها مصرف می‌کند، لذا به عنوان یک DMU مستقل در نظر گرفته می‌شود. در این کاربردها، اغلب یک ورودی مشترک در بین مؤلفه‌های یک DMU مشترک است و تمام مؤلفه‌ها با

سهام‌های مختلف در مصرف آن سهام‌اند. در سال ۲۰۰۰ مدلی برای اندازه‌گیری کارایی تجمعی یک واحد تصمیم‌گیرنده و کارایی مؤلفه‌های آن توسط محققان پیشنهاد شد (کوک، هابابو و تونتر، ۲۰۰۰). آنها فرض کردند که یک ورودی مشترک در بین تمام مؤلفه‌های یک واحد تصمیم‌گیری وجود دارد که تمامی این مؤلفه‌ها در مصرف آن سهام‌اند. در مقاله آنها شاخص کارایی تجمعی و کارایی مؤلفه‌ای با استفاده از فرم مضربی به دست آمده است. آنها ثابت کردند که کارایی تجمعی یک ترکیب محدب از اندازه‌های کارایی مؤلفه‌ای است.

### ۸ توسعه مدل شبکه‌ای تحلیل پوششی داده‌ها مبتنی بر متغیرهای کمبود در محیط فازی (FUZZY NSBM)

زمانی که داده‌ها بصورت نادقیق یا بطور مبهم توصیف شوند، ضرورت به کارگیری نظریه فازی برای نمایش نوعی از داده‌ها احساس می‌شود. همانطور که قبلاً عنوان شد، مدل‌های فازی برای ایجاد مدل‌های واقعی‌تر به کار گرفته می‌شوند؛ این مسئله در حالی است که مدل‌های شبکه‌ای نیز کارایی و ناکارایی واحدها را به صورت بهتری تشخیص می‌دهند. لذا توسعه مدل شبکه‌ای تحلیل پوششی داده‌ها در محیط فازی باعث ارتقاء کارایی مدل‌های شبکه‌ای می‌شود. بر این اساس، مدل فازی شبکه‌ای بر اساس متغیرهای کمبود توسط ابراهیم‌زاده شرمه، نجفی و علوی دوست (۲۰۱۶) به صورت رابطه (۳) پیشنهاد شد.

$$\rho_o = \min \sum_{p=1}^q W^p [1 - \frac{1}{m_p} (\sum_{i=1}^{m_p} \frac{s_i^{p-}}{\tilde{x}_{i0}^p})] \quad \text{رابطه (۳)}$$

$$\tilde{x}_{i0}^p = \sum_{j=1}^n \tilde{x}_{ij}^p \lambda_j^p + s_i^{p-} \quad \forall i \in I_p, p \in P$$

$$\tilde{y}_{r0}^p = \sum_{j=1}^n \tilde{y}_{rj}^p \lambda_j^p - s_r^{p+} \quad \forall r \in R, p \in P$$

$$\tilde{z}^{(p,h)} = \sum_{j=1}^n \tilde{z}_j^{(p,h)} \lambda_j^p \quad \forall (p,h) \in P, \text{ as output from } p$$

$$\tilde{z}^{(p,h)} = \sum_{j=1}^n \tilde{z}_j^{(p,h)} \lambda_j^p \quad \forall (p,h) \in P, \text{ as input to } h$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j^p = 1 \quad \forall p \in P$$

$$\lambda_j^p \geq 0 \quad \forall j \in J, p \in P$$

$$s_i^{p-} \geq 0, s_r^{p+} \geq 0 \quad \forall p \in P, \forall i \in I_p, \forall r \in R_p$$

در روابط (۴) الی (۶)، از  $\mu_{\tilde{x}_{ij}}$ ،  $\mu_{\tilde{y}_{rj}}$  و  $\mu_{\tilde{z}_j}$  به عنوان تابع عضویت متغیرهای  $\tilde{x}_{ij}$ ،  $\tilde{y}_{rj}$  و  $\tilde{z}_j$  استفاده شد. همچنین

$S(\tilde{x}_{ij})$ ،  $S(\tilde{y}_{rj})$  و  $S(\tilde{z}_j)$  به عنوان مجموعه پشتیبان که مقادیر آن بزرگتر و مساوی صفر است به ترتیب برای متغیرهای

$\tilde{x}_{ij}$ ،  $\tilde{y}_{rj}$  و  $\tilde{z}_j$  در نظر گرفته شده است. بنابراین برای متغیرهای  $\tilde{x}_{ij}$ ،  $\tilde{y}_{rj}$  و  $\tilde{z}_j$  از تکنیک  $\alpha$ -برش استفاده می‌شود.

$$(X_{ij})_\alpha = \{x_{ij} \in S(\tilde{x}_{ij}) \mid \mu_{\tilde{x}_{ij}}(x_{ij}) \geq \alpha\}, 0 < \alpha \leq 1 \quad \text{رابطه (۴)}$$

$$(Y_{rj})_\alpha = \{y_{rj} \in S(\tilde{y}_{rj}) \mid \mu_{\tilde{y}_{rj}}(y_{rj}) \geq \alpha\}, 0 < \alpha \leq 1 \quad \text{رابطه (۵)}$$

$$(Z_j)_\alpha = \{z_j \in S(\tilde{z}_j) \mid \mu_{\tilde{z}_j}(z_j) \geq \alpha\}, 0 < \alpha \leq 1 \quad \text{رابطه (۶)}$$

که در آن  $(X_{ij})_\alpha$ ،  $(Y_{rj})_\alpha$  و  $(Z_j)_\alpha$  مجموعه‌های قطعی هستند. بنابراین ورودی‌ها، خروجی‌ها و متغیرهای میانی در

فواصلی در سطوح مختلف  $\alpha$  نشان داده شده است که به صورت روابط (۷) الی (۹) نشان داده شده است:

$$(X_{ij})_\alpha = [(x_{ij})_\alpha^L, (x_{ij})_\alpha^U] = \quad \text{رابطه (۷)}$$



$$[\min_{x_{ij}} \{x_{ij} \in S(\tilde{x}_{ij}) | \mu_{\tilde{x}_{ij}}(x_{ij}) \geq \alpha\}, [\max_{x_{ij}} \{x_{ij} \in S(\tilde{x}_{ij}) | \mu_{\tilde{x}_{ij}}(x_{ij}) \geq \alpha\}]$$

$$(Y_{rj})_{\alpha} = [(y_{rj})_{\alpha}^L, (y_{rj})_{\alpha}^U] = \quad \text{رابطه ۸}$$

$$[\min_{y_{rj}} \{y_{rj} \in S(\tilde{y}_{rj}) | \mu_{\tilde{y}_{rj}}(y_{rj}) \geq \alpha\}, [\max_{y_{rj}} \{y_{rj} \in S(\tilde{y}_{rj}) | \mu_{\tilde{y}_{rj}}(y_{rj}) \geq \alpha\}]$$

$$(Z_j)_{\alpha} = [(z_j)_{\alpha}^L, (z_j)_{\alpha}^U] = \quad \text{رابطه ۹}$$

$$[\min_{z_j} \{z_j \in S(\tilde{z}_j) | \mu_{\tilde{z}_j}(z_j) \geq \alpha\}, [\max_{z_j} \{z_j \in S(\tilde{z}_j) | \mu_{\tilde{z}_j}(z_j) \geq \alpha\}]$$

مدل‌های بیشمار تحلیل پوششی داده‌ها در محیط فازی توسعه داده شده‌اند. توسعه فازی مدل‌های شبکه‌ای تحلیل پوششی داده‌ها در حالت پویا نیز ارائه شده است (الف، امیری، سوفی و پیشدار، ۲۰۱۶). ترکیب مدل شبکه‌ای تحلیل پوششی داده‌ها بر مبنای متغیرهای کمبود با در نظرگیری شرایط عدم قطعیت در محیط فازی نیز بررسی شده است (ابراهیم‌زاده شرمه، نجفی و علوی دوست، ۲۰۱۶). همانطور که قبلاً نیز اشاره شد، همزمان با این مسئله که مدل‌های فازی در محیط‌های واقعی جهت رویارویی با متغیرهایی که دارای ابهام می‌باشند بهتر عمل می‌کنند؛ مدل‌های شبکه‌ای نیز واحدهای ناکارا را بهتر و دقیق‌تر از مدل‌های معمول شناسایی می‌کنند. بنابراین ترکیب مدل‌های شبکه‌ای و فازی کردن آنها باعث بهبود کارایی مدل‌ها می‌شود.

در جدول ۱، مقایسه میان مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها با در نظر گرفتن ویژگی‌های مورد مطالعه از جمله بر مبنای متغیر کمبود، شبکه‌ای بودن، در نظر گرفتن ورودی و خروجی نامطلوب، منابع مشترک، عدم قطعیت داده‌ها و استفاده از نظریه فازی و استفاده از آن در صنعت بانکداری صورت گرفته است.

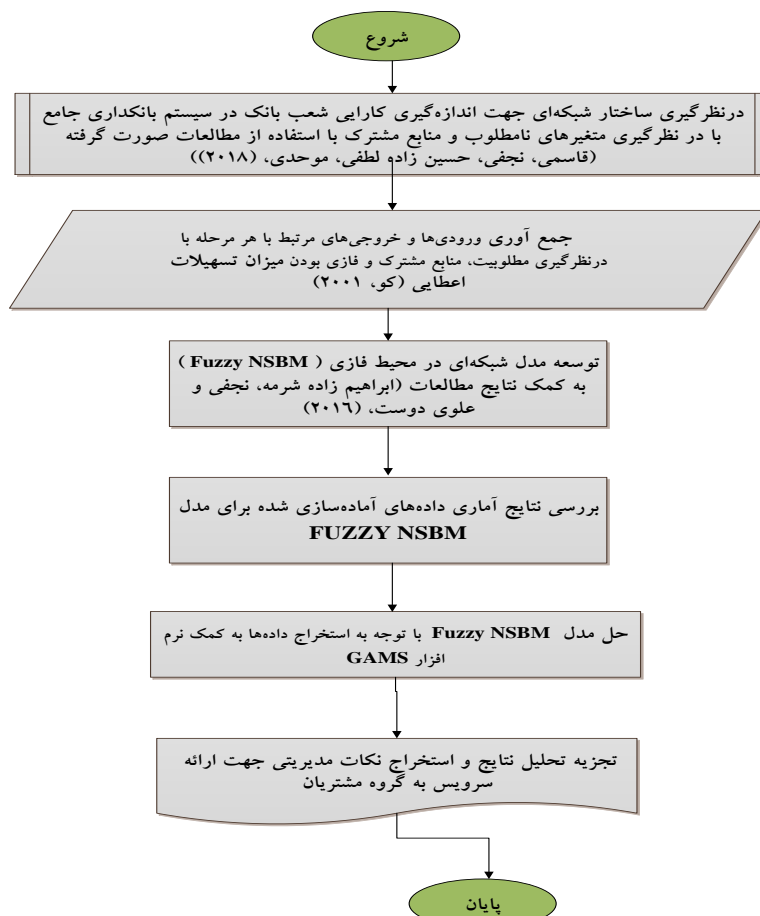
### جدول ۱. کاربرد مدل تحلیل پوششی داده‌ها در صنعت بانکداری به همراه مشخصات آنها

نویسندگان	کمبود بر مبنای متغیرهای	شبکه‌ای	ورودی/خروجی نامطلوب	منابع مشترک	عدم قطعیت	کاربرد در بانکداری
فوکوما یا و وبر، (۲۰۱۰)	✓	✓	✓	-	-	✓
تن و تسوتسویی، (۲۰۰۹)	✓	✓	-	-	-	-
کائو و هوانگ، (۲۰۱۰)	-	✓	-	-	-	✓
آوکیران، (۲۰۰۹)	-	✓	-	-	-	✓
ژا و لیانگ، (۲۰۱۰)	-	✓	-	✓	-	✓
کائو و لیو، (۲۰۱۴)	-	✓	-	-	-	✓
ابراهیم‌نژاد، توانا، حسین زاده لطفی، شاهوردی و یوسف پور، (۲۰۱۴)	-	✓	-	-	-	✓
لین و چپو، (۲۰۱۳)	✓	✓	-	-	-	✓
تن، (۲۰۰۱)	✓	-	-	-	-	-
هوانگ، بانگ، چن و وانگ، (۲۰۱۴)	✓	✓	✓	-	-	-
هوانگ، چن و یین، (۲۰۱۴)	✓	✓	✓	-	-	✓
الف، امیری، سوفی و پیشدار، (۲۰۱۶)	✓	✓	✓	-	✓	-

نویسندگان	بر مبنای متغیرهای کمبود	شبکه‌ای	ورودی/خروجی نامطلوب	منابع مشترک	عدم قطعیت	کاربرد بانکداری
وو، زو، جی، چو، لیانگ (۲۰۱۶)	-	✓	✓	✓	-	-
توسلی، فرامزی، فرزین پور، (۲۰۱۴)	✓	✓	-	✓	-	-
کائو و لیو، (۲۰۰۰)	✓	-	-	-	✓	-
بو، چینگ، یوانگ و چینگ، (۲۰۱۱)	✓	-	-	-	✓	✓
آکتر، فوکوما یا و وبر، (۲۰۱۳)	✓	✓	✓	-	-	✓
خلیلی دامغانی و توانا، (۲۰۱۳)	-	✓	-	-	✓	-
هسیو، چرن، جیو یوانگ، چیو چینگ، (۲۰۱۱)	✓	✓	-	-	✓	✓
ابراهیم‌زاده شرمه، نجفی و علوی دوست (۲۰۱۶)	✓	✓	-	-	✓	-
قاسمی، نجفی، حسین زاده لطفی، موحدی (۲۰۱۸)	✓	✓	✓	✓	-	✓
مدل پیشنهادی	مدل‌های غیر شعاعی واقعی تر مستقل از بعد و مستقل از واحد	مبتنی بر واقعیت، در نظرگیری کارایی زیر فرآیندها	ورودی‌های نامطلوب مانند سپرده‌های هزینه‌زا و غیر هزینه‌زا، ضمانتنامه و تسهیلات	متغیرهای سپرده هزینه‌زا و غیر هزینه‌زا	رضایت مشتریان، حالات مختلف در تسهیلات دهی	پیاده‌سازی مدل مذکور در یکی از بانک‌های خصوص کشور

## ۹) روش‌شناسی پژوهش

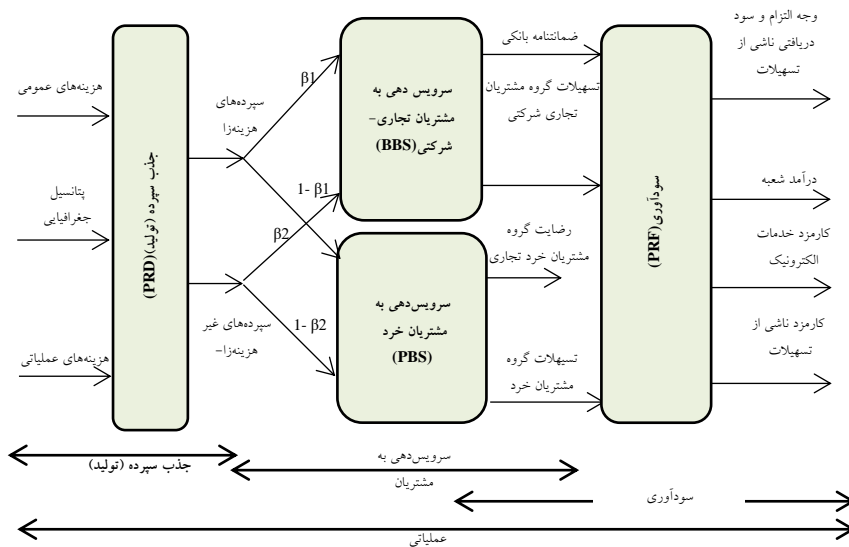
در این قسمت با الگو گرفتن از مطالعات قبلی، چارچوبی جهت مدل‌سازی بر اساس آنچه شکاف‌های پژوهش را مورد پوشش قرار دهد، مطابق شکل (۱) ارائه شده است. در توضیح شکل (۱) ذکر این نکته لازم است که جنس و محدودیت داده‌ها باعث می‌شود مدل‌سازی تغییر یابد و نیاز به توسعه در محیط فازی باشد.



شکل ۱. چارچوب پیشنهادی پژوهش

با توجه به نتایج مطالعات صورت گرفته، ساختار شبکه‌ای سه مرحله‌ای مطابق شکل (۱) در نظر گرفته شده است (ابراهیم‌نژاد، توانا، حسین زاده لطفی، شاهرودی و یوسف پور، ۲۰۱۴؛ لین و چیو، ۲۰۱۳؛ قاسمی، نجفی، حسین زاده لطفی، موحدی، ۲۰۱۸).

با در نظر گرفتن مشخصات متغیرهای مدل شبکه‌ای تحلیل پوششی داده‌ها، جدول (۲) نشان‌دهنده ورودی‌ها و خروجی‌های مرتبط با هر مرحله در شکل (۲) است:



شکل ۲. مدل شبکه‌ای FUZZY NSBM جهت سنجش کارایی شعب با رویکرد بانکداری جامع

## جدول ۲. ورودی‌ها و خروجی‌های مرتبط با هر مرحله با در نظرگیری مطلوبیت، منابع مشترک و فازی بودن متغیرها

مرحله	ورودی‌ها	خروجی‌ها
جذب سپرده	هزینه‌های عمومی، پتانسیل جغرافیایی، هزینه عملیاتی	سپرده‌های هزینه‌زا و سپرده‌های غیر هزینه‌زا
سرویس دهی به مشتریان تجاری - شرکتی	سپرده‌های هزینه‌زا، مشترک و نامطلوب - سپرده‌های غیر هزینه‌زا، مشترک و نامطلوب	تسهیلات، فازی - ضمانتنامه بانکی
سرویس دهی به مشتریان خرد	سپرده‌های هزینه‌زا، مشترک و نامطلوب - سپرده‌های غیر هزینه‌زا، مشترک و نامطلوب	تسهیلات، فازی - رضایت
سودآوری	تسهیلات مشتریان خرد، نامطلوب، فازی - تسهیلات مشتریان تجاری شرکتی، نامطلوب، فازی، نامطلوب	وجه التزام و سود دریافتی - درآمد شعبه، کارمزد خدمات الکترونیک - کارمزد تسهیلات - ضمانتنامه بانکی، نامطلوب

### ۱۰) مدل پیشنهادی Fuzzy NSBM با در نظر گرفتن متغیرهای نامطلوب و منابع مشترک در شرایط عدم اطمینان

با در نظر گرفتن آنچه در خصوص مدل NSBM و همچنین مدل‌های فازی ارائه شده مبتنی بر متغیرهای کمبود ارائه شد، در این قسمت با توجه به آنچه در خصوص عدم قطعیت و اطمینان در خصوص برخی متغیرهای موجود در مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها در فضای واقعی رخ می‌دهد، مدل فازی شده مبتنی بر متغیرهای کمبود با در نظر گرفتن متغیرهای نامطلوب و منابع مشترک، ارائه می‌شود. فرض می‌کنیم  $n$  واحد تصمیم‌گیرنده وجود دارد که هر کدام از  $q$  قسمت (مرحله) تشکیل شده است که با یکدیگر ارتباط شبکه‌ای (سری یا موازی) دارند. در این قسمت فرض می‌کنیم مرحله  $p$  از  $DMU_j$  دارای  $m_p$  ورودی از  $x_{ij}^p$  و  $r_p$  خروجی از  $y_{rj}^p$  است.  $z_j^{(p,h)}$  ارتباطات میانی را نشان می‌دهند که از مرحله  $p$  خارج شده و به مرحله  $h$  به عنوان ورودی وارد می‌شود.

جهت حل مدل فازی و شبکه‌ای تحلیل پوششی داده‌ها بر مبنای متغیرهای کمبود، از مفهوم کارایی پاراتو استفاده نموده و بر این اساس، برای واحد تصمیم‌گیرنده تحت ارزیابی با روش  $\alpha$ -برش و در سطح مشخصی از  $\alpha$ ، بیشینه کارایی

زمانی رخ خواهد داد که ورودی‌ها در وضعیت کمینه خود و خروجی‌ها در بیشینه حالت خود هستند و برای سایر واحدهای تصمیم‌گیرنده، ورودی‌ها در وضعیت بیشینه خود و خروجی‌ها در وضعیت کمینه خود هستند. در نهایت بر اساس مفهوم کارایی پاراتو و به کمک نتایج مطالعات ابراهیم‌زاده شرمه، نجفی و علوی دوست (۲۰۱۶)، مدل نشان داده شده در رابطه ۳ به فرم رابطه‌های ۱۰ و ۱۱ تغییر خواهد یافت و به ترتیب مرتبط با حد بالا و حد پایین کارایی خواهند شد.

$$(\rho_o)_\alpha^U = \min \frac{\sum_{p=1}^q w^p [1 - \frac{1}{m_p} (\sum_{i=1}^{m_p} \frac{(s_i^{p-})^L}{(x_{io}^p)_\alpha^L})]}{\sum_{p=1}^q w^p [1 + \frac{1}{r_p} (\sum_{r=1}^{r_p} \frac{(s_r^{p+})^U}{(y_{ro}^p)_\alpha^U})]} \quad \text{رابطه ۱۰}$$

$$(x_{io}^p)_\alpha^L = \sum_{j=1, j \neq o}^n (x_{ij}^p)_\alpha^U \lambda_j^p + (x_{io}^p)_\alpha^L \lambda_o^p + (s_i^{p-})^L \quad \forall i \in I_p, p \in P$$

$$(y_{ro}^p)_\alpha^U = \sum_{j=1, j \neq o}^n (y_{rj}^p)_\alpha^L \lambda_j^p + (y_{ro}^p)_\alpha^U \lambda_o^p - (s_r^{p+})^U \quad \forall r \in R_p, p \in P$$

$$(z_o^{(p,h)})_\alpha^L = \sum_{j=1, j \neq o}^n (z_j^{(p,h)})_\alpha^U \lambda_j^p + (z_o^{(p,h)})_\alpha^L \lambda_o^p \quad \forall (p, h) \in P, \text{ as output from } p$$

$$(z_o^{(p,h)})_\alpha^U = \sum_{j=1, j \neq o}^n (z_j^{(p,h)})_\alpha^L \lambda_j^h + (z_o^{(p,h)})_\alpha^U \lambda_o^h \quad \forall (p, h) \in P, \text{ as input to } h$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j^p = 1 \quad \forall p \in P$$

$$\lambda_j^p \geq 0 \quad \forall j \in J, p \in P$$

$$(s_i^{p-})^L \geq 0, (s_r^{p+})^U \geq 0 \quad \forall p \in P, \forall i \in I_p, \forall r \in R_p$$

$$(\rho_o)_\alpha^L = \min \frac{\sum_{p=1}^q w^p [1 - \frac{1}{m_p} (\sum_{i=1}^{m_p} \frac{(s_i^{p-})^U}{(x_{io}^p)_\alpha^U})]}{\sum_{p=1}^q w^p [1 + \frac{1}{r_p} (\sum_{r=1}^{r_p} \frac{(s_r^{p+})^L}{(y_{ro}^p)_\alpha^L})]} \quad \text{رابطه ۱۱}$$

$$(x_{io}^p)_\alpha^U = \sum_{j=1, j \neq o}^n (x_{ij}^p)_\alpha^L \lambda_j^p + (x_{io}^p)_\alpha^U \lambda_o^p + (s_i^{p-})^U \quad \forall i \in I_p, p \in P$$

$$(y_{ro}^p)_\alpha^L = \sum_{j=1, j \neq o}^n (y_{rj}^p)_\alpha^U \lambda_j^p + (y_{ro}^p)_\alpha^L \lambda_o^p - (s_r^{p+})^L \quad \forall r \in R_p, p \in P$$

$$(z_o^{(p,h)})_\alpha^U = \sum_{j=1, j \neq o}^n (z_j^{(p,h)})_\alpha^L \lambda_j^p + (z_o^{(p,h)})_\alpha^U \lambda_o^p \quad \forall (p, h) \in P, \text{ as output from } p$$

$$(z_o^{(p,h)})_\alpha^L = \sum_{j=1, j \neq o}^n (z_j^{(p,h)})_\alpha^U \lambda_j^h + (z_o^{(p,h)})_\alpha^L \lambda_o^h \quad \forall (p, h) \in P, \text{ as input to } h$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j^p = 1 \quad \forall p \in P$$

$$\lambda_j^p \geq 0 \quad \forall j \in J, p \in P$$

$$(s_i^{p-})^U \geq 0, (s_r^{p+})^L \geq 0 \quad \forall p \in P, \forall i \in I_p, \forall r \in R_p$$

در ادامه مدل پیشنهادی فازی و شبکه‌ای تحلیل پوششی داده‌ها مبتنی بر متغیرهای کمبود جهت اندازه‌گیری حد بالا و پایین کارایی در ساختار شبکه‌ای که در آن متغیرهای نامطلوب و منابع مشترک وجود دارد، به صورت رابطه‌های ۱۲ و ۱۴ جهت محاسبه حد بالای کارایی کلی و کارایی هر کدام از مراحل مدل شبکه‌ای در آمد:

$$(\rho_o)_\alpha^U = \min \frac{\sum_{p=1}^q w^p [1 - \frac{1}{m_p} (\sum_{i=1}^{m_p} \frac{(s_i^{p-})^L}{(x_{io}^p)_\alpha^L})]}{\sum_{p=1}^q w^p [1 + \frac{1}{r_p} (\sum_{r=1}^{r_p} \frac{(s_r^{p+})^U}{(y_{ro}^p)_\alpha^U})]} \quad \text{رابطه ۱۲}$$

$$(x_{io}^p)_\alpha^L = \sum_{j=1, j \neq o}^n (x_{ij}^p)_\alpha^U \lambda_j^p + (x_{io}^p)_\alpha^L \lambda_o^p + (s_i^{p-})^L \quad \forall i \in I_p \wedge i \notin I_\beta, p \in P$$

ورودی‌های مطلوب و خروجی‌های نامطلوب

$$\beta_{ko}(x_{io}^p)_\alpha^L = \sum_{j=1, j \neq o}^n \beta_{kj}(x_{ij}^p)_\alpha^U \lambda_j^p + \beta_{ko}(x_{io}^p)_\alpha^L \lambda_o^p + (s_i^{p-})^L$$

$$(1 - \beta_{ko})(x_{io}^p)_\alpha^L = \sum_{j=1, j \neq o}^n (1 - \beta_{kj})(x_{ij}^p)_\alpha^U \lambda_j^p + (1 - \beta_{ko})(x_{io}^p)_\alpha^L \lambda_o^p + (s_i^{p-})^L$$

$\forall i \in I_p \wedge i \in I_\beta, p \in P, \forall k \in K, k = 1, \dots, m_K$  number of shared resources

ورودی‌های مطلوب و خروجی‌های نامطلوب و منابع مشترک

$$(y_{ro}^p)_\alpha^U = \sum_{j=1, j \neq o}^n (y_{rj}^p)_\alpha^L \lambda_j^p + (y_{ro}^p)_\alpha^U \lambda_o^p - (s_r^{p+})^U \quad \forall r \in R_p, p \in P$$

خروجی‌های مطلوب و ورودی‌های نامطلوب

$$(z_o^{(p,h)})_\alpha^L = \sum_{j=1, j \neq o}^n (z_j^{(p,h)})_\alpha^U \lambda_j^p + (z_o^{(p,h)})_\alpha^L \lambda_o^p \quad \forall (p, h) \in P, \text{ as output from } p$$

$$(z_o^{(p,h)})_\alpha^U = \sum_{j=1, j \neq o}^n (z_j^{(p,h)})_\alpha^L \lambda_j^h + (z_o^{(p,h)})_\alpha^U \lambda_o^h \quad \forall (p, h) \in P, \text{ as input to } h \text{ and } h \text{ has not shared resources}$$

$$\beta_{ko}(z_o^{(p,h)})_\alpha^U = \sum_{j=1, j \neq o}^n \beta_{kj}(z_j^{(p,h)})_\alpha^L \lambda_j^h + \beta_{ko}(z_o^{(p,h)})_\alpha^U \lambda_o^h$$

$$(1 - \beta_{ko})(z_o^{(p,h)})_\alpha^U = \sum_{j=1, j \neq o}^n (1 - \beta_{kj})(z_j^{(p,h)})_\alpha^L \lambda_j^h + (1 - \beta_{ko})(z_o^{(p,h)})_\alpha^U \lambda_o^h$$

$\forall (p, h) \in P, \text{ as input to } h \text{ and } h \text{ has shared resources}, \forall k \in K$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j^p = 1 \quad \forall p \in P$$

$$\lambda_j^p \geq 0 \quad \forall j \in J, p \in P$$

$$(s_i^{p-})^L \geq 0, (s_r^{p+})^U \geq 0 \quad \forall p \in P, \forall i \in I_p, \forall r \in R_p$$

$$0 \leq \beta_{kj} \leq 1 \quad \forall j \in J, \forall k \in K$$

همچنین جهت محاسبه کارایی هریک از مراحل مدل با استفاده از مقادیر بهینه  $(s_i^{p-})^{L*}$  و  $(s_r^{p+})^{U*}$  حاصل از حل

رابطه ۱۲، خواهیم داشت:

$$(\rho_p)_\alpha^U = \frac{[1 - \frac{1}{m_p} (\sum_{i=1}^{m_p} \frac{(s_i^{p-})^{L*}}{(x_{io}^p)_\alpha^L})]}{[1 + \frac{1}{r_p} (\sum_{r=1}^{r_p} \frac{(s_r^{p+})^{U*}}{(y_{ro}^p)_\alpha^U})]} \quad \text{رابطه ۱۳}$$

به طور مشابه، مقدار کمینه کارایی برای واحد تصمیم‌گیرنده تحت ارزیابی زمانی رخ خواهد داد که ورودی‌ها در حالت بیشینه خود قرار داشته و خروجی‌ها نیز کمینه مقدار خود را داشته باشند و بالعکس برای سایر واحدهای تصمیم‌گیرنده، ورودی‌ها مینیمم مقدار و خروجی‌ها ماکزیمم مقدار خود را دارا باشند (یوان، ۲۰۰۱).

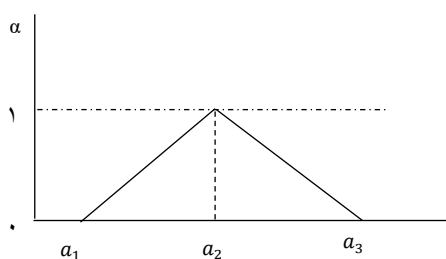
کارایی مرحله تولید با محدودیت‌های مرتبط با ورودی و خروجی مرحله تولید و اتصال مرتبط با مراحل تولید و بانکداری شخصی و تجاری-شرکتی محاسبه می‌شود. به طور مشابه، کارایی هر کدام از مراحل مدل نیز محاسبه شده و در نهایت نیز کارایی عملیاتی کل شعبه با در نظر گرفتن تمامی محدودیت‌های مرتبط آن محاسبه می‌شود. در این مدل متغیر  $\beta_1$  و  $\beta_2$  سهم منابع مشترک مرتبط با هر DMU است که بین صفر و یک قرار دارد. در اینجا با استفاده از نظر کارشناسان صنعت بانکداری این مقادیر بین ۰/۲ و ۰/۸ متغیر قرار داده شده است.

در توضیح مدل ارائه شده ذکر این نکته لازم است که بحران‌های مالی که امروزه گریبان‌گیر مؤسسات مالی و بانک‌ها است، آنها را جهت حفظ بقا و ادار به اخذ وام‌های کلان و پرریسک می‌نماید (هسیو، چرن، چيو یوانگ، چيوچینگ،

(۲۰۱۱). با توجه به این موضوع، میزان وام‌های اعطایی به گروه مشتریان تجاری-شرکتی و خرد جهت اعمال پیش‌بینی‌ها و بررسی شرایط مختلف کارایی بانکداری جامع در مقابل حالت‌های مختلف میزان تسهیلات اعطایی به صورت فازی مثلثی از مجموعه تئوری فازی در نظر گرفته می‌شود (کو، ۲۰۰۱). میزان تسهیلات مطابق شکل ۳، در نقطه  $a_2$  نشان داده شده است. نقطه  $a_1$  و  $a_3$  نیز به صورت رابطه‌های ۱۴ و ۱۵ در فرم مثلثی حالت فازی متغیر تسهیلات اعطایی به گروه مشتریان محاسبه خواهند شد.

$$a_1 = \left( 1 - \left( \text{نسبت تسهیلات غیر جاری} \right) \right) * \text{گروه مشتریان} \quad \text{رابطه ۱۴}$$

$$a_3 = \left( 1 + \left( \text{نسبت تسهیلات غیر جاری} \right) \right) * \text{گروه مشتریان} \quad \text{رابطه ۱۵}$$



شکل ۳. اعداد فازی متغیر تسهیلات اعطایی

در این بخش شاخص تسهیلات گروه مشتریان تجاری شرکتی و تسهیلات گروه مشتریان خرد به صورت فازی در نظر گرفته شد تا بتوان شرایط عدم قطعیت در تسهیلات دهی به مشتریان را بررسی کرد.

## ۱۱ یافته‌های پژوهش

### ۱۱-۱ جمع‌آوری داده‌ها

در این بخش داده‌های نشان داده شده در شکل (۲) و مرتبط با ۵۴ شعبه از یکی از بانک‌های خصوصی کشور در شهر تهران توسط سیستم‌های داخلی بانک و نیز صورت مالی منتشر شده، جمع‌آوری شده است. همچنین در خصوص مشکل تسهیلات غیرجاری که بسیاری از بانک‌های کشور با آن روبرو هستند قابل ذکر است که میانگین نسبت تسهیلات غیرجاری در خصوص مشتریان خرد با توجه به داده‌های در دسترس برابر ۱۸/۸۹ درصد و همین نسبت برای مشتریان تجاری-شرکتی برابر ۲۶/۷۳ درصد است. بنابراین، رویارویی با ریسک نقدینگی برای سیستم بانکداری ایران امری غیر قابل اجتناب است مگر این که تغییرات مدیریتی مناسب در سیستم اعطای تسهیلات اعمال شود. لذا همانطور که قبلاً نیز عنوان شد میزان تسهیلات اعطایی به هر یک از گروه مشتریان در این مدل به صورت فازی و در شرایطی که توأم با عدم اطمینان است در نظر گرفته شد تا بتوان کارایی‌های مختلف مدل را در حالت‌های مختلف اعطای تسهیلات به گروه مشتریان تجاری-شرکتی و خرد بررسی نمود.

### ۱۱-۲) نتایج اجرای مدل FUZZY NSBM با در نظر گرفتن متغیرهای نامطلوب و منابع مشترک

در ادامه کارایی شعب بانک در هر یک از مراحل مدل (جذب سپرده، سرویس دهی به گروه مشتریان تجاری-شرکتی و خرد و همچنین سودآوری با استفاده از روش  $\alpha$ -برش و در سطوح مختلف  $\alpha$  محاسبه می شود. نتایج نشان می دهد تنها دو شعبه در هر دو کران بالا و پایین کارا هستند. نتایج استخراج شده از اجرای مدل فازی سنجش کارایی شعب نیز در جدول ۳ خلاصه شده است:

جدول ۳. میانگین کارایی حاصل از اجرای مدل Fuzzy NSBM با رویکرد  $\alpha$ -برش و سهم منابع مشترک سپرده های هزینهزا و غیر هزینهزا

	سرویس دهی		سودآور ی	کارایی عملیاتی کل شعبه	سرویس دهی		
	تولید (جذب سپرده)	به گروه مشتریان تجاری- شرکتی			ی به گروه مشتریان خرد	$(B_1)$	$(B_2)$
۰	۰/۲۵۲۲	۰/۲۶۴۸	۰/۱۹۱۱	۰/۲۲۳۵	۰/۲۳۷۰	۰/۷۰۹۰	۰/۴۵۲۹
	۰/۳۳۹۹	۰/۳۳۳۹	۰/۳۱۰۵	۰/۳۳۹۱	۰/۳۴۲۵	۰/۶۷۱۱	۰/۴۴۰۴
۰/۵	۰/۳۰۵۱	۰/۳۰۷۳	۰/۲۴۰۰	۰/۲۷۸۰	۰/۲۷۵۳	۰/۷۱۵۰	۰/۴۳۸۳
	۰/۳۳۸۷	۰/۳۳۱۵	۰/۳۱۷۲	۰/۳۴۸۱	۰/۳۴۷۱	۰/۷۲۸۶	۰/۴۳۴۹
۱	۰/۳۳۶۶	۰/۳۲۸۰	۰/۳۰۵۳	۰/۳۳۴۸	۰/۳۳۴۸	۰/۷۳۴۱	۰/۴۳۶۸
	۰/۳۳۶۶	۰/۳۲۸۰	۰/۳۰۵۳	۰/۳۳۴۸	۰/۳۳۴۸	۰/۷۳۳۹	۰/۴۳۶۷

همان طور که در جدول ۳ نشان داده شده است، با افزایش  $\alpha$  حد بالا و پایین کارایی افزایش می یابد. بنابراین ماکزیم کارایی زمانی اتفاق می افتد که مقدار  $\alpha$  به یک برسد. همچنین در حالتی که  $\alpha$  برابر یک است، حد بالا و پایین کارایی برابر است و در حالتی که  $\alpha$  برابر صفر باشد، کمترین میانگین کارایی در حد بالا و پایین مربوط به سرویس دهی به مشتریان خرد و به ترتیب برابر  $0/1911$  و  $0/3104$  و بیشترین میزان آن در حد پایین مربوط به سرویس دهی به مشتریان تجاری-شرکتی و برابر  $0/2648$  و در حد بالا مربوط به سودآوری کل شعبه و برابر  $0/3424$  است. همچنین میانگین سهم سپرده هزینهزا در سرویس دهی به گروه مشتریان تجاری-شرکتی (در هر دو حالت حد بالا و پایین کارایی) بیش از سرویس دهی به مشتریان خرد است. بالعکس در خصوص سپرده غیرهزینهزا، میانگین سهم در مرحله سرویس دهی به مشتریان خرد کمتر است. نکته حائز اهمیت در هر سه حالت  $\alpha$  این است که صرف نظر از میزان  $\alpha$ ، میزان کارایی حد بالا و پایین در مرحله سرویس دهی به مشتریان خرد دارای میانگین کارایی کمتری نسبت به سایر مراحل است که نشان گر لزوم توجه و ارائه خدمات و محصولات جذاب اعتباری برای گروه مشتریان خرد بانک مورد مطالعه است.

بر اساس اطلاعات مندرج در جدول ۴، تعداد واحدهای کارا (کارا در تمامی مراحل) برای مدل فازی اجرا شده برای ۵۴ شعب شهر تهران، در حالت های  $\alpha=0$  و  $\alpha=0/5$  برابر بوده و با افزایش  $\alpha$  به میزان یک تعداد شعب کارا در تمامی



مراحل دو برابر خواهد شد. طراحی مدل فازی و حل آن در سطوح مختلف آلفا با توجه به اطلاعات جدول ۳ نشان می دهد که کران پایین و بالای کارایی به میزان تسهیلات گروه مشتریان تجاری-شرکتی و خرد بستگی دارد.

برش  $\alpha$  با رویکرد Fuzzy NSBM جدول ۴. تعداد واحدهای کارا حاصل از اجرای مدل

$\alpha$	تولید (جذب سپرده)	سرویس دهی به گروه مشتریان تجاری-شرکتی	سرویس دهی به گروه مشتریان خرد	سودآوری	کارایی عملیاتی کل شعبه
۰	۲	۳	۲	۲	۱
۰/۵	۲	۳	۲	۲	۱
۱	۴	۶	۶	۶	۲

## ۱۲) نتیجه گیری و پیشنهادها

### ۱۲-۱) نتیجه گیری و دستاوردهای جدید پژوهش

در مدل های متداول DEA داده های ورودی و خروجی تنها تحت شرایط اطمینان و قطعیت مورد بررسی قرار می گرفتند. بنابراین، مدل های فازی جهت نشان دادن شرایط واقعی در مورد عدم قطعیت داده ها در دنیای واقعی و همچنین مدل های شبکه ای جهت شناسایی دقیق تر واحدهای ناکارا مورد استفاده قرار می گیرد. در مدل های واقعی، متغیرهای نامطلوب و منابع مشترک دو ویژگی هستند که به طور همزمان در مرور ادبیات مورد بررسی قرار نگرفته اند. بنابراین، ترکیب مدل های شبکه ای فازی با در نظر گرفتن عوامل نامطلوب و منابع مشترک موجب ارتقاء شیوه سنجش کارایی می شود زیرا با شرایط دنیای واقعی هماهنگی بیشتری دارد. علاوه بر این، به علت اهمیت تقسیم بندی و تفکیک مشتریان در سیستم بانکداری جامع، مدل پیشنهادی جهت سنجش کارایی شعب در یکی از بانک های خصوصی ایران با در نظر گرفتن سیستم بانکداری جامع مورد استفاده قرار گرفته است و نتایج کلیدی ذیل حاصل شد.

- ۱- مدل مورد مطالعه با وجود حالت های مختلف میزان تسهیلات اعطایی، متغیرهای نامطلوب و منابع مشترک در ۵۴ شعبه از یکی از بانک های خصوصی ایران پیاده سازی شد.
- ۲- در سطح  $\alpha = 0/5$  نتایج نشان داد تنها دو شعبه در هر دو کران بالا و پایین کارا می باشد.
- ۳- صرف نظر از میزان  $\alpha$ ، میزان کارایی حد بالا و پایین در مرحله سرویس دهی به مشتریان خرد دارای میانگین کارایی کمتری نسبت به سایر مراحل است که نشان دهنده لزوم ارتقاء سطح محصولات این گروه مشتریان است.
- ۴- میزان کارایی واحدها به تسهیلات دهی و تصمیم مناسب در این زمینه وابسته است.
- ۵- حل مدل پیشنهادی به مدیران سیستم بانکی کمک می کند که درک بهتری از ناکارآمدی شعب در هر یک از مراحل عملکرد شعب مشتمل بر جذب سپرده، ارائه محصولات و خدمات به مشتریان تجاری-شرکتی و مشتریان خرد، سودآوری و به طور کلی بانکداری عملیاتی حاصل کنند و در نهایت بتوانند جهت ارتقاء کارایی شعب در سرویس دهی به مشتریان تصمیمات استراتژیکی اتخاذ کنند.

در تحقیقات آتی می‌توان پس از رسیدن بانکداری جامع به مرحله بلوغ، برخی شاخص‌های مهم که محدودیتی در جمع‌آوری و نشر آن‌ها وجود ندارد به مدل اضافه کرده و پس از اعتبارسنجی‌ها و آزمون‌های آماری روش‌های مبتنی بر تجزیه تحلیل چند متغیره، مدل پیشنهادی را مورد استفاده قرار داد.

همچنین می‌توان از نتایج به دست آمده جهت خوشه‌بندی شعب بانک استفاده نموده و در نهایت برای بانک‌هایی که در خوشه‌های مجاور قرار می‌گیرند سیاست‌های تشویقی یا تنبیهی مناسبی را جهت ارتقاء عملکرد و کارایی شعب به کار بست.

از دیگر زمینه‌های تحقیقات آتی می‌توان به حل مدل با در نظر گرفتن زمان و پویا کردن آن جهت بررسی پیشرفت یا عدم پیشرفت واحدهای تصمیم‌گیرنده در طول زمان و استفاده از آن در بخش نظام‌های پرداخت کارکنان سازمان اشاره نمود.

## منابع

- Akther, S., Fukuyama, H., & Weber, W. L. (2013). Estimating two-stage network slacks-based inefficiency: An application to Bangladesh banking. *Omega*, 41, 88–96. DOI:[10.1016/j.omega.2011.02.009](https://doi.org/10.1016/j.omega.2011.02.009)
- Amado, C.A.F., Santos, S.P., Marques, P.M. (2012). “Integrating the Data Envelopment Analysis and the Balanced Scorecard approaches for enhanced performance assessment”. *Omega* 40, pp.390-403. DOI:[10.1016/j.omega.2011.06.006](https://doi.org/10.1016/j.omega.2011.06.006)
- Avkiran, N.K., (2009) “Opening the black box of efficiency analysis: An illustration with UAE banks”, *Omega*, 37 930-941 Doi: [10.22034/amfa.2019.582260.1165](https://doi.org/10.22034/amfa.2019.582260.1165)
- BO, H., Ching, C.C., Yung, H.C. and Ching, R.C., (2011), “Using fuzzy super-efficiency slack-based measure data envelopment analysis to evaluate Taiwan’s commercial bank efficiency”, *Expert Systems with Applications*, Vol.38, pp.9147–9156. Doi: [10.22034/amfa.2019.582260.1165](https://doi.org/10.22034/amfa.2019.582260.1165)
- Charnes, A., Cooper, W.W., Rhodes, E.L. (1978) “Measuring the efficiency of decision making units”, *European Journal of Operational Research*, 2(6), pp.429–444. doi:10.1016/0377-2217(78)90138-8
- Chen, Y., Cook, W. D., Li, N., Zhu, J., (2009). Additive efficiency decomposition in two-stage DEA. *European Journal of Operational Research*, 196(3), 1170-1176. doi:10.3724/SP.J.1383.203008
- Cook, W. D. & Seiford, L. M. (2009). “Data envelopment analysis (DEA) – Thirty years on”. *European Journal of Operational Research*, 192(1), pp.1–17. doi:10.1016/j.ejor.2008.01.032
- Cook, W.D. Hababou, M. Tuenter, H.J.H., (2000), "Multicomponent efficiency measurement and shared inputs in DEA: an application to sales and service performance in Bank branches", *Journal of Productivity Analysis*, Volume 14, Issue 3, pp 209–224 doi:10.1016/j.ejor.2008.01.032
- Ebrahimnejad, A., Tavana, M., Hosseinzadeh Lotfi, F., Shahverdi, R. and Yousefpour, M., (2014) “A three-stage Data Envelopment Analysis model with application to banking industry”, *Measurement*, 49, pp.308-319. DOI:[10.1016/j.measurement.2013.11.043](https://doi.org/10.1016/j.measurement.2013.11.043)
- Ebrahimzadeh Shermeh H., Najafi S.E., Alavidooost M.H, (2016), “A novel fuzzy network SBM model for data envelopment analysis: A case study in Iran regional power companies”, *Energy* vol. 112 pp. 686-697 DOI:[10.1016/j.measurement.2013.11.043](https://doi.org/10.1016/j.measurement.2013.11.043)
- Färe, R., Grosskopf, S, (2000) “Network DEA”. *Socio-Economic Planning Sciences*, 34(1), pp.35-49. doi:10.1016/S0038-0121(99)00012-9
- Fukuyama H. and Weber W. L., (2010) “A slacks-based inefficiency measure for a two-stage system with bad outputs”, *Omega*, 38(5), pp. 398-409. Doi:10.3182/20130619-3-RU-3018.00048
- Ghasemi H.; Najafi, E.; Hosseinzadeh Lotfi, F.; Movahedi-Sobhani, F., (2018). “Using multivariate analysis approaches in designing NSBM Model with considering undesirable variable and shared resources” *International Journal of Science and Technology*, DOI 10.24200/SCI.2018.5578.1392
- Hatami-Marbini, A., Emrouznejad, A., &Tavana, M. 2011. “A taxonomy and review of the fuzzy data envelopment analysis literature: Two decades in the making”. *European Journal of Operational Research* 214, pp. 457–472 DOI:[10.1016/j.ejor.2011.02.001](https://doi.org/10.1016/j.ejor.2011.02.001)
- Hsiao Bo, Chern Ching-Chin, Chiu Yung-Ho, Chiu Ching-Ren. (2011), “Using fuzzy super-efficiency slack-based measure data envelopment analysis to evaluate Taiwan's commercial bank efficiency. *Expert Syst Appl*; 38(8):9147e56. DOI:[10.1016/j.eswa.2011.01.075](https://doi.org/10.1016/j.eswa.2011.01.075)
- Hsieh, L. F., & Lin, L. H. (2010). “A performance evaluation model for international tourist hotels in Taiwan-An application of the relational network DEA”. *International Journal of Hospitality Management* 29, pp.14-24. DOI:[10.1108/14635771311307650](https://doi.org/10.1108/14635771311307650)
- Huang J.H, Yang X.G., Cheng G. and Wang S. Y., (2014) “A Comprehensive Eco-efficiency Model and Dynamics of Regional Eco-efficiency in China”, *Journal of Cleaner Production*, 67, pp. 228-238. DOI:[10.21203/rs.3.rs-489750/v1](https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-489750/v1)
- Huang, J., Chen, J. and Yin, Z., (2014) “A Network DEA Model with Super Efficiency and Undesirable Outputs: An Application to Bank Efficiency in China”, *Mathematical Problems in Engineering*, pp.1-14. DOI:[10.1155/2014/793192](https://doi.org/10.1155/2014/793192)
- Jafarian Moghaddam, A. R. & Ghoseiri, K. (2010) “Fuzzy Dynamic Multi-Objective Data Envelopment Analysis Model (FDM-DEA)”. *Journal of Industrial Management*, 2(4), pp.19-36. (In Persian) Doi: [10.22059/ijm.2016.61711](https://doi.org/10.22059/ijm.2016.61711)
- Kahraman, C. and Tolga, E., (1998), “Data envelopment analysis using fuzzy concept”. 28th International Symposium on MultipleValued Logic, pp.338–34. DOI:[10.1007/978-3-642-41372-8\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-642-41372-8_1)
- Kao, C. And Liu, S.T., (2014) “Multi-period efficiency measurement in data envelopment analysis: The case of Taiwanese commercial banks”, *Omega*, 47 90-98 DOI:[10.1016/j.omega.2013.09.001](https://doi.org/10.1016/j.omega.2013.09.001)
- Kao, C. (2014b). Network data envelopment analysis: A review. *European Journal of Operational Research*, 239(1), pp.1-16. doi:10.1016/j.ejor.2014.02.039
- Kao, C. and Liu, S.T., (2000), “Fuzzy efficiency measures in data envelopment analysis”, *Fuzzy Sets and Systems*, Vol. 113, No.3, pp.427–437. DOI:[10.1016/S0165-0114\(98\)00137-7](https://doi.org/10.1016/S0165-0114(98)00137-7)
- Kao, C., Hwang, S.N. (2010). “Efficiency measurement for network systems: IT impact on firm performance”, *Decision Support Systems* 48, 3, pp.437–446. Doi: [10.24200/sci.2020.54619.3836](https://doi.org/10.24200/sci.2020.54619.3836)
- Kao, C., Hwang, S.N., (2010) “Efficiency measurement for network systems: IT impact on firm performance”, *Decision Support Systems*, 48 (3), pp.437–446. DOI:[10.1007/s00170-013-5021-y](https://doi.org/10.1007/s00170-013-5021-y)
- Khalili Damghani, K, Tavana, M. (2013). “A new fuzzy network data envelopment analysis model for measuring the performance of agility in supply chains”, *Int J Adv Manuf Technol* Vol 69. Pp.291–318 Doi: [10.1007/s10479-017-2540-1](https://doi.org/10.1007/s10479-017-2540-1)

- Kordrostami, S., Amirteimoori, A., (2005). "Un-desirable factors in multi-component performance measurement". *Applied Mathematics and Computation*, 171(2), pp.: 721-729 DOI:[10.1016/S0305-0548\(03\)00095-9](https://doi.org/10.1016/S0305-0548(03)00095-9)
- Kuo, H. C. (2001), "An interdisciplinary approach for modelling credit evaluation", *International Journal of Management*, 18, 11–17. DOI:[10.1016/S0305-0548\(03\)00095-9](https://doi.org/10.1016/S0305-0548(03)00095-9)
- Lewis H.F and Sexton T. R., (2004) "Network DEA: efficiency analysis of organizations with complex internal structure", *Computers & Operations Research*, 31(9), pp.1365-1410. DOI:[10.1016/S0305-0548\(03\)00095-9](https://doi.org/10.1016/S0305-0548(03)00095-9)
- Lin, T.Y., Chiu, S.H., (2013) "Using independent component analysis and network DEA to improve bank performance evaluation", *Economic Modelling*, 32, pp.608–616. DOI:[10.1016/j.econmod.2013.03.003](https://doi.org/10.1016/j.econmod.2013.03.003)
- Lozano, L., Gutiérrez, E., Moreno, P., (2013). "Network DEA approach to airports performance assessment considering undesirable outputs". *Applied Mathematical Modelling*, 37(4), pp.1665-1676. DOI:[10.1016/j.apm.2012.04.041](https://doi.org/10.1016/j.apm.2012.04.041)
- Olfat, L., Amiri, M., Soufi, J., Pishdar, M., (2016) "A dynamic network efficiency measurement of airports performance considering sustainable development concept: A fuzzy dynamic network-DEA approach", *Journal of Air Transport Management*, 57, pp.272-29. DOI:[10.1016/J.JAIRTRAMAN.2016.08.007](https://doi.org/10.1016/J.JAIRTRAMAN.2016.08.007)
- Salehi Sadaghiani, J., Amiri, M., Razavi, S. H., Hashemi, S. S. & Habibzadeh, A. (2009). "A Linear Goal Programming Model for Calculating Common Weights in Data Envelopment Analysis Problems". *Journal of Industrial Management*, 1(2), pp.89-104. (In Persian) doi:10.1016/j.dajour.2021.100005
- Seiford, L. M., Zhu, J., (2002). "Modeling undesirable factors in efficiency evaluation". *European Journal of Operational Research*, 142(1), pp.16–20. DOI:[10.7835/jcc-berj-2011-0061](https://doi.org/10.7835/jcc-berj-2011-0061)
- Sengupta, J.K., (1972) "A fuzzy systems approach in data envelopment analysis". *Computers and Mathematics with Applications*, Vol.24, pp.259–266. doi:10.1016/j.fss.2011.03.003
- Sexton T. R. and Lewis H. F., (2003) "Two-stage DEA: An application to major league baseball," *Journal of Productivity Analysis*, 19(2-3), pp.227-249. doi:10.1016/S1874-8651(10)60001-4
- Tavassoli, M., Faramarzi, G.R., Farzipoor Saen, R., (2014), "Efficiency and effectiveness in airline performance using a SBM-NDEA model in the presence of shared input", *Journal of Air Transport Management* 34, pp.146–153 DOI:[10.1016/j.jairtraman.2013.09.001](https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2013.09.001)
- Tone K., (2001), "A slacks-based measure of efficiency in data envelopment analysis", *European Journal of Operational Research*, 130, pp.498-509. DOI:[10.1016/S0377-2217\(99\)00407-5](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(99)00407-5)
- Tone, K., Tsutsui, M., (2009) "Network DEA: a slacks-based measure approach. *European Journal of Operational Research*, 197 (1), pp.243–252. DOI:[10.1016/j.ejor.2008.05.027](https://doi.org/10.1016/j.ejor.2008.05.027)
- Wang, K, Huang, W, Wu, J, Liu, YN. (2014). Efficiency measures of the Chinese commercial banking system using an additive two-stage DEA. *Omega*, 44, 5-20. DOI:[10.1016/j.omega.2013.09.005](https://doi.org/10.1016/j.omega.2013.09.005)
- Wu, J., Zhu, Q., Ji, X., Chu, J. Liang, L., (2016), "Two-stage network processes with shared resources and resources recovered from undesirable outputs", *European Journal of Operational Research* 251, pp. 182-197 DOI:[10.1016/j.cie.2018.04.011](https://doi.org/10.1016/j.cie.2018.04.011)
- Yuan. G. Y., "Data envelopment analysis in fuzzy environment" (2001). *Int J INF Manag Sci*; 12(2):51e66 Doi: 10.1016/j.cam.2008.03.003
- Zha, Y. and Liang, L., (2010) "Two-stage cooperation model with input freely distributed among the stages", *European Journal of Operational Research*, 205 332-338 Doi: [10.3390/su131911060](https://doi.org/10.3390/su131911060)