

استفاده از مدل FUZZY NSBM با در نظر گیری منابع مشترک و متغیرهای نامطلوب جهت ارزیابی عملکرد سیستم بانکداری جامع*

هما قاسمی تودشکی^۱

اسماعیل نجفی^۲

فرهاد حسین زاده لطفی^۳

فرزاد موحدی سبحانی^۴

چکیده

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 سرویس‌دهی 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.

واژه‌های کلیدی: بانکداری جامع، برش آلفا، مدل فازی چند مرحله‌ای تحلیل پوششی داده‌ها بر مبنای متغیرهای کمکی (Fuzzy NSBM)، منابع مشترک.

* تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۳/۲۰؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۴/۲۹.

^۱ دانشجوی دکتری، گروه مهندسی صنایع، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات تهران، ایران

homa.ghasemi63@gmail.com

^۲ استادیار، گروه مهندسی صنایع دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات تهران، ایران (نویسنده مسئول)

najafi1515@yahoo.com

Farhad@hosseinzadeh.ir

^۳ استاد، گروه ریاضیات، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات تهران، ایران

fmovahedi@iau.ac.ir

^۴ استادیار، گروه مهندسی صنایع، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات تهران، ایران

مقدمه

مدل تحلیل پوششی داده‌ها (DEA¹) یک ابزار غیرپارامتریک جهت تخمین کارایی نسبی واحدهای تصمیم گیرنده (DMUS²) 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 (لويس 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 (NDEA³) بر خلاف DEA کلاسیک در اندازه‌گیری کارایی اجزای مدل استفاده می‌شود (لويس و سکستون، ۲۰۰۴؛ فرو گراسکوف، ۲۰۰۰؛ سکستون و لويس، 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).

SBM⁴ 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 تسوتسوئی (۲۰۰۹) مدل مبتنی بر متغیرهای کمبود را جهت اندازه‌گیری کارایی کلی و هر یک از بخش‌ها در مدل شبکه‌ای (NSBM⁵) پیشنهاد دادند.

در سال‌های اخیر با توجه به رقابت پذیری 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

¹ Data Envelopment Analysis

² Decision Making Units

³ Network Data Envelopment Analysis

⁴ slacks-based measure

⁵ Network slacks-based measure

حائز اهمیت بسزائی 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، شاهرودی 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 فوق‌کارا 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 نظر گیری 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 (الفت، امیری، سوفی و پیشدار، ۲۰۱۶).

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 نظر گیری منابع مشترک اندازه‌گیری شد (توسلی، فرامزی و فرزین پور، ۲۰۱۴). لذا در این مقاله مدل NSBM با در نظر گیری 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 ترانس، رویکرد α -برش، رویکرد رتبه‌بندی و رویکرد امکان که در این بین رویکرد α -برش مورد توجه بیشتری قرار گرفته است (حاتمی، امروزنژاد و توانا، ۲۰۱۱). رویکرد ترانس یکی از اولین مدل‌های DEA فازی است که توسط محققان توسعه و بهبود یافت (سنگویتا، ۱۹۷۲؛ کاهرامان و تلگا، ۱۹۹۸). در این رویکرد، ایده اصلی این است که عدم اطمینان را در مدل‌های DEA با تعریف سطوح ترانس در محدودیت‌ها در نظر گرفت. رویکرد α -برش محبوب‌ترین مدل FDEA است. ایده اصلی رویکرد α -برش تبدیل مدل DEA فازی به دو مدل پارامتریک است تا نمرات کارایی در مرزهای پایین و بالا در سطح α 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 کارای 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 تقسیم بندی مشتریان در سیستم بانکداری جامع مورد بررسی واقع شده است.

پیشینه پژوهش

با توجه به محدودیت های عواملی همچون سرمایه، زمان، انرژی و... مدیران همواره به فکر یافتن استراتژی بهینه برای استفاده بهینه از این عوامل هستند. یکی از مهم ترین 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 بانک ها به عنوان یکی از مهم ترین نهادهای مالی که وظایفی مانند تجهیز سپرده ها، واسطه گری و تسهیل جریانات پرداختی، تخصیص اعتبارات و... را بر عهده دارند، سلامت و کارایی آن ها همواره مورد توجه بوده است. یکی از روش های مرسوم جهت اندازه گیری کارایی، روش تحلیل پوششی داده ها است. کارایی نسبی در این مدل با استفاده از نسبت ورودی ها و خروجی ها به دست می آید (چارنز و کوپر، ۱۹۸۷).

تحلیل پوششی داده ها (DEA)

روش تحلیل پوششی داده ها برای اولین بار در سال ۱۹۷۸ توسط رودز در دانشگاه ملون به صورت تز دکتری مطرح شد. اولین مقاله تحلیل پوششی داده ها 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 برنامه ریزی کسری است یعنی کارایی هر DMU، ماکزیمم نسبت خروجی توزین شده به ورودی توزین شده تحت یک سری محدودیت است. با معرفی مدل DEA، پژوهش های بسیاری در خصوص این مدل و کاربردها و فرضیه های آن انجام گرفت و بر اساس فرضیه های متفاوت، مدل هایی 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).

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 خصوصیتی 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):

$$\begin{aligned} \min \rho &= t - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m s_i^- / x_{i0} && \text{رابطه (۱)} \\ t + \frac{1}{s} \sum_{r=1}^s s_r^+ / y_{r0} &= 1 \\ \sum_j \lambda_j x_{ij} + s_i^- &= t x_{i0}, i = 1, \dots, m \\ \sum_j \lambda_j y_{rj} - s_r^+ &= t y_{r0}, r = 1, \dots, s \\ \lambda &\geq 0 \\ s_r^+, s_i^-, \lambda_j &\geq 0 \quad \forall i, j, r \quad t > 0 \end{aligned}$$

که در آن s_i^- و s_i^+ 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 $\sum z_j \lambda_j = t$ به مدل اضافه می‌شود.

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 هر یک 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.

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 ورودی محور و هم خروجی محور) با بازده ثابت نسبت به مقیاس به صورت زیر است (تن و تسوتسویی، ۲۰۰۹):

$$\theta_0^* = \text{Min} \frac{\sum_{k=1}^p w^{(k)} \left[1 - \frac{1}{m_k} \left(\sum_{i=1}^{m_k} \frac{s_i^{k-}}{X_{io}^{(k)}} \right) \right]}{\sum_{k=1}^p w^{(k)} \left[1 + \frac{1}{r_k} \left(\sum_{r=1}^{r_k} \frac{s_r^{k+}}{Y_{ro}^{(k)}} \right) \right]} \quad \text{رابطه ۲}$$

$$\text{s.t. } \sum_j \lambda_j^k X_{ij}^{(k)} + s_i^{k-} = X_{io}^{(k)} \quad (k = 1, \dots, p)$$

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

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

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

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.

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 ناکار 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 سهم‌اند. در سال ۲۰۰۰ مدلی برای اندازه‌گیری کارایی تجمعی یک واحد تصمیم‌گیرنده و کارایی مؤلفه‌های آن توسط محققان پیشنهاد شد (کوک، هابابو و توتتر، ۲۰۰۰). آنها فرض کردند که یک ورودی مشترک در بین تمام مؤلفه‌های یک واحد تصمیم‌گیری وجود دارد که تمامی این مؤلفه‌ها در مصرف آن سهم‌اند. 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.

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.

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

$$\begin{aligned} \tilde{x}_{io}^p &= \sum_{j=1}^n \tilde{x}_{ij}^p \lambda_j^p + s_i^{p-} \quad \forall i \in I_p, p \in P \\ \tilde{y}_{ro}^p &= \sum_{j=1}^n \tilde{y}_{rj}^p \lambda_j^p - s_r^{p+} \quad \forall r \in R, p \in P \\ \tilde{z}^{(p,h)} &= \sum_{j=1}^n \tilde{z}_j^{(p,h)} \lambda_j^p \quad \forall (p, h) \in P, \text{ as output from } p \\ \tilde{z}^{(p,h)} &= \sum_{j=1}^n \tilde{z}_j^{(p,h)} \lambda_j^h \quad \forall (p, h) \in P, \text{ as input to } h \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j^p &= 1 \quad \forall p \in P \\ \lambda_j^p &\geq 0 \quad \forall j \in J, p \in P \\ s_i^{p-} &\geq 0, s_r^{p+} \geq 0 \quad \forall p \in P, \forall i \in I_p, \forall r \in R_p \end{aligned}$$

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 α -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 α نشان داده شده است که به صورت روابط (۷) الی (۹) نشان داده شده است:

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

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

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

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

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

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

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 (الفت، 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.

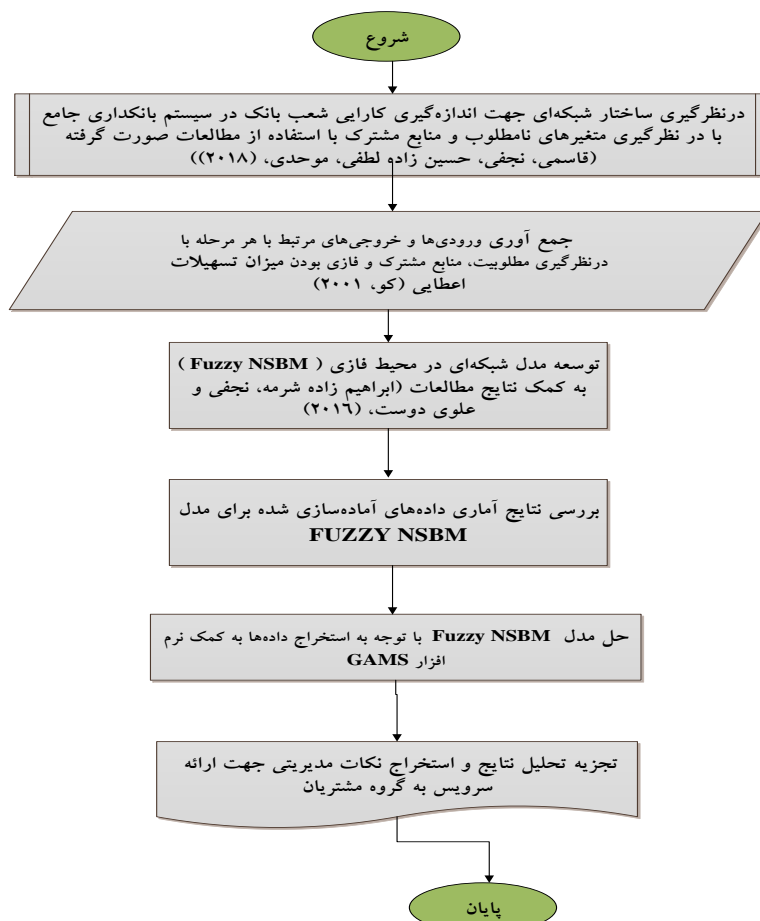
جدول ۱. کاربرد مدل تحلیل پوششی داده‌ها در صنعت بانکداری به همراه مشخصات آنها

نویسندگان	بر مبنای متغیرهای کمبود	شبکه‌ای	ورودی/خروجی نامطلوب	منابع مشترک	عدم قطعیت	کاربرد در بانکداری
فوکومایا 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 چیو، (۲۰۱۳)	✓	✓	-	-	-	✓
تن، (۲۰۰۱)	✓	-	-	-	-	-
هوانگ، یانگ، چن و وانگ، (۲۰۱۴)	✓	✓	✓	-	-	-
هوانگ، چن و یین، (۲۰۱۴)	✓	✓	✓	-	-	✓
الفت، امیری، سوفی و پیشدار، (۲۰۱۶)	✓	✓	✓	-	✓	-
وو، زو، جی، چو، لیانگ (۲۰۱۶)	-	✓	✓	✓	-	-
توسلی، فرامرزی، فرزین پور، (۲۰۱۴)	✓	✓	-	✓	-	-
کائو و لیو، (۲۰۰۰)	✓	-	-	-	✓	-
بو، چینگ، یوانگ و چینگ، (۲۰۱۱)	✓	-	-	-	✓	✓
آکتر، فوکومایا و وبر، (۲۰۱۳)	✓	✓	✓	-	-	✓

نویسندگان	نوع منابعی متغیرهای کسبه د	شبکه‌ای	ورودی/خروجی نامطلوب	منابع مشترک	عدم قطعیت	کاربرد در بانکداری
تحلیلی دامغانی و توانا، (۲۰۱۳)	-	✓	-	-	✓	-
هسیو، چرن، چيو یوانگ، چيو 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 نظر گیری کارایی زیر فرآیندها	ورودی‌های نامطلوب مانند سپرده‌های هزینه‌زا و غیر هزینه‌زا ضمانتنامه و ...	متغیرهای سپرده هزینه‌زا و غیر هزینه‌زا	رضایت مشتریان، حالات مختلف در تسهیلات ده	پیاده‌سازی مدل مذکور در یکی از

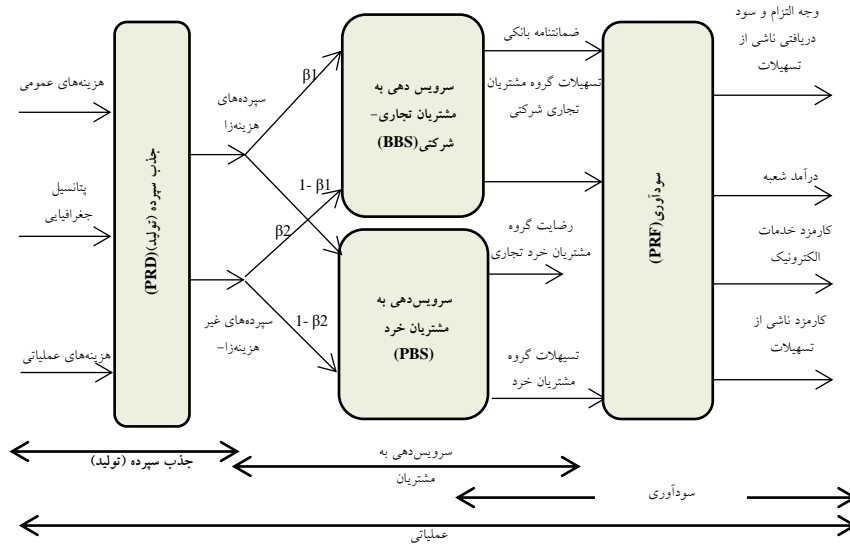
روش‌شناسی پژوهش

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 (ابراهیم نژاد، 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 نظر گیری 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، نامطلوب، فازی، نامطلوب	وجه التزام و سود دریافتی - درآمد شعبه، کارمزد خدمات الکترونیک - کارمزد تسهیلات - ضمانتنامه بانکی، نامطلوب

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 α -برش و در سطح مشخصی از α ، 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.

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

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

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

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

$$\begin{aligned} (z_o^{(p,h)})_\alpha^U &= \sum_{j=1, j \neq 0}^n (z_j^{(p,h)})_\alpha^L \lambda_j^h + (z_o^{(p,h)})_\alpha^U \lambda_o^h \quad \forall (p, h) \in P, \text{ as input to } h \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j^p &= 1 \quad \forall p \in P \\ \lambda_j^p &\geq 0 \quad \forall j \in J, p \in P \\ (s_i^{p-})^L &\geq 0, (s_r^{p+})^U \geq 0 \quad \forall p \in P, \forall i \in I_p, \forall r \in R_p \end{aligned}$$

$$(\rho_o)_\alpha^L = \min \frac{\sum_{p=1}^q w^p [1 - \frac{1}{m_p} (\sum_{i=1}^{m_p} \frac{(s_i^{p-})^U}{(x_{io}^p)_\alpha^U})]}{\sum_{p=1}^q w^p [1 + \frac{1}{r_p} (\sum_{r=1}^{r_p} \frac{(s_r^{p+})^L}{(y_{ro}^p)_\alpha^L})]} \quad \text{رابطه (۱)}$$

$$(x_{io}^p)_\alpha^U = \sum_{j=1, j \neq 0}^n (x_{ij}^p)_\alpha^L \lambda_j^p + (x_{io}^p)_\alpha^U \lambda_o^p + (s_i^{p-})^U \quad \forall i \in I_p, p \in P$$

$$(y_{ro}^p)_\alpha^L = \sum_{j=1, j \neq 0}^n (y_{rj}^p)_\alpha^U \lambda_j^p + (y_{ro}^p)_\alpha^L \lambda_o^p - (s_r^{p+})^L \quad \forall r \in R_p, p \in P$$

$$(z_o^{(p,h)})_\alpha^U = \sum_{j=1, j \neq 0}^n (z_j^{(p,h)})_\alpha^L \lambda_j^p + (z_o^{(p,h)})_\alpha^U \lambda_o^p \quad \forall (p, h) \in P, \text{ as output from } p$$

$$\begin{aligned} (z_o^{(p,h)})_\alpha^L &= \sum_{j=1, j \neq 0}^n (z_j^{(p,h)})_\alpha^U \lambda_j^h + (z_o^{(p,h)})_\alpha^L \lambda_o^h \quad \forall (p, h) \in P, \text{ as input to } h \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j^p &= 1 \quad \forall p \in P \\ \lambda_j^p &\geq 0 \quad \forall j \in J, p \in P \\ (s_i^{p-})^U &\geq 0, (s_r^{p+})^L \geq 0 \quad \forall p \in P, \forall i \in I_p, \forall r \in R_p \end{aligned}$$

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:

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

$$(x_{io}^p)_\alpha^L = \sum_{j=1, j \neq 0}^n (x_{ij}^p)_\alpha^U \lambda_j^p + (x_{io}^p)_\alpha^L \lambda_o^p + (s_i^{p-})^L \quad \forall i \in I_p \wedge i \notin I_\beta, p \in P$$

ورودی‌های مطلوب و خروجی‌های نامطلوب

$$\beta_{ko} (x_{io}^p)_\alpha^L = \sum_{j=1, j \neq 0}^n \beta_{kj} (x_{ij}^p)_\alpha^U \lambda_j^p + \beta_{ko} (x_{io}^p)_\alpha^L \lambda_o^p + (s_i^{p-})^L$$

$$(1 - \beta_{ko}) (x_{io}^p)_\alpha^L = \sum_{j=1, j \neq 0}^n (1 - \beta_{kj}) (x_{ij}^p)_\alpha^U \lambda_j^p + (1 - \beta_{ko}) (x_{io}^p)_\alpha^L \lambda_o^p + (s_i^{p-})^L$$

$\forall i \in I_p, \forall i \in I_\beta, p \in P, \forall k \in K, k = 1, \dots, m_k$ 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 هر یک 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 تصمیم گیرنده 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 تصمیم گیرنده، ورودی‌ها مینیمم مقدار و خروجی‌ها ماکزیمم مقدار خود را دارا باشند (یوان، ۲۰۰۱).

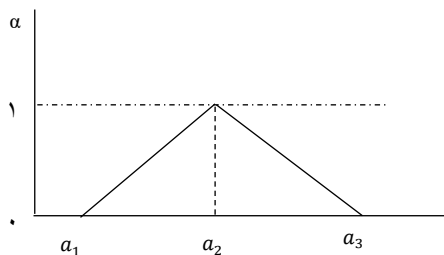
کارایی مرحله تولید با محدودیت‌های مرتبط با ورودی و خروجی مرحله تولید و اتصال مرتبط با مراحل تولید و بانکداری شخصی و تجاری-شرکتی محاسبه می‌شود. به

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 β_1 و β_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 $0/2$ و $0/8$ 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، چيو چینگ، 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.

$$\text{رابطه ۱۴} \quad \text{تسهیلات اعطایی گروه مشتریان} * (\text{نسبت تسهیلات غیر جاری} - ۱) = a_1$$

$$\text{رابطه ۱۵} \quad \text{تسهیلات اعطایی گروه مشتریان} * (\text{نسبت تسهیلات غیر جاری} + ۱) = a_3$$



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.

یافته‌های پژوهش

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.

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، سرویس‌دهی به گروه مشتریان تجاری-شرکتی و خرد و همچنین سودآوری با استفاده از روش α -برش و در سطوح مختلف α محاسبه می‌شود. نتایج نشان می‌دهد 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 α - برش و سهم منابع مشترک سپرده‌های هزینه‌زا و غیر هزینه‌زا

α	کارایی عملیاتی		سودآوری		سرویس دهی به گروه مشتریان		سرویس دهی به گروه مشتریان تجاری-شرکتی	
	(B_1)	(B_2)	کل شعبه	سودآوری	به گروه مشتریان خرد	به گروه مشتریان تجاری-شرکتی	تولید (جذب)	سپرده
	L	L	L	L	L	L	L	L
	U	U	U	U	U	U	U	U
۰	۰/۲۳۷۰	۰/۷۰۹۰	۰/۲۲۳۵	۰/۱۹۱۱	۰/۲۶۴۸	۰/۲۵۲۲	۰/۳۳۹۹	۰/۴۵۲۹
	۰/۳۴۲۵	۰/۶۷۱۱	۰/۳۳۹۱	۰/۳۱۰۵	۰/۳۳۳۹	۰/۳۳۶۶	۰/۳۳۶۶	۰/۴۴۰۴
۰/۵	۰/۲۷۵۳	۰/۷۱۵۰	۰/۲۷۸۰	۰/۲۴۰۰	۰/۳۰۷۳	۰/۳۰۵۱	۰/۳۳۸۷	۰/۴۳۸۳
	۰/۳۴۷۱	۰/۷۲۸۶	۰/۳۴۸۱	۰/۳۱۷۲	۰/۳۳۱۵	۰/۳۳۶۶	۰/۳۳۶۶	۰/۴۳۴۹
۱	۰/۳۳۴۸	۰/۸۳۴۱	۰/۳۳۴۸	۰/۳۰۵۳	۰/۳۲۸۰	۰/۳۳۶۶	۰/۳۳۶۶	۰/۴۳۶۸
	۰/۳۳۴۸	۰/۸۳۳۹	۰/۳۳۴۸	۰/۳۰۵۳	۰/۳۲۸۰	۰/۳۳۶۶	۰/۳۳۶۶	۰/۴۳۶۷

همان‌طور که در جدول ۳ نشان داده شده است، با افزایش α حد بالا و پایین کارایی افزایش می‌یابد. بنابراین ماکزیمم کارایی زمانی اتفاق می‌افتد که مقدار α به یک برسد. همچنین در حالتی که α برابر یک است، حد بالا و پایین کارایی برابر است و در حالتی که α برابر صفر باشد، کمترین میانگین کارایی در حد بالا و پایین مربوط به سرویس دهی به مشتریان خرد و به ترتیب برابر $۰/۱۹۱۱$ و $۰/۳۱۰۴$ و بیشترین میزان آن در حد پایین مربوط به سرویس دهی به مشتریان تجاری-شرکتی و برابر $۰/۲۶۴۸$ و در حد بالا مربوط به سودآوری کل شعبه و برابر $۰/۳۴۲۴$ 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 α این است که صرف‌نظر از میزان α ، میزان کارایی حد بالا و پایین در مرحله

سرویس‌دهی به مشتریان خرد دارای میانگین کارایی کمتری نسبت به سایر مراحل است که نشان‌گر 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 حالت‌های $\alpha=0$ و $\alpha=0.5$ برابر بوده و با افزایش α 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 می‌دهد که کران پایین و بالای کارایی به میزان تسهیلات گروه مشتریان تجاری-شرکتی و خرد بستگی دارد.

- برش α با رویکرد Fuzzy NSBM جدول ۴. تعداد واحدهای کارا حاصل از اجرای مدل

α	تولید (جذب)	سرویس‌دهی به گروه	سرویس‌دهی به گروه	سودآوری	کارایی عملیاتی
	سپرده	مشتریان تجاری-شرکتی	مشتریان خرد	مشتریان خرد	کل شعبه
۰	۲	۳	۲	۲	۱
۰/۵	۲	۳	۲	۲	۱
۱	۴	۶	۶	۶	۲

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

نتیجه‌گیری و دستاوردهای جدید پژوهش

در مدل‌های متداول DEA داده‌های ورودی و خروجی تنها تحت شرایط اطمینان و قطعیت مورد بررسی قرار می‌گرفتند. بنابراین، مدل‌های فازی جهت نشان دادن شرایط واقعی در مورد عدم قطعیت داده‌ها در دنیای واقعی و همچنین مدل‌های شبکه‌ای جهت شناسایی دقیق‌تر واحدهای ناکارا مورد استفاده قرار می‌گیرد. در مدل‌های واقعی، متغیرهای نامطلوب و منابع مشترک دو ویژگی هستند که به طور همزمان در مرور ادبیات مورد بررسی قرار نگرفته‌اند. بنابراین، ترکیب مدل‌های شبکه‌ای فازی با در نظر گرفتن عوامل نامطلوب و منابع مشترک موجب ارتقاء شیوه سنجش کارایی می‌شود زیرا با شرایط دنیای

واقعی هماهنگی بیشتری دارد. علاوه بر این، به علت اهمیت تقسیم‌بندی و تفکیک مشتریان در سیستم بانکداری جامع، مدل پیشنهادی جهت سنجش کارایی شعب در یکی از بانک‌های 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 حالت‌های مختلف میزان تسهیلات اعطایی، متغیرهای نامطلوب و منابع مشترک در ۵۴ شعبه از یکی از بانک‌های خصوصی ایران پیاده‌سازی شد.
۲- در سطح $\alpha = 0/5$ نتایج نشان داد تنها دو شعبه در هر دو کران بالا و پایین کارا می‌باشد.

۳- صرف‌نظر از میزان α ، میزان کارایی حد بالا و پایین در مرحله سرویس‌دهی به مشتریان خرد دارای میانگین کارایی کمتری نسبت به سایر مراحل است که نشان‌دهنده لزوم ارتقاء سطح محصولات این گروه مشتریان است.

۴- میزان کارایی واحدها به تسهیلات‌دهی و تصمیم مناسب در این زمینه وابسته است.
۵- حل مدل پیشنهادی به مدیران سیستم بانکی کمک می‌کند 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 سرویس‌دهی 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.
- 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.
- Avkiran, N.K., (2009) "Opening the black box of efficiency analysis: An illustration with UAE banks", *Omega*, 37 930-941
- 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.
- 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.
- 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.
- Cook, W. D. & Seiford, L. M. (2009). "Data envelopment analysis (DEA) – Thirty years on". *European Journal of Operational Research*, 192(1), pp.1–17.
- 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
- 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.
- Ebrahimzadeh Shermeh H., Najafi S.E., Alavidoost 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
- Färe, R., Grosskopf, S, (2000) "Network DEA". *Socio-Economic Planning Sciences*, 34(1), pp.35-49.
- 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.
- 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
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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)
- Kahraman, C. and Tolga, E., (1998), "Data envelopment analysis using fuzzy concept". 28th International Symposium on Multiple Valued Logic, pp.338–34.
- 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
- Kao, C. (2014b). Network data envelopment analysis: A review. *European Journal of Operational Research*, 239(1), pp.1-16.
- 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.
- Kao, C., Hwang, S.N. (2010). "Efficiency measurement for network systems: IT impact on firm performance", *Decision Support Systems* 48, 3, pp.437–446.

- Kao, C., Hwang, S.N., (2010) "Efficiency measurement for network systems: IT impact on firm performance", *Decision Support Systems*, 48 (3), pp.437-446.
- 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
- Kordrostami, S., Amirteimoori, A., (2005). "Un-desirable factors in multi-component performance measurement". *Applied Mathematics and Computation*, 171(2), pp.; 721-729
- Kuo, H. C. (2001), "An interdisciplinary approach for modelling credit evaluation", *International Journal of Management*, 18, 11-17.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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)
- Seiford, L. M., Zhu, J., (2002). "Modeling undesirable factors in efficiency evaluation". *European Journal of Operational Research*, 142(1), pp.16-20.
- Sengupta, J.K., (1972) "A fuzzy systems approach in data envelopment analysis". *Computers and Mathematics with Applications*, Vol.24, pp.259-266.
- 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.
- 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
- Tone K., (2001), "A slacks-based measure of efficiency in data envelopment analysis", *European Journal of Operational Research*, 130, pp.498-509.
- Tone, K., Tsutsui, M., (2009) "Network DEA: a slacks-based measure approach. *European Journal of Operational Research*, 197 (1), pp.243-252.
- 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.
- 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
- Yuan, G. Y., "Data envelopment analysis in fuzzy environment" (2001). *Int J INF Manag Sci*; 12(2):51e66
- 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

شناسه دیجیتال (DOI): 10.22091/jemsc.2019.1381

استناد به این مقاله:

قاسمی تودشکی، هما؛ نجفی، اسماعیل، حسین زاده لطفی، فرهاد؛ موحدی سبحانی، فرزاد. (۱۳۹۷). «استفاده از مدل FUZZY NSBM با در نظرگیری منابع مشترک و متغیرهای نامطلوب جهت ارزیابی عملکرد سیستم بانکداری جامع». *مدیریت مهندسی و رایانش نرم*، ۸ (۱)، ۲۷۱-۲۹۶.