Financial and Banking Strategic Studies

www.journal-fbs.ir

Fin. Bank. Stra. Stud. Vol. 1, No. 1 (2023) 1–21.

Paper Type: Original Article

Providing a Comprehensive Model of Banking System Performance Evaluation Using Network Data Envelopment Analysis Model in Non-Deterministic Space

Farhad Hosseinzadeh Lotfi[1], Seyed Esmaeil Najafi[2,*], Homa Ghasemi Todeshki[2]

[1] *Department of Mathematics, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran; Farhad@hosseinzadeh.ir.*

[2] *Department of Industrial Engineering, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran; najafi1515@yahoo.com; homa.ghasemi63@gmail.com.*

Citation:

Hosseinzadeh Lotfi, F., Najafi, S. E., & Ghasemi Todeshki, H. (2023). Providing a comprehensive model of banking system performance evaluation using network data envelopment analysis model in non-deterministic space. *Financial and banking strategic studies, 1*(1), 1-21.

Received: 20/02/2023 Reviewed: 21/03/2023 Revised: 11/04/2023 Accepted: 18/05/2023

Abstract

Today, managers in all organizations, including banks, seek optimal utilization of various departments' available resources and capacities. Considering the emerging sales culture and customer segmentation within the comprehensive banking system, managers need to assess efficiency using conventional models in data envelopment analysis in various areas, including deposit acquisition, providing financial services to customer groups, and generating profits. This paper aims to present a fuzzy network data envelopment analysis model along with undesirable variables and shared resources to measure the efficiency of Iranian bank branches in the comprehensive banking system. This study considers a non-radial network data envelopment analysis model based on scarcity variables. Given the uncertainties and uncertainties surrounding certain variables in data envelopment analysis models in the real world, a fuzzy model based on scarcity variables, taking into account undesirable variables and shared resources, is proposed.

The results indicate that the proposed model can assist industry managers in adopting various policies in different segments of the comprehensive banking process in a competitive comprehensive banking environment. The main issue that occurs in the evaluation of the performance of a comprehensive banking system in many real-world situations is that the inputs and outputs of the data envelopment analysis model are not precise and desirable. In this study, non-deterministic real-world data has been examined using network data envelopment analysis.

Keywords: Fuzzy network slacks-based measure, Universal banking system, Shared resources, Undesirable variable.

Corresponding Author: najafi1515@yahoo.com

Licensee. **Financial and Banking Strategic Studies**. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0).

مطالعات راهبردی مالی و بانکی
Financial and Banking Strategic Studies
دوره ۱، شماره (۱)، (۱۴۰۲)، ۲۱-۱
www.journal-fbs.ir

نوع مقاله: پژوهشی

ارایه یک مدل جامع ارزیابی عملکرد سیستم بانکداری با استفاده از مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای در فضای غیر قطعی

فرهاد حسین‌زاده لطفی[۱]، اسماعیل نجفی[۲،*]، هما قاسمی تودشکی [۲]

[۱]گروه ریاضیات، واحد علوم تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

[۲]گروه مهندسی صنایع، واحد علوم تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

چکیده

امروزه مدیران در همه سازمان‌ها، از جمله بانک‌ها، خواستار استفاده بهینه از امکانات و ظرفیت‌های موجود در بخش‌های مختلف هستند. با در نظر گرفتن فرهنگ فروش در حال ظهور و تقسیم‌بندی مشتریان در سیستم بانکداری جامع در داخل بانک‌ها، مدیران نیاز به سنجش کارایی با استفاده از مدل‌های مرسوم در تحلیل پوششی داده‌ها در قسمت‌های مختلف از جمله، جذب سپرده، ارایه خدمات مالی به گروه مشتریان و کسب سود دارند. هدف از این مقاله ارایه مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای فازی به همراه وجود متغیرهای نامطلوب و منابع مشترك جهت اندازه‌گیری کارایی شعب بانک‌های ایران در سیستم بانکداری جامع است. در این پژوهش، با در نظرگیری مدل شبکه‌ای غیر شعاعی تحلیل پوششی داده‌ها بر پایه متغیرهای کمبود، 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 فازی‌شده مبتنی بر متغیرهای کمبود با در نظرگرفتن متغیرهای نامطلوب و منابع مشترک ارایه می‌شود. نتایج نشان می‌دهد که در یک محیط بانکداری جامع رقابتی، مدل پیشنهادی می‌تواند به مدیران صنعت بانکی جهت اتخاذ سیاست‌های مختلف در بخش‌های مختلف فرآیند بانکداری جامع کمک نماید. مساله اصلی که در بسیاری از شرایط واقعی در ارزیابی عملکرد سیستم بانکداری جامع رخ می‌دهد این است که ورودی‌ها و خروجی‌های مدل تحلیل پوشش داده‌ها قطعی، دقیق و مطلوب نیستند. در این پژوهش، داده‌های غیرقطعی جهان واقعی با استفاده از تحلیل پوششی شبکه‌ای بررسی شده است.

کلیدواژه‌ها: مدل فازی، تحلیل پوششی داده ای شبکه‌ای، بانکداری جامع.

۱- مقدمه

روش تحلیل پوششی داده‌ها یک ابزار غیر پارامتریک جهت تخمین کارایی نسبی واحدهای تصمیم‌گیرنده[1] بر اساس استفاده از ورودی‌ها و خروجی‌های متعدد است. تجزیه‌وتحلیل پوششی داده‌ها یك تکنیك متکی به روش‌های برنامه‌ریزی ریاضی برای تخمین انواع مختلف کارایی در تولید است. اولین بار توسط مایکل فارل [1] در سال ۱۹۵۷ به کار گرفته شد و در اواخر دهه ۱۹۷۰ توسط چارنز و همکاران [2] این روش رواج یافت و نام‌گذاری شد و یکی از مسائل مهم در زمینه تعیین کارایی، رتبه‌بندی و تعیین وضعیت عملکرد *DMUs* در شرایط عدم قطعیت است.

در مدل‌های سنتی، *DMUs* مانند جعبه‌های سیاه رفتار می‌کنند که ورودی‌ها بدون در نظر گرفتن ارتباطات داخلی به خروجی‌ها تبدیل می‌شوند [3]. علاوه بر این مدل تحلیل پوششی داده‌ها[2] به‌طور گسترده‌ای در ارزیابی کارایی بانک‌ها با ورودی‌ها و خروجی‌های قطعی استفاده

[1] Decision Making Units (DMU)

[2] Data Envelopment Analysis (DEA)

* نویسنده مسئول

najafi1515@yahoo.com

می‌شود. با توجه به اینکه در برخی سیستم‌های تولیدی، ساختار شبکه‌ای مطرح می‌شود و خروجی مرحله قبل به‌عنوان ورودی وارد مرحله بعد خواهد شد [4]، مدل شبکه‌ای تحلیل پوششی داده‌ها[1] برخلاف *DEA* کلاسیک در اندازه‌گیری کارایی اجزای مدل استفاده می‌شود [3] ، [7]–[5]. تعداد مدل‌های کاربردی *NDEA* به‌طور قابل‌توجهی به‌ویژه در صنعت بانکداری افزایش یافته است [11]–[8]. هم‌چنین 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 [12]، [13].

این مقاله مدل *DEA* شبکه‌ای مبتنی بر متغیرهای کمبود را جهت تخمین کارایی معرفی می‌کند [14]، [15]. *SBM*[2] از انواع مدل‌های غیر شعاعی می‌باشند 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 [7] در سال ۲۰۰۹ مدل مبتنی بر متغیرهای کمبود را جهت اندازه‌گیری کارایی کلی و هریک از بخش‌ها در مدل شبکه‌ای پیشنهاد دادند.

با توجه به رقابت و افزایش قدرت چانه‌زنی مشتریان، ارزیابی بانک‌ها برای ارایه خدمات بهتر مالی به مشتریان طبقه‌بندی‌شده در سیستم بانکداری جامع ضروری است. ازآنجا که جذب سپرده، ارایه خدمات مالی به مشتریان و سودآوری وابسته به یکدیگر هستند، ارزیابی هریک از این ابعاد در جهت ارتقاء کارایی عملیاتی کل فرآیند در مدل شبکه‌ای حائز اهمیت به سزایی است. از گذشته تاکنون مطالعات بسیاری پیرامون اندازه‌گیری عملکرد بانک‌ها صورت گرفته و از مدل‌های مختلفی نیز بدین منظور استفاده کرده‌اند.

لین و چیو [13] از مدل غیر شعاعی و بازده به مقیاس متغیر، یعنی مدل *NSBM* برای ارزیابی عملکرد چهار فرآیند بانکی (تولید یا جذب سپرده، بانکداری شرکتی، بانکداری شخصی و سودآوری استفاده کردند. هم‌چنین ابراهیم نژاد و همکاران [12] با استفاده از یک مدل سه مرحله‌ای با در نظر گرفتن مشتریان طبقه‌بندی‌شده، با دو مرحله مستقل موازی (بانکداری شخصی و بانکداری شرکتی) که به مرحله سوم و آخر اتصال یافته استفاده شده است، کارایی ۴۹ شعبه بانک ملت را ارزیابی کردند.

یکی از مسائل مهم در مورد مدل‌های *NSBM* و *SBM* وجود متغیرهای نامطلوب مانند تسهیلات غیرجاری بانک‌ها است. هوانگ و همکاران [16] مدل *US-SBM* را پیشنهاد کرد که ترکیبی از مدل فوق کارا بر اساس متغیرهای کمبود و ورودی‌ها و خروجی‌های نامطلوب است. هم‌چنین در مطالعه دیگری که توسط هوانگ و همکاران [17] صورت گرفت مدل ابر کارای *NSBM* با در نظرگیری متغیرهای نامطلوب برای اندازه‌گیری کارایی بانک‌های چین مورداستفاده قرار گرفت. الفت و همکاران [18] نیز مدل شبکه‌ای فازی و پویا، برای تعیین عملکرد کارایی فرودگاه با ورودی‌ها و خروجی‌های نامطلوب را مورد بررسی قرار دادند.

موضوع دیگر مربوط به مدل *NDEA* جریان‌های منابع مشترک در فرایندهای شبکه است. ژا و لیانگ [10] جریان‌های مشترک را در یک فرآیند تولید دومرحله‌ای مورد بررسی قرار دادند. رویکرد آن‌ها بر اساس این فرض است که ورودی‌های مشترک می‌توانند آزادانه در میان مراحل مختلف قرار بگیرند. کارایی سیستم حمل‌ونقل موازی با تعیین پارامترهای مختلف برای هر منبع مشترک برای *DMUs* مختلف مورد ارزیابی قرار گرفت [19]. 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 [20]. در این مطالعه مدل *NSBM* با در نظرگیری منابع مشترک با استفاده از نتایج مقالات مذکور مورد بررسی قرار 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 را در ۴ گروه اصلی تقسیم‌بندی کردند: رویکرد تلورانس، رویکرد α- برش، رویکرد رتبه‌بندی و رویکرد امکان که در این بین رویکرد α- برش مورد توجه بیش‌تری قرار گرفته است. رویکرد تلورانس یکی از اولین مدل‌های *DEA* فازی است که توسط سنگوپتا [21] در سال ۱۹۷۲ توسعه داده شد و توسط کاهرامان و تلگا [22] در سال ۱۹۹۸ بهبود یافت. در این رویکرد، ایده اصلی این است که عدم اطمینان را در مدل‌های*DEA* با تعریف سطوح تلورانس در محدودیت‌ها در نظر بگیریم. رویکرد α سطح محبوب‌ترین

[1] Network Data Envelopment Analysis (NDEA)

[2] Slacks-Based Measure (SBM)

مدل *FDEA* است. ایده اصلی رویکرد α تبدیل مدل *DEA* فازی به دو مدل پارامتریک است تا نمرات کارایی در مرزهای پایین و بالا در سطح α توابع عضویت پیدا شود .کائو و لیو [23] در سال ۲۰۰۰ از این رویکرد برای تبدیل مدل *DEA* فازی به یک خانواده از مدل‌های *DEA* معمولی استفاده کردند و یک راه‌حل برای اندازه‌گیری کارایی *DMUs* با مشاهدات فازی در مدل *BCC* ایجاد کردند.

رویکرد رتبه‌بندی فازی نیز یکی دیگر از روش‌های محبوب است که توجه زیادی را در ادبیات *DEA* فازی به خود جلب کرده است. در این روش، ایده اصلی یافتن نمرات کارایی فازی *DMUs* با استفاده از برنامه‌های خطی فازی که نیاز به مجموعه‌های فازی را دارند، است. جئو و تاناکا [24] در سال ۲۰۰۱ رویکرد مزبور را توسعه دادند. آن‌ها هم‌چنین مدل‌های *DEA* فازی را بر اساس اندازه‌های احتمالی به دست آورده و سپس لرتوراسیریکول و همکاران [25] در سال ۲۰۰۳ دو رویکرد برای حل مشکل رتبه‌بندی در مدل‌های *DEA*فازی پیشنهاد دادند که «رویکرد احتمال» و «رویکرد اعتبار» نام دارد. آن‌ها رویکرد احتمال را از هر دو دیدگاه خوش‌بینانه و بدبینانه با در نظر گرفتن عدم اطمینان در اهداف فازی و محدودیت‌های فازی با اندازه‌های احتمالی معرفی نمودند. توانا و همکاران [26] در سال ۲۰۱۲ سه مدل *DEA* فازی را با توجه به احتمال-احتمال، احتمال-ضرورت و محدودیت احتمال-اعتبار پیشنهاد کردند.

FDEA در برخی مطالعات برای ارزیابی کارایی بانک‌ها مورداستفاده قرار گرفت. هسیو و همکاران [27] در سال ۲۰۱۱ روش ابرکارای *DEA* فازی مبتنی بر متغیرهای کمبود را برای تجزیه و تحلیل عملکرد عملیاتی ۲۴ بانک تجاری با هدف حل مشکلاتی در خصوص وام و سرمایه‌گذاری پیشنهاد کردند.

بر اساس مطالعات ذکر شده، در این مقاله مدل جدید و جامعی با عنوان مدل شبکه‌ای فازی 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 (بانک دی) در سال ۱۳۹۵ در چهار بعد تولید یا جذب سپرده، بانکداری شرکتی، بانکداری شخصی و سودآوری با توجه به تقسیم‌بندی مشتری در سیستم بانکداری جامع مورد بررسی واقع شد.

در جدول زیر مقایسه میان مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها با در نظرگیری ویژگی‌های مهم و کاربرد آن‌ها خلاصه شده است: همان‌طور که از **جدول ۱** مشخص است، *DEA* فازی در صنعت بانکداری و هم‌چنین *DEA* شبکه‌ای فازی با در نظرگیری عوامل نامطلوب در مرور ادبیات مورد بررسی قرار گرفت.

جدول ۱- مقایسه میان مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها در مرور ادبیات.

Table 1- Comparison between data envelopment analysis models in literature review.

نویسندگان	شبکه‌ای	فاکتورهای نامطلوب	فازی	کاربرد در صنعت بانکداری
کائو و هوانگ [8]	✓	-	-	✓
فوکومایا و وبر [4]	✓	✓	-	✓
تن و تسوتسویی [7]	✓	-	-	-
وو و همکاران [19]	✓	✓	-	-
آوکیران [9]	✓	-	-	✓
ژا و لیانگ [10]	✓	-	-	✓
کائو و لیو [11]	✓		-	✓
ابراهیم‌نژاد و همکاران [12]	✓	-	-	✓
لین و چیو [13]	✓	-	-	✓
تن [14]	-	-	-	-
هوانگ و همکاران [16]	✓	✓	-	-
هوانگ و همکاران [17]	✓	✓	-	✓

جدول ۱- ادامه.

Table 1- Continued.

نویسندگان	شبکه‌ای	فاکتورهای نامطلوب	فازی	کاربرد در صنعت بانکداری
الفت و همکاران [18]	✓	✓	✓	-
ابراهیم‌زاده شرمه و همکاران [28]	✓	-	✓	-
توسلی و همکاران [20]	✓	-	-	-
کائو و لیو [23]	-	-	✓	-
هسیو و همکاران [27]	-	-	✓	✓
آکتر و همکاران [29]	✓	✓	-	✓
خلیلی دامغانی و توانا [30]	✓	-	✓	-
هسیو و همکاران [27]	✓	-	✓	✓

در بخش دوم مقاله، مدل‌های شبکه‌ای *DEA* در سیستم بانکداری و مدل‌های فازی بررسی شده است. در ادامه، متدلوژی تحقیق مدل پیشنهادی مطرح شده و در بخش چهارم نتایج اجرای آن مورد تجزیه تحلیل قرار گرفته است. نهایتا مقاله با نتیجه‌گیری و ارایه زمینه‌های تحقیقات آتی به پایان می‌رسد.

۲- مرور ادبیات

کارایی یکی از مهم‌ترین معیارهای ارزیابی عملکرد سازمان‌ها، به‌ویژه در موسسات مالی مانند بانک‌ها است. تحقیقات نشان می‌دهد که بانک‌های موفق، مشتریان خود را به‌منظور درک بهتر نیازهای کوتاه‌مدت و بلندمدت خود طبقه‌بندی نموده‌اند. در این تقسیم‌بندی، مشتریان حقیقی و حقوقی به‌عنوان مشتری‌های ویژه با نیازهای مختلف شناسایی شده‌اند؛ بنابراین، برای ارایه خدمات تخصصی بیش‌تر، بانکداری شخصی در نظر گرفته شده است که به مشتریان حقیقی خدمت کند و بانکداری شرکتی مشتریان حقوقی را پوشش می‌دهد [12]، [13].

در ادامه، مطالعات در مورد *DEA* شبکه‌ای مبتنی بر متغیرهای کمبود و مدل‌های فازی مطرح شده در این فضا و خلاصه‌ای از کاربردهای آن‌ها در صنعت بانکداری مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

۲-۱- مدل شبکه‌ای تحلیل پوششی داده‌ها مبتنی بر متغیرهای کمبود

یکی از ضعف‌های مدل‌های استاندارد *DEA*، نادیده گرفتن ساختارهای داخلی، محصولات و فعالیت‌های میانی در مدل‌ها است. ازآنجایی‌که تمامی فرآیندهای واقعی در مدل *DEA* مطرح نمی‌شود، محققان بر آن شدند تا با بررسی مدل‌های شبکه‌ای تحلیل پوششی داده‌ها کارایی کل سیستم و هریک از زیر فرآیندها را مورد بررسی قرار دهند. فیر [31] در سال ۱۹۹۱ ساختار شبکه‌ای را معرفی کرد که مراحل مختلف مدل به کمک ورودی‌ها، متغیرهای میانی و خروجی‌ها به هم اتصال می‌یابند.

مدل‌های *NDEA* بر اساس مدل‌های عملکرد شعاعی (به‌عنوان‌مثال، مدل‌های *BCC* و *CCR* بر پایه مجموعه امکان تولید طراحی می‌شوند) باید با فرض بازده به مقیاس ثابت اجرا گردند. در حالی‌که مدل‌های مبتنی بر متغیرهای کمبود *SBM* با فرض بازده به مقیاس متغیر با دنیای واقعی هماهنگی بیش‌تری دارند [15].

متغیرهای نامطلوب و منابع مشترک دو ویژگی قابل توجه در مدل *NSBM* هستند. فوکویاما و وبر [4] در سال ۲۰۱۰ یک مدل *SBM* را با وجود متغیرهای نامطلوب جهت اندازه‌گیری عملکرد ۸۶۹ بانک ژاپنی پیشنهاد دادند. توسلی و همکاران [20] در سال ۲۰۱۴ برای اولین بار، یک روش جدید (*SBM-NDEA*) را برای اندازه‌گیری بهره‌وری فنی و اثربخشی خدمات خطوط هوایی با در نظرگیری منابع مشترک پیشنهاد دادند. در **جدول ۱** خلاصه‌ای از مطالعات موجود در این زمینه همراه با هر یک از مشخصات ذکر شده است.

۲-۲- مدل فازی شبکه‌ای تحلیل پوششی داده‌ها مبتنی بر متغیرهای کمبود

در مدل‌های متعارف *DEA*، تمامی داده‌ها به فرم قطعی هستند. درصورتی‌که در محیط‌های واقعی داده‌های ورودی و خروجی به‌صورت نادقیق می‌باشند. تئوری مجموعه فازی، یک تئوری رسمی است که اجازه می‌دهد با تخمین‌های مبهم در محیطی همراه با عدم قطعیت،

برخورد نمود. منطق فازی و مجموعه‌های فازی می‌توانند ابهام، عدم قطعیت و یا داده‌های نادقیق را با استفاده از رابطه‌های مشخص در هرکدام از واحدهای تصمیم‌گیرنده تحلیل پوششی داده‌ها نمایش دهند [30]. در این صورت منطق فازی و مجموعه‌های فازی برای نشان دادن داده‌های نادقیق، عدم اطمینان و عدم قطعیت در مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها مورداستفاده قرار می‌گیرد [32]، [33]. مدل‌های بی‌شمار تحلیل پوششی داده‌ها در محیط فازی توسعه داده شده‌اند. هوگارد [34] نمرات کارایی فنی در *DEA* را به‌صورت فواصل فازی توسعه داد و نشان داد که چگونه نمرات فازی به تصمیم‌گیرندگان اجازه می‌دهد تا از نمرات کارایی فنی در ارتباط با سایر منابع اطلاعات عملکردی مانند نظرات کارشناسان استفاده کنند. کائو و لیو [23] نیز روش اندازه‌گیری کارایی واحدهای تصمیم‌گیرنده در محیط فازی را توسعه دادند. عقیده اصلی آن‌ها بر پایه تبدیل مدل *DEA* بر پایه متغیرهای کمبود به مدل *DEA* قطعی با استفاده از رویکرد آلفا برش شکل گرفت. این مدل با استفاده از رویکرد ارایه شده توسط تن به حالت خطی تبدیل شد [14] و درنهایت توسط هسیو و همکارانش توسعه داده شد. آن‌ها با استفاده از مدل فازی *DEA* ابرکارایی بر پایه متغیرهای کمبود کارایی عملیاتی ۲۴ بانک تایوانی را با در نظرگیری پارامترهای مرتبط با تسهیلات و سرمایه‌گذاری همراه با شرایط عدم قطعیت اندازه‌گیری نمودند [27]. توسعه فازی مدل‌های شبکه‌ای تحلیل پوششی داده‌ها در حالت پویا توسط الفت و همکاران [18] ارایه شد. همان‌طور که قبلا نیز اشاره شد، هم‌زمان با این مساله 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 نمودن آن‌ها نه‌تنها معایب مدل‌های *SBM* را مرتفع می‌کند بلکه باعث بهبود کارایی مدل‌ها می‌شود. شایان ذکر است ترکیب مدل شبکه‌ای تحلیل پوششی داده‌ها بر مبنای متغیرهای کمبود با در نظرگیری شرایط عدم قطعیت در محیط فازی توسط ابراهیم‌زاده شرمه و همکاران [28] پیشنهاد شد.

۳- متدولوژی

۳-۱- مدل شبکه‌ای غیر شعاعی تحلیل پوششی داده‌ها بر پایه متغیرهای کمبود

رویکرد *NSBM* یک روش غیر شعاعی است که جهت اندازه‌گیری کارایی در زمانی که ورودی و خروجی به یک نسبت تغییر نمی‌کنند، مناسب است [35]. **معادله (۱)** کارایی غیر شعاعی مدل *NSBM* را زمانی که وزن تمامی مراحل در مدل چندمرحله‌ای تحلیل پوششی داده‌ها برابر است را نمایش می‌دهد [7].

$$NSBM)\ \rho_0^* = min \frac{\sum_{p=1}^{q} w^p \left[1 - \frac{1}{m_p}\left(\sum_{i=1}^{m_p} \frac{s_i^{p-}}{x_{io}^p}\right)\right]}{\sum_{p=1}^{q} w^p \left[1 + \frac{1}{r_p}\left(\sum_{r=1}^{r_p} \frac{s_r^{p+}}{y_{ro}^p}\right)\right]},$$

$$\text{s.t.} \quad X_o^p = X^p\lambda^p + S^{p-} \quad p = 1, \dots, q),$$

$$Y_o^p = Y^p\lambda^p - S^{p+} \quad p = 1, \dots, q),$$

$$e\lambda^p = 1, \qquad \text{محدودیت مرتبط با بازده به مقیاس متغیر} \qquad (۱)$$

$$Z_o^{p,h)} = Z^{p,h)}\lambda^p \ \forall \quad p, h),$$

$$Z_o^{(p,h)} = Z^{(p,h)}\lambda^p \ \forall \quad p, h),$$

$$\lambda^p, s^{p-}, s^{p+}, w^p \geq 0, \quad \text{محدودیت‌های عمومی}$$

$$\sum_{p=1}^{p} w^p = 1 \quad \text{اهمیت مراحل}$$

پارامترها

N	تعداد واحدهای تصمیم‌گیرنده.
q	تعداد مراحل.
m_p	تعداد ورودی‌ها.

r_p	تعداد خروجی‌ها.
s_i^{p-}	متغیرهای کمبود ورودی.
s_i^{p+}	متغیرهای کمبود خروجی.
$Z^{(p,h)}$	متغیر اتصال میان مراحل.
λ^p	
$\{X_j^p \in R_+^{m_k}\}\ j = 1,\dots,n : p = 1,\dots,P)$	ماتریس ورودی.
$\{y_j^p \in R_+^{r_k}\}\ j = 1,\dots,n : p = 1,\dots,P)$	ماتریس خروجی.

۳-۲- توسعه مدل تحلیل پوششی داده‌ها بر پایه متغیرهای کمبود در محیط فازی

مدل فازی و غیر خطی تحلیل پوششی داده‌ها مبتنی بر متغیرهای کمبود و ارایه شده توسط کائو و لیو [23] در سال ۲۰۰۰ با استفاده از رویکرد ارایه شده توسط تن [14] در سال ۲۰۰۱ به حالت خطی تبدیل شده و درنهایت توسط هسیو و همکاران [27] در سال ۲۰۱۱ توسعه داده شد و به‌صورت مدل نهایی ارایه شده در **معادله (۲)** درآمد.

$$
\begin{aligned}
&\min \rho_k = q - \frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m}\frac{s_i^-}{x_{ik}},\\
&s.t.\quad q + \frac{1}{s}\sum_{r=1}^{s}\frac{s_r^+}{y_{rk}} = 1,\\
&qx_{ik} = \sum_{j=1}^{n} x_{ij}\lambda_j' + S_i^-,\quad i = 1,\dots,m,\\
&qy_{rk} = \sum_{j=1}^{n} y_{rj}\lambda_j' - S_r^+,\quad r = 1,\dots,s,\\
&\sum_{j=1}^{n}\lambda_j' = q, q > 0,\\
&\lambda_j' \geq 0,\quad j = 1,\dots,n,\\
&s_i^- \geq 0,\quad s_i^- = qs_i^-,\\
&s_r^+ \geq 0,\quad s_r^+ = qs_r^+, \lambda_j' = \frac{\lambda_j}{q}.
\end{aligned}
\qquad (۲)
$$

۳-۳- مدل پیشنهادی Fuzzy NSBM با در نظرگیری متغیرهای نامطلوب و منابع مشترک در شرایط عدم اطمینان

با در نظرگیری آنچه در خصوص مدل *NSBM* و هم‌چنین مدل‌های فازی ارایه شده مبتنی بر متغیرهای کمبود ارایه 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 نظرگیری متغیرهای نامطلوب و منابع مشترک، ارایه می‌شود. فرض می‌کنیم n واحد تصمیم‌گیرنده وجود دارد که هر کدام از q قسمت (مرحله) تشکیل شده است که با هم یکدیگر در ارتباط شبکه‌ای (سری یا موازی) در ارتباط هستند. در این قسمت فرض می‌کنیم مرحله p از DMU_j دارای m_p ورودی از x_{ij}^p و s_p خروجی از y_{rj}^p است. $z_j^{(p-1,p)}$ ارتباطات میانی را نشان می‌دهند که از مرحله *p-1* خارج شده و به مرحله p به‌عنوان ورودی وارد می‌شود. برای واحد تصمیم‌گیرنده تحت ارزیابی (مدل نشان داده شده در **معادله (۳)**) خواهیم داشت:

$$\rho_o = min \frac{\sum_{p=1}^{q} w^p [1-\frac{1}{m_p}\left(\sum_{i=1}^{m_p} \frac{s_i^{p-}}{x_{io}^p}\right)]}{\sum_{p=1}^{q} w^p [1+\frac{1}{r_p}\left(\sum_{r=1}^{r_p} \frac{s_r^{p+}}{y_{ro}^p}\right)]},$$

$$\begin{aligned}
x_{io}^p &= \sum_{j=1}^{n} x_{ij}^p \lambda_j^p + s_i^{p-} \quad for\ all\ i \in I_p, p \in P,\\
y_{ro}^p &= \sum_{j=1}^{n} y_{ij}^p \lambda_j^p - s_r^{p+} \quad for\ all\ r \in R, p \in P,\\
z^{(p,h)} &= \sum_{j=1}^{n} z_j^{(p,h)} \lambda_j^p \quad for\ all\ \ p,h) \in P, as\ output\ from\ p,\\
z^{(p,h)} &= \sum_{j=1}^{n} z_j^{(p,h)} \lambda_j^h \quad for\ all\ \ p,h) \in P, as\ input\ to\ h,\\
\sum_{j=1}^{n} \lambda_j^p &= 1\ for\ all\ \ p \in P,\\
\lambda_j^p &\geq 0 \quad for\ all\ \ j \in J\ , p \in P,\\
s_i^{p-} \geq 0\ , s_r^{p+} &\geq 0 \quad for\ all\ \ p \in P, for\ all\ \ i \in I_p,\ \ for\ all\ \ r \in R_p.
\end{aligned} \qquad (۳)$$

در این معادله از $\mu_{x_{ij}}$، $\mu_{y_{rj}}$ و μ_{z_j} به ترتیب به‌عنوان توابع عضویت x_{ij}، y_{rj} و z_j یاد می‌شود. $s\ (x_{ij})$، $s\ (y_{rj})$ و $s\ (z_j)$ به‌عنوان مجموعه پشتیبان که مقادیر آن بزرگ‌تر و مساوی صفر است به ترتیب برای متغیرهای x_{ij}، y_{rj} و z_j در نظر گرفته شده است. بنابراین برای متغیرهای x_{ij}، y_{rj} و z_j از تکنیک $\alpha-$ برش استفاده می‌شود که **معادله (۴)** تا **معادله (۶)** را برای آن‌ها خواهیم داشت.

$$s\left(x_{ij}\right)\Big|\ \mu_{x_{ij}}\left(x_{ij}\right) \geq \alpha\Big\}, 0 < \alpha \leq 1. (X_{ij})_\alpha = \{x_{ij} \in \qquad (۴)$$

$$s\left(y_{rj}\right)\Big|\ \mu_{y_{rj}}\left(y_{rj}\right) \geq \alpha\Big\}, 0 < \alpha \leq 1. (Y_{rj})_\alpha = \{y_{ij} \in \qquad (۵)$$

$$s\left(z_j\right)\Big|\ \mu_{z_j}\left(z_j\right) \geq \alpha\Big\}, 0 < \alpha \leq 1. (Z_j)_\alpha = \{z_j \in \qquad (۶)$$

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 به‌صورت **معادله (۷)** تا **معادله (۹)** نشان داده شده است.

$$, \left(x_{ij}\right)_\alpha^U] = [\min_{x_{ij}} \left\{x_{ij} \epsilon s\left(x_{ij}\right)\Big|\mu_{x_{ij}}\left(x_{ij}\right) \geq \alpha\right\}, [\max_{x_{ij}} \left\{x_{ij} \epsilon s\left(x_{ij}\right)\Big|\mu_{x_{ij}}\left(x_{ij}\right) \geq \alpha\right\}]\ .(X_{ij})_\alpha = [\left(x_{ij}\right)_\alpha^L \qquad (۷)$$

$$(Y_{rj})_\alpha = [\left(y_{rj}\right)_\alpha^L, \left(Y_{rj}\right)_\alpha^U] = [\min_{y_{rj}} \left\{y_{rj} \epsilon s\left(y_{rj}\right)\Big|\mu_{y_{rj}}\left(y_{rj}\right) \geq \alpha\right\}, [\max_{y_{rj}} \left\{y_{rj} \epsilon s\left(y_{rj}\right)\Big|\mu_{y_{rj}}\left(y_{rj}\right) \geq \alpha\right\}]. \qquad (۸)$$

$$(Z_j)_\alpha = [\left(Z_j\right)_\alpha^L, \left(Z_j\right)_\alpha^U] = [\min_{z_j} \left\{z_j \epsilon s\left(z_j\right)\Big|\mu_{z_j}\left(z_j\right) \geq \alpha\right\}, [\max_{z_j} \left\{z_j \epsilon s\left(z_j\right)\Big|\mu_{z_j}\left(z_j\right) \geq \alpha\right\}]. \qquad (۹)$$

جهت حل مدل فازی و شبکه‌ای تحلیل پوششی داده‌ها بر مبنای متغیرهای کمبود، از مفهوم کارایی پاره‌تو استفاده نموده و بر این اساس، برای واحد تصمیم‌گیرنده تحت ارزیابی با روش $\alpha-$ 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. درنهایت بر اساس مفهوم کارایی پاراتو و به کمک نتایج مطالعات ابراهیم‌زاده شرمه و همکاران [28] در سال ۲۰۱۶، مدل نشان داده شده در **معادله (۳)** به فرم **معادله‌های (۱۰)** و **(۱۱)** تغییر خواهد یافت و به ترتیب مرتبط با حد بالا و حد پایین کارایی خواهند شد.

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

$$\begin{aligned}
(x_{io}^p)_\alpha^L &= \sum_{j=1, j\neq o}^{n} (x_{ij}^p)_\alpha^U \lambda_j^p + (x_{io}^p)_\alpha^L \lambda_o^p + (s_i^{p-})^L \quad for\ all\ i \in I_p, p \in P,\\
(y_{ro}^p)_\alpha^U &= \sum_{j=1, j\neq o}^{n} (y_{rj}^p)_\alpha^L \lambda_j^p + (y_{ro}^p)_\alpha^U \lambda_o^p - \left(s_r^{p+}\right)^U \quad for\ all\ r \in R_p, p \in P,\\
(z_o^{(p,h)})_\alpha^L &= \sum_{j=1, j\neq o}^{n} (z_j^{(p,h)})_\alpha^U \lambda_j^p + (z_o^{(p,h)})_\alpha^L \lambda_o^p \quad for\ all\ \ p,h) \in P,\ \ as\ output\ from\ p,\\
(z_o^{(p,h)})_\alpha^U &= \sum_{j=1, j\neq o}^{n} (z_j^{(p,h)})_\alpha^L \lambda_j^h + (z_o^{(p,h)})_\alpha^U \lambda_o^h \quad for\ all\ \ p,h) \in P, as\ input\ to\ h,
\end{aligned} \qquad (۱۰)$$

$$\sum_{j=1}^{n}\lambda_j^p = 1 \ for\ all\ \ p \in P,$$

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

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

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

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

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

$$(z_o^{(p,h)})_\alpha^U = \sum_{j=1, j\neq o}^{n} (z_j^{(p,h)})_\alpha^L \lambda_j^p + (z_o^{(p,h)})_\alpha^U \lambda_o^p \quad for\ all\ \ p,h) \in P, as\ output\ from\ p, \qquad (۱۱)$$

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

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j^p = 1 \ for\ all\ p \in P,$$

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

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

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، به‌صورت **معادله‌های (۱۲)** و **(۱۴)** جهت محاسبه حد بالای کارایی کلی و کارایی هرکدام از مراحل مدل شبکه‌ای درآمد [14]، [18]، [20]، [28].

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

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

ورودی‌های مطلوب و خروجی‌های نامطلوب

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

$$(1 - \beta_{ko})(x_{io}^p)_\alpha^L = \sum_{j=1, j\neq o}^{n} \left(1 - \beta_{kj}\right)\left(x_{ij}^p\right)_\alpha^U \lambda_j^p + \ 1 - \beta_{ko})\left(x_{io}^p\right)_\alpha^L \lambda_o^p + \left(s_i^{p-}\right)^L, \qquad (۱۲)$$

$$for\ all\ i \in I_p \bigwedge i \in I_\beta, \quad p \in P, for\ all\ k \in K, \ k = 1, \dots, m_K\ number\ of\ shared\ resources,$$

ورودی‌های مطلوب و خروجی‌های نامطلوب و منابع مشترک

$$(y_{ro}^p)_\alpha^U = \sum_{j=1, j\neq o}^{n} \left(y_{rj}^p\right)_\alpha^L \lambda_j^p + \left(y_{ro}^p\right)_\alpha^U \lambda_o^p - \left(s_r^{p+}\right)^U,$$

$$for\ all\ r \in R_p, p \in P,$$

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

$$for\ all\ \ p,h) \in P, as\ output\ from\ p,$$

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

$$for\ all\ \ p,h) \in P, as\ input\ to\ h\ and\ h\ has\ not\ shared\ resources,$$

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

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

$$for\ all\ \ p,h) \in P, as\ input\ to\ h\ and\ h\ has\ \ shared\ resources, for\ all\ \ k \in K,$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j^p = 1\ for\ all\ \ p \in P,$$

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

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

$$0 \leq \beta_{kj} \leq 1\ for\ all\ \ j \in J\ , \qquad for\ all\ \ k \in K.$$

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 **معادله (۱۲)** خواهیم داشت [7]:

$$(\rho_P)_\alpha^U = \frac{[1-\frac{1}{m_p}\left(\sum_{i=1}^{m_p} \frac{(s_i^{p-})^{L*}}{(x_{io}^p)_\alpha^L}\right)]}{[1+\frac{1}{r_p}\left(\sum_{r=1}^{r_p} \frac{(s_r^{p+})^{U*}}{(y_{ro}^p)_\alpha^U}\right)]}. \qquad (۱۳)$$

به‌طور 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 [36]:

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

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

ورودی‌های مطلوب و خروجی‌های نامطلوب

$$\beta_{ko}(x_{io}^p)_\alpha^U = \sum_{j=1,j\neq o}^{n} \beta_{kj}\left(x_{ij}^p\right)_\alpha^L \lambda_j^p + \beta_{ko}\left(x_{io}^p\right)_\alpha^U \lambda_o^p + \left(s_i^{p-}\right)^U, \qquad (۱۴)$$

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

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

ورودی‌های مطلوب و خروجی‌های نامطلوب و منابع مشترک

$$(y_{ro}^p)_\alpha^L = \sum_{j=1,j\neq o}^{n} \left(y_{rj}^p\right)_\alpha^U \lambda_j^p + \left(y_{ro}^p\right)_\alpha^L \lambda_o^p - \left(s_r^{p+}\right)^L,$$

$$for\ all\ r \in R_p, p \in P,$$

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

$$for\ all\ \ p,h) \in P, as\ output\ from\ p,$$

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

$$for\ all\ \ p,h) \in P, as\ input\ to\ h\ and\ h\ has\ not\ shared\ resources,$$

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

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

$$for\ all\ \ p,h) \in P, as\ input\ to\ h\ and\ h\ has\ \ shared\ resources, for\ all\ k \in K,$$

$$\Sigma_{j=1}^{n} \lambda_j^p = 1 \quad for\ all\ \ p \in P,$$

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

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

$$0 \leq \beta_{kj} \leq 1\ for\ all\ \ j \in J\ , \qquad for\ all\ k \in K.$$

هم‌چنین جهت محاسبه کمینه کارایی هریک از مراحل مدل با استفاده از مقادیر بهینه $(s_i^{p-})^{L*}$ و $(s_r^{p+})^{U*}$ حاصل از حل **معادله (۱۴)**، خواهیم داشت [7]:

$$(\rho_P)_\alpha^L = \frac{[1 - \frac{1}{m_p}\left(\Sigma_{i=1}^{m_p} \frac{(s_i^{p-})^{U*}}{(x_{io}^p)_\alpha^U}\right)]}{[1 + \frac{1}{r_p}\left(\Sigma_{r=1}^{r_p} \frac{(s_r^{p+})^{L*}}{(y_{ro}^p)_\alpha^L}\right)]}. \qquad (۱۵)$$

شایان ذکر است چنانچه از مدل تحلیل عاملی تاییدی جهت استخراج اهمیت هرکدام از مراحل مدل استفاده شود وزن‌های مراحل به‌صورت پارامتر برای **معادله‌های (۱۲)** و **(۱۴)** محاسبه می‌شود.

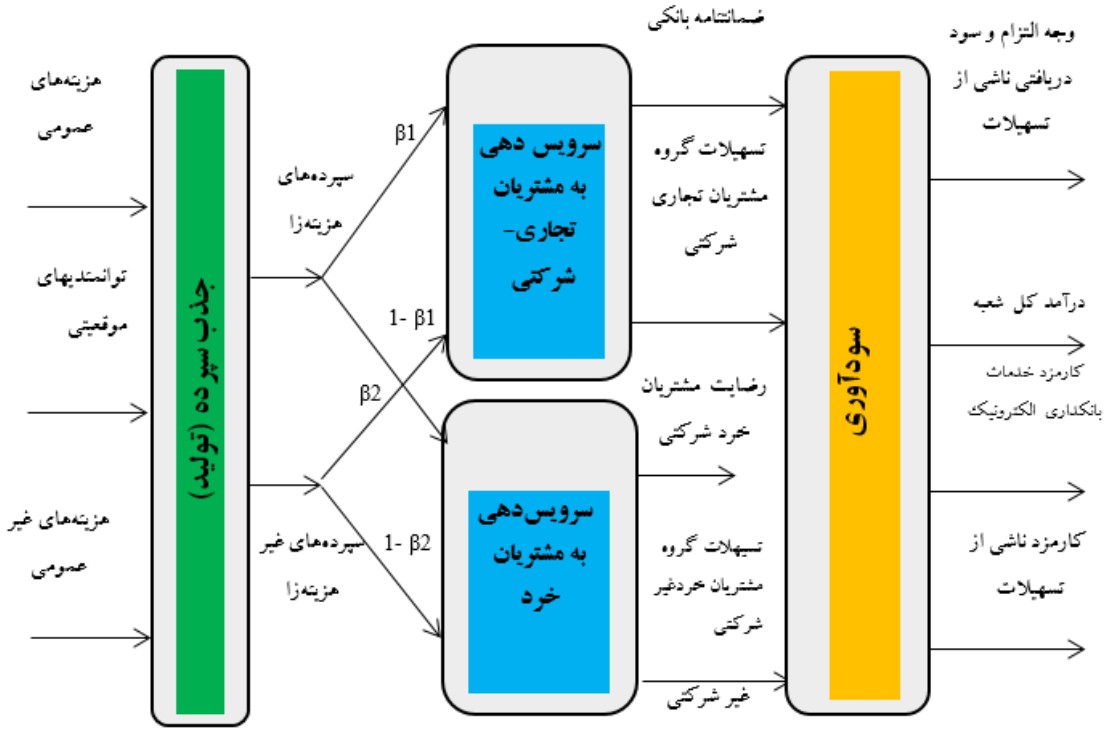
$$w^p = \frac{loading\ factor_p}{\Sigma_{p=1}^{q} loading\ factor_p}.$$

۴- مورد مطالعه

۴-۱- در نظرگیری ساختار شبکه‌ای در سیستم بانکداری جامع

مدل *NSBM* پیشنهادی با در نظرگیری منابع مشترک، داده‌های فازی و نامطلوب مطابق **شکل ۱** طراحی شده است. در این شکل، ساختار شبکه‌ای سه مرحله‌ای با درنظرگیری دو مرحله موازی در سرویس‌دهی گروه مشتریان است، جهت اندازه‌گیری کارایی شعب در سیستم بانکداری جامع که به گروه مشتریان بانکداری خرد و شرکتی-تجاری سرویس‌دهی می‌نماید، در نظر گرفته شده است [12]، [13].

بانک‌ها به دلیل وقوع بحران‌های مالی که امروزه گریبانگیر موسسات مالی و بانک‌ها است، به منظور حفظ بقای خود اقدام به اعطای وام‌های کلان و پرریسک می‌نمایند [27]. 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 به‌صورت فازی مثلثی از مجموعه تئوری فازی در نظر گرفته می‌شود [37].



شکل ۱- مدل شبکه‌ای فازی جهت سنجش کارایی شعب با رویکرد بانکداری جامع.

Figure 1- Fuzzy network model to measure the efficiency of branches with comprehensive banking approach.

با توجه به نتایج مطالعات الفت و همکاران [18] در خصوص در نظر گیری مطلوبیت متغیرهای مدل شبکه‌ای تحلیل پوششی داده‌ها **جدول ۲**، نشان‌دهنده ورودی‌ها و خروجی‌های مرتبط با هر مرحله در **شکل ۱** است.

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

Table 2- Inputs and outputs related to each stage, taking into account the desirability, common resources and fuzzyness of the variables.

خروجی‌ها	ورودی‌ها	مرحله
سپرده‌های هزینه‌زا- مطلوب سپرده‌های غیر هزینه‌زا- مطلوب	هزینه‌های عمومی- مطلوب پتانسیل جغرافیایی- مطلوب هزینه عملیاتی- مطلوب	(PRD) جذب سپرده (تولید)
تسهیلات گروه مشتریان تجاری شرکتی- مطلوب- فازی ضمانت‌نامه بانکی- مطلوب	سپرده هزینه زا- ورودی مشترک و نامطلوب سپرده غیر هزینه زا- ورودی مشترک و نامطلوب	Business Banking Service (BBS) سرویس‌دهی به مشتریان تجاری- شرکتی
تسهیلات گروه مشتریان خرد- مطلوب- فازی رضایت گروه مشتریان خرد- مطلوب	سپرده هزینه زا - ورودی مشترک و نامطلوب سپرده غیر هزینه زا- ورودی مشترک و نامطلوب	Personal Banking Service (PBS) سرویس‌دهی به مشتریان خرد
وجه التزام و سود دریافتی ناشی از تسهیلات- مطلوب درآمد شعبه- مطلوب کارمزد خدمات الکترونیک- مطلوب کارمزد ناشی از تسهیلات- مطلوب	تسهیلات گروه مشتریان تجاری شرکتی- نامطلوب- فازی	Profitability (PRF) سودآوری
ضمانت‌نامه بانکی- نامطلوب	Loan-PE-undesirable input تسهیلات گروه مشتریان خرد-نامطلوب- فازی	

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. به‌طور مشابه کارایی هرکدام از مراحل مدل نیز محاسبه شده و درنهایت نیز کارایی عملیاتی کل شعبه (**معادله (۱۲) و (۱۴)**) با در نظرگیری 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 ۰/۲ و ۰/۸ متغیر قرار داده شده است.

۴-۲- جمع‌آوری داده‌ها

در این بخش داده‌های نشان داده شده در **شکل ۱** و مرتبط با ۵۰ شعبه بانک توسط سیستم‌های داخلی بانک و نیز صورت مالی منتشر شده توسط بانک دی در سال ۱۳۹۴ جمع‌آوری شده و مشخصات آماری آن در **جدول ۳** خلاصه شده است.

جدول ۳- نتایج آماری داده‌های آماده‌سازی شده برای مدل.

Table 3- Statistical results of data prepared for the model.

متغیرها	میانگین	میانه	مینیمم	ماکزیمم	انحراف معیار
ورودی‌های تولید (جذب سپرده)					
هزینه عمومی	1.60E+09	1.32E+09	7.45E+08	3.53E+09	7.47E+08
موقعیت جغرافیایی	151019	157942	63271	212068	46385
هزینه‌های عملیاتی	4.02E+08	2.48E+08	8.77E+07	3.09E+09	4.73E+08
ورودی‌ها و خروجی‌های میانی					
سپرده‌های هزینه‌زا	2.21E+12	1.77E+12	1.78E+12	1.74E+12	1.67E+12
سپرده‌های غیر هزینه‌زا	6.79E+10	5.53E+10	5.45E+10	5.52E+10	5.52E+10
ضمانت‌نامه بانکی	1.12E+10	4.87E+08	4.87E+08	4.68E+11	6.36E+10
تسهیلات گروه مشتریان تجاری-شرکتی*(a2)	2.62E+12	8.79E+11	0.00E+00	3.98E+13	5.75E+12
تسهیلات گروه مشتریان خرد**(a2)	6.50E+11	1.91E+11	1.89E+10	8.25E+12	1.29E+12
رضایت مشتریان خرد	68	57	49	97	18
خروجی‌های سودآوری					
سود و وجه التزام تسهیلات	8.92E+11	2.23E+11	2.79E+09	1.49E+13	2.17E+12
درآمد شعبه	2.96E+08	1.16E+08	4018016	4.5E+09	6.42E+08
کارمزد خدمات الکترونیک	527681	488390	105802	1553534	299999
کارمزد تسهیلات	1.68E+09	3.1E+08	16616460	1.61E+10	3.66E+09

*,** نشان‌دهنده اعداد فازی مثلثی مربوط به **شکل ۱**

مشخصه آماری قابل توجه که در **جدول ۳** نشان داده شده است انحراف معیار بالای شاخص‌های بکار رفته در مدل **شکل ۱** است که نشان‌دهنده انتخاب متغیرها و حجم مناسب نمونه شعب می‌باشد. هم‌چنین در خصوص مشکل تسهیلات غیر جاری که بسیاری از بانک-های 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% و همین نسبت برای مشتریان تجاری-شرکتی برابر ۲۶/۷۳% است؛ بنابراین رویارویی با ریسک نقدینگی برای سیستم بانکداری ایران امری غیر قابل اجتناب است مگر اینکه تغییرات مدیریتی مناسب در سیستم اعطای تسهیلات اعمال گردد. لذا همان‌طور که قبلا نیز عنوان شد میزان تسهیلات اعطایی به هریک از گروه مشتریان در این مدل به‌صورت فازی و در شرایطی که توام 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.

۴-۳- نتایج اجرای مدل NSBM با در نظرگیری متغیرهای نامطلوب و منابع مشترک

نتایج **جدول ۴** حاکی از آن است که کارایی عملیاتی شعب بانک از ۰/۰۰۵۲ تا ۱ با میانگین ۰/۳۳۲۱ متغیر بوده و تنها ۴ شعبه از ۵۰ شعبه تحت ارزیابی در تمامی مراحل کارا می‌باشند؛ بنابراین برنامه مناسبی در جهت ارتقاء سهم شعب کارا از سوی تصمیم‌گیرندگان فعال در بانک بایستی اتخاذ گردد. در خصوص مرحله تولید نتایج نشان می‌دهد، فعالیت شعب در جهت جذب سپرده نسبت به سایر مراحل موجود در مدل با توجه به میزان میانگین بالاتر آن بهتر بوده است و شعب در این زمینه به‌طورکلی موفق‌تر عمل نموده‌اند. به هرحال در این مرحله نیز تنها ۷/۴۱% از شعب کارا بوده و تعداد زیادی از شعب تا رسیدن به مرز کارایی فاصله دارند.

جدول ۴- نتایج کارایی شعب بانک بر مبنای مدل نهایی پیشنهادی NSBM و سیستم بانکداری جامع.

Table 4- The results of bank branch efficiency based on the final model proposed by NSBM and comprehensive banking system.

DMU	کارایی تولید (جذب سپرده)	کارایی سرویس‌دهی به مشتریان تجاری - شرکتی	کارایی سرویس‌دهی به مشتریان خرد	کارایی سودآوری	کارایی عملیاتی	β_1	β_2
میانگین	0.3419	0.3341	0.3091	0.3413	0.3321	0.6528	0.4413
انحراف معیار	0.35276	0.39164	0.38636	0.37847	0.37217	0.2557	0.2771
ماکزیمم	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.8000	0.8000
مینیمم	0.0102	0.0006	0.0030	0.0063	0.0052	0.2000	0.2000
تعداد واحدهای کارا	4	6	6	6	4		
درصد واحدهای کارا	7.41%	11.11%	11.11%	11.11%	7.41%		

با در نظرگیری کارایی سیستم بانکداری جامع در سرویس‌دهی به گروه‌های مشتریان مختلف، میانگین کارایی در سرویس‌دهی به مشتریان خرد و مشتریان تجاری-شرکتی به ترتیب برابر ۰/۳۰۹۱ و ۰/۳۳۴۱ است؛ لیکن تعداد واحدهای کارا در این دو مرحله برابر بوده و مساوی ۶ می‌باشد. لذا با توجه به عدم بلوغ کافی سیستم بانکداری جامع در کشور ایران، هم‌چنین فاصله زیادی تا رسیدن به چشم‌انداز ایده‌آل متصور برای بانک مدنظر وجود دارد. با توجه به میزان تاثیر این دو مرحله بر مراحل سودآوری و به‌طورکلی کارایی عملیاتی کل شعبه در ارتباط شبکه‌ای نشان داده شده، مشابه مراحل سرویس‌دهی به مشتریان، در دو مرحله سودآوری و کارایی عملیاتی ۱۱/%۱۱ از شعب کارا هستند. β_1 و β_2 سهم منابع مشترک از جمله سپرده‌های هزینه‌زا و غیر هزینه‌زا هستند که به‌عنوان ورودی برای سرویس‌دهی به مشتریان تجاری- شرکتی و مشتریان خرد وارد می‌شود. بر اساس اطلاعات **جدول ۴**، میانگین سهم سپرده هزینه‌ها در مرحله سرویس‌دهی به مشتریان تجاری- شرکتی برابر ۰/۶۵۲۸ و در مرحله سرویس‌دهی به مشتریان خرد برابر ۰/۳۴۷۲ است. هم‌چنین میانگین سهم سپرده غیر هزینه‌زا در مرحله سرویس‌دهی به مشتریان تجاری-شرکتی برابر ۰/۴۴۱۳ و در مرحله سرویس‌دهی به مشتریان خرد برابر ۰/۵۵۸۷ است.

۴-۴- نتایج اجرای مدل Fuzzy NSBM با در نظرگیری متغیرهای نامطلوب و منابع مشترک

در این بخش شاخص تسهیلات گروه مشتریان تجاری شرکتی و تسهیلات گروه مشتریان خرد به‌صورت فازی در نظر گرفته می‌شود تا بتوان شرایط عدم قطعیت در تسهیلات دهی به مشتریان را بررسی نمود. در ادامه کارایی شعب بانک در هریک از مراحل مدل (جذب سپرده، سرویس‌دهی به گروه مشتریان تجاری- شرکتی و خرد و هم‌چنین سودآوری با استفاده از روش آلفا برش و در سطوح مختلف α محاسبه می‌شود که خلاصه نتایج در **جدول ۵** ارایه شده است. مقایسه نتایج **جدول ۴** و **جدول ۵** حاکی از آن است که مدل *Fuzzy NSBM* نسبت به مدل *NSBM* توانایی دقیق‌تری در تخمین شعب کارا و ناکارا در هریک از مراحل بانکداری جامع دارد. شایان ذکر است نتایج اجرای مدل در ۵۰ شعبه در پیوست مقاله ارایه شده است.

همان‌طور که در **جدول ۵** 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. هم‌چنین در حالتی که α برابر صفر باشد، کم‌ترین میانگین کارایی در حد بالا و پایین مربوط به سرویس‌دهی به مشتریان خرد و به ترتیب برابر ۰/۱۹۱۱ و ۰/۳۱۰۴ و بیش‌ترین میزان آن در حد پایین مربوط به سرویس‌دهی به مشتریان تجاری-شرکتی و برابر ۰/۲۶۴۸ و در حد بالا مربوط به سودآوری کل شعبه و برابر ۰/۳۴۲۴است. 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 ارایه خدمات و محصولات متنوع و جذاب در زمینه خدمات اعتباری به این گروه از مشتریان است.

جدول ۵- میانگین کارایی حاصل از اجرای مدل Fuzzy NSBM با رویکرد α- برش (α=0, α=0.5, α=1) و سهم منابع مشترک سپرده‌های هزینه‌زا و غیر هزینه‌زا.

Table 5- The average efficiency of the implementation of the Fuzzy NSBM model with the α-cut approach (α=0, α=0.5, α=1) and the share of common resources of cost-bearing and non-cost-bearing deposits.

α	تولید (جذب سپرده)	سرویس‌دهی به گروه مشتریان تجاری-شرکتی	سرویس‌دهی به گروه مشتریان خرد	سودآوری	کارایی عملیاتی کل شعبه	β_1	β_2
	L U	L U	L U	L U	L U	L U	L U
0	0.252155 0.339936	0.264826 0.333945	0.191134 0.310464	0.223479 0.339053	0.236977 0.342474	0.709011 0.671068	0.452934 0.440436
0.5	0.305104 0.338704	0.307289 0.331508	0.239958 0.317181	0.278032 0.348109	0.275285 0.34714	0.715032 0.728574	0.438264 0.439353
1	0.336625 0.336625	0.327972 0.327972	0.305289 0.305289	0.334847 0.334847	0.334847 0.334847	0.734051 0.733947	0.436766 0.43674

۵- نتیجه‌گیری

۵-۱- نتیجه‌گیری و دستاوردهای جدید تحقیق

با توجه به مطالعاتی که در خصوص استفاده از مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها در صنعت بانکداری صورت گرفته است، رقابتی شدن صنعت بانکداری و افزایش قدرت چانه‌زنی مشتریان، ضرورت توجه بانک‌ها به لحاظ سرویس‌دهی به گروه مشتریان طبقه‌بندی‌شده شخصی و شرکتی-تجاری در بانکداری جامع را نشان می‌دهد؛ بنابراین سنجش کارایی عملکرد شعب بانک در سرویس‌دهی به گروه مشتریان به‌منظور کسب شناخت بهتر از مشتریان و کشف نیازهای بلندمدت و کوتاه‌مدت ایشان از اهمیت بسیاری برخوردار است.

در مدل‌های متداول *DEA* داده‌های ورودی و خروجی تنها تحت شرایط اطمینان و قطعیت مورد بررسی قرار می‌گرفتند. بااین‌وجود، در محیط‌های واقعی اغلب عدم قطعیت در قالب محیط‌های فازی و تصادفی ظهور می‌یابد. زمانی که داده‌ها به‌صورت نادقیق و یا به‌طور مبهمی توصیف شوند، ضرورت به‌کارگیری از نظریه فازی در نمایش نوعی از داده‌ها ایجاد می‌شود. هم‌چنین گاهی از واژه‌های زبانی برای توصیف مقادیر شاخص‌ها استفاده می‌شود. لذا در این مقاله، مدل فازی شده *NSBM* با در نظرگیری شاخص تسهیلات اعطایی به گروه مشتریان به‌صورت فازی مثلثی جهت اعمال پیش‌بینی‌ها و بررسی شرایط مختلف کارایی بانکداری جامع در مقابل حالت‌های مختلف میزان تسهیلات اعطایی با در نظرگیری هم‌زمان متغیرهای نامطلوب و منابع مشترک با استفاده از مورد مطالعه ۵۰ شعبه از یکی از بانک‌های خصوصی ایران (بانک دی) ارایه شد.

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از اعداد فازی تسهیلات گروه مشتریان و هم‌چنین ریسک‌پذیری بانک، تصمیمات مدیریتی بر اساس شرایط حاکم بر بانک اتخاذ می‌شود. هم‌چنین به مدیران این آگاهی را می‌دهد که نتایج به‌دست‌آمده در حالت‌های مختلف وام‌دهی به گروه مشتریان تجاری- شرکتی و خرد، سطح کارایی سیستم بانکداری جامع را تغییر خواهد داد.

حل مدل پیشنهادی به مدیران سیستم بانکی کمک خواهد نمود که درک بهتری از ناکارآمدی شعب در هریک از مراحل عملکرد شعب در سیستم بانکداری جامع حاصل کنند و درنهایت بتوانند جهت ارتقاء کارایی شعب در سرویس‌دهی به مشتریان تصمیمات استراتژیکی اتخاذ کنند.

با توجه به اینکه در خصوص شاخص‌های مورداستفاده در این تحقیق، از برخی سامانه‌های داخلی سیستم بانکی با لحاظ حفظ محرمانگی داده‌ها و اطلاعات مشتریان استفاده شد، لذا در خصوص برخی شاخص‌ها مانند سنجش رضایت مشتریان تجاری- شرکتی محدودیت‌هایی وجود داشت.

به عنوان پیشنهادی برای تحقیقات آتی، پیشنهاد می‌شود شاخص‌های مهم جدید به تفکیک گروه مشتریان از دید خبرگان که محدودیتی در جمع‌آوری و نشر آن‌ها وجود ندارد به مدل اضافه شده و پس از اعتبارسنجی‌ها و آزمون‌های آماری مبتنی بر روش تجزیه تحلیل چند متغیره، مدل پیشنهادی را در بانک‌های دیگر و هم‌چنین سازمان‌ها و شرکت‌های فعال در صنایع دیگر مورداستفاده قرار داد.

هم‌چنین می‌توان از نتایج به‌دست‌آمده جهت خوشه‌بندی شعب بانک استفاده نمود و درنهایت برای بانک‌هایی که در خوشه‌های مجاور قرار می‌گیرند سیاست‌های تشویقی و یا تنبیهی مناسبی را جهت ارتقاء و یا نکول عملکرد و کارایی شعب بکار بست.

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

منابع

[1] Farrell, M. J. (1957). The measurement of productive efficiency. *Journal of the royal statistical society series a: statistics in society*, *120*(3), 253–281.

[2] Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European journal of operational research*, *2*(6), 429–444.

[3] Lewis, L. F., & Sexton, T. R. (2004). Network DEA: Efficiency analysis of organizations with complex internal structure. *Computers and operations research*, *31*(9), 1365–1410. DOI:10.1016/S0305-0548(03)00095-9

[4] Fukuyama, H., & Weber, W. L. (2010). A slacks-based inefficiency measure for a two-stage system with bad outputs. *Omega*, *38*(5), 398–409. DOI:10.1016/j.omega.2009.10.006

[5] Färe, R., & Grosskopf, S. (2000). Network DEA. *Socio-economic planning sciences*, *34*(1), 35–49.

[6] Sexton, T. R., & Lewis, H. F. (2003). Two-stage DEA: an application to major league baseball. *Journal of productivity analysis*, *19*(2–3), 227–249. DOI:10.1023/A:1022861618317

[7] Tone, K., & Tsutsui, M. (2009). Network DEA: A slacks-based measure approach. *European journal of operational research*, *197*(1), 243–252.

[8] Kao, C., & Hwang, S. N. (2010). Efficiency measurement for network systems: IT impact on firm performance. *Decision support systems*, *48*(3), 437–446. DOI:10.1016/j.dss.2009.06.002

[9] Avkiran, N. K. (2009). Opening the black box of efficiency analysis: An illustration with UAE banks. *Omega*, *37*(4), 930–941. DOI:10.1016/j.omega.2008.08.001

[10] Zha, Y., & Liang, L. (2010). Two-stage cooperation model with input freely distributed among the stages. *European journal of operational research*, *205*(2), 332–338. DOI:10.1016/j.ejor.2010.01.010

[11] Kao, C., & Liu, S. T. (2014). Multi-period efficiency measurement in data envelopment analysis: The case of Taiwanese commercial banks. *Omega (United Kingdom)*, *47*, 90–98. DOI:10.1016/j.omega.2013.09.001

[12] Ebrahimnejad, A., Tavana, M., Lotfi, F. H., Shahverdi, R., & Yousefpour, M. (2014). A three-stage Data Envelopment Analysis model with application to banking industry. *Measurement: journal of the international measurement confederation*, *49*(1), 308–319. DOI:10.1016/j.measurement.2013.11.043

[13] Lin, T. Y., & Chiu, S. H. (2013). Using independent component analysis and network DEA to improve bank performance evaluation. *Economic modelling*, *32*(1), 608–616. DOI:10.1016/j.econmod.2013.03.003

[14] Tone, K. (2001). A slacks-based measure of efficiency in data envelopment analysis. *European journal of operational research*, *130*(3), 498–509.

[15] Pastor, J. T., Ruiz, J. L., & Sirvent, I. (1999). Enhanced DEA Russell graph efficiency measure. *European journal of operational research*, *115*(3), 596–607. DOI:10.1016/S0377-2217(98)00098-8

[16] Huang, J., Yang, X., Cheng, G., & Wang, S. (2014). A comprehensive eco-efficiency model and dynamics of regional eco-efficiency in China. *Journal of cleaner production*, *67*, 228–238. DOI:10.1016/j.jclepro.2013.12.003

[17] Huang, J., Chen, J., & Yin, Z. (2014). A network DEA model with super efficiency and undesirable outputs: An application to bank efficiency in China. *Mathematical problems in engineering*, *2014*, 1–14. DOI:10.1155/2014/793192

[18] Olfat, L., Amiri, M., Bamdad 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*, 272–290. DOI:10.1016/j.jairtraman.2016.08.007

[19] 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*(1), 182–197. DOI:10.1016/j.ejor.2015.10.049

[20] 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*, 146–153. DOI:10.1016/j.jairtraman.2013.09.001

[21] Sengupta, J. K. (1992). A fuzzy systems approach in data envelopment analysis. *Computers and mathematics with applications*, *24*(8–9), 259–266. DOI:10.1016/0898-1221(92)90203-T

[22] Kahraman, C., & Tolga, E. (1998). *Data envelopment analysis using fuzzy concept* [presentation]. Proceedings of the international symposium on multiple-valued logic (pp. 338–342). DOI: 10.1109/ismvl.1998.679511

[23] Kao, C., & Liu, S.-T. (2000). Fuzzy efficiency measures in data envelopment analysis. *Fuzzy sets and systems*, *113*(3), 427–437.

[24] Guo, P., & Tanaka, H. (2001). Fuzzy DEA: A perceptual evaluation method. *Fuzzy sets and systems*, *119*(1), 149–160. DOI:10.1016/S0165-0114(99)00106-2

[25] Lertworasirikul, S., Fang, S.-C., Joines, J. A., & Nuttle, H. L. W. (2003). Fuzzy data envelopment analysis (DEA): a possibility approach. *Fuzzy sets and systems*, *139*(2), 379–394.

[26] Tavana, M., Khalili-Damghani, K., & Sadi-Nezhad, S. (2013). A fuzzy group data envelopment analysis model for high-technology project selection: A case study at NASA. *Computers and industrial engineering*, *66*(1), 10–23. DOI:10.1016/j.cie.2013.06.002

[27] Hsiao, B., Chern, C. C., Chiu, Y. H., & Chiu, C. R. (2011). Using fuzzy super-efficiency slack-based measure data envelopment analysis to evaluate Taiwan's commercial bank efficiency. *Expert systems with applications*, *38*(8), 9147–9156. DOI:10.1016/j.eswa.2011.01.075

[28] Shermeh, H. E., 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*, *112*, 686–697. DOI:10.1016/j.energy.2016.06.087

[29] Akther, S., Fukuyama, H., & Weber, W. L. (2013). Estimating two-stage network Slacks-based inefficiency: An application to Bangladesh banking. *Omega (United Kingdom)*, *41*(1), 88–96. DOI:10.1016/j.omega.2011.02.009

[30] Khalili-Damghani, K., & Tavana, M. (2013). A new fuzzy network data envelopment analysis model for measuring the performance of agility in supply chains. *International journal of advanced manufacturing technology*, *69*(1–4), 291–318. DOI:10.1007/s00170-013-5021-y

[31] Färe, R. (1991). Measuring Farrell efficiency for a firm with intermediate inputs. *Academia economic papers*, *19*(2), 329–340.

[32] Zadeh, L. A. (1978). Fuzzy sets as a basis for a theory of possibility. *Fuzzy sets and systems*, *1*(1), 3–28. DOI:10.1016/0165-0114(78)90029-5

[33] Zimmermann, H.-J. (1996). Fuzzy control. In *Fuzzy set theory—and its applications* (pp. 223–264). Springer.

[34] Hougaard, J. L. (1999). Fuzzy scores of technical efficiency. *European journal of operational research*, *115*(3), 529–541. DOI:10.1016/S0377-2217(98)00165-9

[35] Tone, K. (n.d.). *Advances in DEA Theory and Applications: With Extensions to Forecasting Models*. , John Wiley & Sons Ltd.

[36] Guh, Y. Y. (2001). Data envelopment analysis in fuzzy environment. *International journal of information and management sciences*, *12*(2), 51–65.

[37] Kuo, H. C. (2001). An interdisciplinary approach for modelling credit evaluation. *International journal of management*, *18*(1), 11-17.

جدول ۱- کارایی شعب بانک در تمامی مراحل مدل Fuzzy NSBM با رویکرد α- برش (α=0, α=0.5, α=1).

Table 1- Efficiency of bank branches in all stages of Fuzzy NSBM model with α-cut approach (α=0, α=0.5, α=1).

DMU	α	جذب سپرده LU	سرویس دهی به مشتریان تجاری-شرکتی LU	سرویس دهی به مشتریان خرد LU	سودآوری LU	کارایی عملیاتی LU	(β_1) LU	(β_2) LU
1	0	0.9164	0.9089	0.9109	0.9266	0.9176	0.6233	0.7400
		0.9280	0.9128	0.9305	0.9343	0.9298	0.6312	0.7218
	0.5	0.9198	0.9169	0.9234	0.9306	0.9278	0.6415	0.7019
		0.9345	0.9355	0.9337	0.9331	0.9312	0.6507	0.8000
	1	0.9373	0.9373	0.9373	0.9373	0.9373	0.6545	0.8000
		0.9373	0.9373	0.9373	0.9373	0.9373	0.6545	0.8000
2	0	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.8000	0.2000
		1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.8000	0.2000
	0.5	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.8000	0.2000
		1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.8000	0.2000
	1	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.8000	0.2000
		1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.8000	0.2000
3	0	0.0067	0.0231	0.0563	0.1201	0.1011	0.3999	0.3290
		0.1603	0.1578	0.1487	0.1470	0.1521	0.4316	0.2881
	0.5	0.0958	0.0967	0.0876	0.1267	0.1032	0.4191	0.2665
		0.1599	0.14312	0.1256	0.1409	0.1411	0.4012	0.2433
	1	0.1581	0.1413	0.1186	0.1393	0.1393	0.4468	0.2000
		0.1581	0.1413	0.1186	0.1393	0.1393	0.4468	0.2000
4	0	0.2876	0.4601	0.4631	0.4531	0.4588	0.6752	0.7911
		0.2966	0.4792	0.4792	0.4750	0.4713	0.6981	0.7882
	0.5	0.2988	0.4656	0.4686	0.4599	0.4606	0.7867	0.7633
		0.2998	0.4702	0.4712	0.4707	0.4708	0.7989	0.7558
	1	0.3006	0.4697	0.4697	0.4697	0.4697	0.8000	0.7144
		0.3006	0.4697	0.4697	0.4697	0.4697	0.8000	0.7144
5	0	0.1807	0.2092	0.1459	0.1624	0.1692	0.7192	0.2938
		0.2658	0.2840	0.2821	0.2804	0.2859	0.0750	0.2923
	0.5	0.2331	0.2532	0.2009	0.2174	0.2105	0.7568	0.2906
		0.2643	0.2804	0.2942	0.2934	0.2939	0.7608	0.2895
	1	0.2619	0.2752	0.2752	0.2752	0.2752	0.800	0.283
		0.2619	0.2752	0.2752	0.2752	0.2752	0.800	0.283
6	0	0.5502	0.7044	0.4912	0.5468	0.5700	0.7192	0.7484
		0.7254	0.9565	0.9500	0.9444	0.9629	0.0750	0.7448
	0.5	0.6361	0.8527	0.6766	0.7322	0.7090	0.7568	0.7405
		0.7211	0.9444	0.9907	0.9880	0.9898	0.7608	0.7376
	1	0.7147	0.9268	0.9268	0.9268	0.9268	0.8000	0.7211
		0.7147	0.9268	0.9268	0.9268	0.9268	0.8000	0.7211
7	0	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.2000	0.2000
		1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.2000	0.2000
	0.5	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.2000	0.2000
		1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.2000	0.2000
	1	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.2000	0.2000
		1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.2000	0.2000
8	0	0.2212	0.0844	0.0170	0.0955	0.0996	0.7192	0.4614
		0.2916	0.1146	0.0329	0.1650	0.1682	0.0750	0.4592
	0.5	0.2557	0.1021	0.0234	0.1279	0.1239	0.7568	0.4565
		0.2899	0.1131	0.0343	0.1726	0.1729	0.7608	0.4547
	1	0.2873	0.1110	0.0321	0.1619	0.1619	0.8000	0.4445
		0.2873	0.1110	0.0321	0.1619	0.1619	0.8000	0.4445
9	0	0.7031	1.0000	0.5300	0.5900	1.0000	0.8000	0.2000
		0.9269	1.0000	1.0250	1.0000	1.0000	0.8000	0.2000
	0.5	0.8127	1.0000	0.7300	0.7900	1.0000	0.8000	0.2000
		0.9214	1.0000	1.0690	1.0000	1.0000	0.8000	0.2000
	1	0.9132	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.8000	0.2000
		0.9132	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.8000	0.2000

جدول ۱- ادامه.

Table 1- Continued.

DMU	α	جذب سپرده LU	سرویس‌دهی به مشتریان تجاری-شرکتی LU	سرویس‌دهی به مشتریان خرد LU	سودآوری LU	کارایی عملیاتی LU	(β_1) LU	(β_2) LU
10	0	0.0328	0.0179	0.0054	0.0171	0.0178	0.7192	0.2076
		0.0432	0.0243	0.0104	0.0294	0.0300	0.0750	0.2066
	0.5	0.0379	0.0216	0.0074	0.0228	0.0221	0.7568	0.2054
		0.0430	0.0239	0.0108	0.0308	0.0309	0.7608	0.2046
	1	0.0426	0.0235	0.0101	0.0289	0.0289	0.8000	0.2000
		0.0426	0.0235	0.0101	0.0289	0.0289	0.8000	0.2000
11	0	0.3563	0.0660	0.1299	0.1669	0.1739	0.7600	0.2052
		0.5241	0.0897	0.2512	0.2882	0.2938	0.7688	0.2049
	0.5	0.4596	0.0799	0.1789	0.2234	0.2163	0.7901	0.2000
		0.5210	0.0886	0.2620	0.3015	0.3020	0.8000	0.2000
	1	0.5164	0.0869	0.2451	0.2828	0.2828	0.8000	0.2000
		0.5164	0.0869	0.2451	0.2828	0.2828	0.8000	0.2000
12	0	0.2339	0.1461	0.0183	0.1053	0.1097	0.7953	0.7991
		0.3441	0.1984	0.0355	0.1818	0.1854	0.7998	0.8000
	0.5	0.3017	0.1768	0.0253	0.1409	0.1365	0.8000	0.8000
		0.3421	0.1959	0.0370	0.1902	0.1905	0.8000	0.8000
	1	0.3390	0.1922	0.0346	0.1784	0.1784	0.8000	0.8000
		0.3390	0.1922	0.0346	0.1784	0.1784	0.8000	0.8000
13	0	0.0137	0.0005	0.0028	0.0053	0.0055	0.7968	0.2034
		0.0201	0.0006	0.0053	0.0092	0.0094	0.7986	0.2015
	0.5	0.0176	0.0006	0.0038	0.0071	0.0069	0.7999	0.2000
		0.0200	0.0006	0.0056	0.0096	0.0096	0.8000	0.2000
	1	0.0198	0.0006	0.0052	0.0090	0.0090	0.8000	0.2000
		0.0198	0.0006	0.0052	0.0090	0.0090	0.8000	0.2000
14	0	0.0235	0.0122	0.0089	0.0159	0.0165	0.7998	0.2002
		0.0346	0.0166	0.0171	0.0274	0.0279	0.8000	0.2001
	0.5	0.0303	0.0148	0.0122	0.0213	0.0206	0.8000	0.2000
		0.0344	0.0164	0.0179	0.0287	0.0287	0.8000	0.2000
	1	0.0341	0.0161	0.0167	0.0269	0.0269	0.8000	0.2000
		0.0341	0.0161	0.0167	0.0269	0.0269	0.8000	0.2000
15	0	0.0201	0.0036	0.0080	0.0136	0.0141	0.8000	0.2015
		0.0296	0.0049	0.0155	0.0234	0.0239	0.8000	0.2009
	0.5	0.0260	0.0043	0.0110	0.0182	0.0176	0.8000	0.2003
		0.0295	0.0048	0.0161	0.0245	0.0246	0.8000	0.2000
	1	0.0292	0.0047	0.0151	0.0230	0.0230	0.8000	0.2000
		0.0292	0.0047	0.0151	0.0230	0.0230	0.8000	0.2000
16	0	0.6395	0.7044	0.4912	0.5468	0.5700	0.8000	0.8000
		0.9407	0.9565	0.9500	0.9444	0.9629	0.8000	0.8000
	0.5	0.8249	0.8527	0.6766	0.7322	0.7090	0.8000	0.8000
		0.9351	0.9444	0.9907	0.9880	0.9898	0.8000	0.8000
	1	0.9268	0.9268	0.9268	0.9268	0.9268	0.8000	0.8000
		0.9268	0.9268	0.9268	0.9268	0.9268	0.8000	0.8000
17	0	0.0070	0.0008	0.0016	0.0037	0.0039	0.1798	0.2076
		0.0104	0.0011	0.0031	0.0064	0.0065	0.0188	0.2066
	0.5	0.0091	0.0010	0.0022	0.0050	0.0048	0.1892	0.2054
		0.0103	0.0011	0.0032	0.0067	0.0067	0.1902	0.2046
	1	0.0102	0.0011	0.0030	0.0063	0.0063	0.2000	0.2000
		0.0102	0.0011	0.0030	0.0063	0.0063	0.2000	0.2000
18	0	0.0805	0.0296	0.0213	0.0472	0.0492	0.7868	0.2032
		0.1185	0.0401	0.0411	0.0815	0.0831	0.7931	0.2019
	0.5	0.1039	0.0358	0.0293	0.0632	0.0612	0.7982	0.2008
		0.1178	0.0396	0.0429	0.0853	0.0854	0.8000	0.2000
	1	0.1167	0.0389	0.0401	0.0800	0.0800	0.8000	0.2000
		0.1167	0.0389	0.0401	0.0800	0.0800	0.8000	0.2000
19	0	0.0293	0.0090	0.0038	0.0135	0.0140	0.7841	0.2079
		0.0430	0.0123	0.0074	0.0232	0.0237	0.7985	0.2064
	0.5	0.0377	0.0109	0.0053	0.0180	0.0174	0.7992	0.2013
		0.0428	0.0121	0.0077	0.0243	0.0244	0.8000	0.2000
	1	0.0424	0.0119	0.0072	0.0228	0.0228	0.8000	0.2000
		0.0424	0.0119	0.0072	0.0228	0.0228	0.8000	0.2000

جدول ۱ - ادامه.

Table 1- Continued.

DMU	α	جذب سپرده LU	سرویس دهی به مشتریان تجاری-شرکتی LU	سرویس دهی به مشتریان خرد LU	سودآوری LU	کارایی عملیاتی LU	(β_1) LU	(β_2) LU
20	0	0.2639	0.3042	0.0210	0.1652	0.1722	0.7905	0.2009
		0.3882	0.4130	0.0406	0.2853	0.2909	0.7923	0.2005
	0.5	0.3404	0.3682	0.0289	0.2212	0.2142	0.7985	0.2000
		0.3859	0.4078	0.0423	0.2985	0.2990	0.8000	0.2000
	1	0.3825	0.4002	0.0396	0.2800	0.2800	0.8000	0.2000
		0.3825	0.4002	0.0396	0.2800	0.2800	0.8000	0.2000
21	0	0.6900	0.7600	0.5300	0.5900	0.6150	0.7962	0.6794
		1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.7986	0.6761
	0.5	0.8900	0.9200	0.7300	0.7900	0.7650	0.7992	0.6722
		1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.8000	0.6696
	1	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.8000	0.6545
		1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.8000	0.6545
22	0	0.0237	0.0227	0.0052	0.0171	0.0178	0.7991	0.7999
		0.0349	0.0309	0.0101	0.0296	0.0301	0.7998	0.8000
	0.5	0.0306	0.0275	0.0072	0.0229	0.0222	0.8000	0.8000
		0.0347	0.0305	0.0106	0.0309	0.0310	0.8000	0.8000
	1	0.0344	0.0299	0.0099	0.0290	0.0290	0.8000	0.8000
		0.0344	0.0299	0.0099	0.0290	0.0290	0.8000	0.8000
23	0	0.3371	0.3713	0.2193	0.2736	0.2852	0.2299	0.8000
		0.4959	0.5042	0.4240	0.4725	0.4818	0.2296	0.8000
	0.5	0.4349	0.4495	0.3020	0.3663	0.3547	0.2292	0.8000
		0.4930	0.4979	0.4422	0.4943	0.4952	0.2140	0.8000
	1	0.4886	0.4886	0.4137	0.4637	0.4637	0.231	0.8000
		0.4886	0.4886	0.4137	0.4637	0.4637	0.225	0.8000
24	0	0.0253	0.0208	0.0221	0.0218	0.0227	0.7687	0.2013
		0.0373	0.0283	0.0427	0.0376	0.0383	0.7676	0.2011
	0.5	0.0327	0.0252	0.0304	0.0292	0.0282	0.7662	0.2009
		0.0370	0.0279	0.0446	0.0393	0.0394	0.7350	0.2004
	1	0.0367	0.0274	0.0417	0.0369	0.0369	0.7724	0.2001
		0.0367	0.0274	0.0417	0.0369	0.0369	0.7729	0.2000
25	0	0.0153	0.0086	0.0016	0.0087	0.0090	0.8000	0.8000
		0.0225	0.0117	0.0031	0.0150	0.0153	0.8000	0.8000
	0.5	0.0198	0.0104	0.0022	0.0116	0.0112	0.8000	0.8000
		0.0224	0.0115	0.0032	0.0157	0.0157	0.8000	0.8000
	1	0.0222	0.0113	0.0030	0.0147	0.0147	0.8000	0.8000
		0.0222	0.0113	0.0030	0.0147	0.0147	0.8000	0.8000
26	0	0.4450	0.5265	0.2927	0.3811	0.3972	0.7991	0.2434
		0.6546	0.7150	0.5661	0.6582	0.6711	0.7993	0.2222
	0.5	0.5740	0.6374	0.4032	0.5103	0.4941	0.0799	0.2000
		0.6507	0.7060	0.5904	0.6885	0.6898	0.8000	0.2000
	1	0.6449	0.6928	0.5523	0.6459	0.6459	0.8000	0.2000
		0.6449	0.6928	0.5523	0.6459	0.6459	0.8000	0.2000
27	0	0.3856	0.5185	0.3616	0.4026	0.4196	0.7699	0.2000
		0.5673	0.7041	0.6994	0.6953	0.7089	0.7685	0.2000
	0.5	0.4974	0.6277	0.4981	0.5390	0.5220	0.7785	0.2000
		0.5639	0.6953	0.7294	0.7273	0.7287	0.7822	0.2000
	1	0.5589	0.6823	0.6823	0.6823	0.6823	0.8000	0.2000
		0.5589	0.6823	0.6823	0.6823	0.6823	0.8000	0.2000
28	0	0.0499	0.0036	0.0031	0.0188	0.0196	0.8000	0.2000
		0.0734	0.0050	0.0060	0.0324	0.0330	0.8000	0.2000
	0.5	0.0643	0.0044	0.0043	0.0251	0.0243	0.8000	0.2000
		0.0730	0.0049	0.0063	0.0339	0.0340	0.8000	0.2000
	1	0.0723	0.0048	0.0059	0.0318	0.0318	0.8000	0.2000
		0.0723	0.0048	0.0059	0.0318	0.0318	0.8000	0.2000
29	0	0.6571	0.7237	0.5047	0.5619	0.5857	0.8000	0.8000
		0.9666	0.9828	0.9761	0.9704	0.9894	0.8000	0.8000
	0.5	0.8475	0.8761	0.6952	0.7523	0.7285	0.8000	0.8000
		0.9609	0.9704	1.000	1.000	1.000	0.8000	0.8000
	1	0.9523	0.9523	0.9523	0.9523	0.9523	0.8000	0.8000
		0.9523	0.9523	0.9523	0.9523	0.9523	0.8000	0.8000

جدول ۱- ادامه.

Table 1- Continued.

DMU	α	جذب سپرده LU	سرویس‌دهی به مشتریان تجاری-شرکتی LU	سرویس‌دهی به مشتریان خرد LU	سودآوری LU	کارایی عملیاتی LU	(β_1) LU	(β_2) LU
30	0	0.0764	0.0238	0.0798	0.0654	0.0681	0.7990	0.2036
		0.1124	0.0323	0.1544	0.1129	0.1151	0.8000	0.2010
	0.5	0.0985	0.0288	0.1099	0.0875	0.0848	0.8000	0.2002
		0.1117	0.0319	0.1610	0.1181	0.1183	0.8000	0.2000
	1	0.1107	0.0313	0.1506	0.1108	0.1108	0.8000	0.2000
		0.1107	0.0313	0.1506	0.1108	0.1108	0.8000	0.2000
31	0	0.0215	0.0033	0.0147	0.0184	0.0192	0.7855	0.2041
		0.0317	0.0045	0.0284	0.0318	0.0324	0.7991	0.2020
	0.5	0.0278	0.0040	0.0202	0.0246	0.0239	0.8000	0.2000
		0.0315	0.0045	0.0296	0.0333	0.0333	0.8000	0.2000
	1	0.0312	0.0044	0.0277	0.0312	0.0312	0.8000	0.2000
		0.0312	0.0044	0.0277	0.0312	0.0312	0.8000	0.2000
32	0	0.1698	0.2269	0.1582	0.1761	0.1836	0.2000	0.2000
		0.2498	0.3081	0.3060	0.3042	0.3101	0.2000	0.2000
	0.5	0.2190	0.2746	0.2179	0.2358	0.2284	0.2000	0.2000
		0.2483	0.3042	0.3191	0.3182	0.3188	0.2000	0.2000
	1	0.2461	0.2985	0.2985	0.2985	0.2985	0.2000	0.2000
		0.2461	0.2985	0.2985	0.2985	0.2985	0.2000	0.2000
33	0	0.1085	0.0392	0.1334	0.1092	0.1138	0.7885	0.2000
		0.1597	0.0533	0.2580	0.1885	0.1922	0.7899	0.2000
	0.5	0.1400	0.0475	0.1837	0.1462	0.1415	0.7952	0.2000
		0.1587	0.0526	0.2691	0.1972	0.1976	0.7990	0.2000
	1	0.1573	0.0516	0.2517	0.1850	0.1850	0.8000	0.2000
		0.1573	0.0516	0.2517	0.1850	0.1850	0.8000	0.2000
34	0	0.1049	0.0008	0.0103	0.0294	0.0306	0.2025	0.7999
		0.1544	0.0011	0.0199	0.0507	0.0517	0.2011	0.8000
	0.5	0.1354	0.0010	0.0142	0.0393	0.0381	0.2000	0.8000
		0.1535	0.0011	0.0207	0.0531	0.0532	0.2000	0.8000
	1	0.1521	0.0011	0.0194	0.0498	0.0498	0.2000	0.8000
		0.1521	0.0011	0.0194	0.0498	0.0498	0.2000	0.8000
35	0	0.0384	0.0263	0.0093	0.0231	0.0240	0.7995	0.7999
		0.0565	0.0357	0.0180	0.0398	0.0406	0.7998	0.8000
	0.5	0.0496	0.0318	0.0128	0.0309	0.0299	0.8000	0.8000
		0.0562	0.0353	0.0188	0.0417	0.0418	0.8000	0.8000
	1	0.0557	0.0346	0.0176	0.0391	0.0391	0.8000	0.8000
		0.0557	0.0346	0.0176	0.0391	0.0391	0.8000	0.8000
36	0	0.0248	0.0272	0.0152	0.0214	0.0223	0.8000	0.8000
		0.0364	0.0369	0.0293	0.0369	0.0376	0.8000	0.8000
	0.5	0.0320	0.0329	0.0209	0.0286	0.0277	0.8000	0.8000
		0.0362	0.0365	0.0306	0.0386	0.0387	0.8000	0.8000
	1	0.0359	0.0358	0.0286	0.0362	0.0362	0.8000	0.8000
		0.0359	0.0358	0.0286	0.0362	0.0362	0.8000	0.8000
37	0	0.0439	0.0131	0.0104	0.0204	0.0212	0.7995	0.2001
		0.0646	0.0178	0.0202	0.0352	0.0358	0.7999	0.2000
	0.5	0.0566	0.0158	0.0144	0.0273	0.0264	0.8000	0.2000
		0.0642	0.0175	0.0211	0.0368	0.0368	0.8000	0.2000
	1	0.0636	0.0172	0.0197	0.0345	0.0345	0.8000	0.2000
		0.0636	0.0172	0.0197	0.0345	0.0345	0.8000	0.2000
38	0	0.5192	0.4881	0.0864	0.3039	0.3167	0.8000	0.8000
		0.7637	0.6629	0.1672	0.5248	0.5351	0.8000	0.8000
	0.5	0.6696	0.5909	0.1191	0.4069	0.3940	0.8000	0.8000
		0.7592	0.6545	0.1744	0.5490	0.5500	0.8000	0.8000
	1	0.7524	0.6423	0.1631	0.5150	0.5150	0.8000	0.8000
		0.7524	0.6423	0.1631	0.5150	0.5150	0.8000	0.8000
39	0	0.0364	0.0215	0.0307	0.0284	0.0296	0.8000	0.8000
		0.0536	0.0292	0.0595	0.0490	0.0500	0.8000	0.8000
	0.5	0.0470	0.0260	0.0423	0.0380	0.0368	0.8000	0.8000
		0.0533	0.0288	0.0620	0.0513	0.0514	0.8000	0.8000
	1	0.0528	0.0283	0.0580	0.0481	0.0481	0.8000	0.8000
		0.0528	0.0283	0.0580	0.0481	0.0481	0.8000	0.8000

جدول ۱ - ادامه.

Table 1- Continued.

DMU	α	جذب سپرده LU	سرویس دهی به مشتریان تجاری-شرکتی LU	سرویس دهی به مشتریان خرد LU	سودآوری LU	کارایی عملیاتی LU	(β_1) LU	(β_2) LU
40	0	0.1072	0.1268	0.0774	0.1013	0.1056	0.7990	0.2200
		0.1576	0.1721	0.1497	0.1750	0.1784	0.7999	0.2158
	0.5	0.1382	0.1535	0.1066	0.1356	0.1314	0.8000	0.2100
		0.1567	0.1700	0.1561	0.1830	0.1834	0.8000	0.2000
	1	0.1553	0.1668	0.1460	0.1717	0.1717	0.8000	0.2000
		0.1553	0.1668	0.1460	0.1717	0.1717	0.8000	0.2000
41	0	0.1360	0.3180	0.0164	0.1707	0.1779	0.8000	0.2000
		0.2001	0.4318	0.0317	0.2948	0.3006	0.8000	0.2000
	0.5	0.1754	0.3849	0.0226	0.2285	0.2213	0.8000	0.2000
		0.1989	0.4263	0.0330	0.3084	0.3090	0.8000	0.2000
	1	0.1971	0.4184	0.0309	0.2893	0.2893	0.8000	0.2000
		0.1971	0.4184	0.0309	0.2893	0.2893	0.8000	0.2000
42	0	0.4382	0.7600	0.5300	0.5900	0.6150	0.8000	0.2000
		0.6446	1.0000	1.0000	1.0000	0.8536	0.8000	0.2000
	0.5	0.5652	0.9200	0.7300	0.7900	0.7650	0.8000	0.2000
		0.6408	1.0000	1.0000	1.0000	0.6325	0.8000	0.2000
	1	0.6351	1.0000	1.0000	1.0000	0.5581	0.8000	0.2000
		0.6351	1.0000	1.0000	1.0000	0.7412	0.8000	0.2000
43	0	0.0482	0.0302	0.0126	0.0263	0.0274	0.7929	0.7444
		0.0709	0.0411	0.0243	0.0453	0.0462	0.7948	0.7665
	0.5	0.0622	0.0366	0.0173	0.0352	0.0340	0.7999	0.7800
		0.0705	0.0406	0.0253	0.0474	0.0475	0.8000	0.7951
	1	0.0699	0.0398	0.0237	0.0445	0.0445	0.8000	0.8000
		0.0699	0.0398	0.0237	0.0445	0.0445	0.8000	0.8000
44	0	0.0181	0.0045	0.0153	0.0125	0.0130	0.7800	0.2100
		0.0267	0.0061	0.0296	0.0216	0.0220	0.7890	0.2050
	0.5	0.0234	0.0054	0.0211	0.0167	0.0162	0.7990	0.2022
		0.0265	0.0060	0.0309	0.0226	0.0226	0.8000	0.2000
	1	0.0263	0.0059	0.0289	0.0212	0.0212	0.8000	0.2000
		0.0263	0.0059	0.0289	0.0212	0.0212	0.8000	0.2000
45	0	0.0388	0.0125	0.0397	0.0327	0.0341	0.8000	0.7992
		0.0571	0.0169	0.0768	0.0565	0.0576	0.8000	0.7999
	0.5	0.0501	0.0151	0.0547	0.0438	0.0424	0.8000	0.8000
		0.0568	0.0167	0.0801	0.0591	0.0592	0.8000	0.8000
	1	0.0563	0.0164	0.0749	0.0554	0.0554	0.8000	0.8000
		0.0563	0.0164	0.0749	0.0554	0.0554	0.8000	0.8000
46	0	0.6900	0.7600	0.5300	0.5900	0.6150	0.200	0.200
		1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.200	0.200
	0.5	0.8900	0.9200	0.7300	0.7900	0.7650	0.200	0.200
		1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.200	0.200
	1	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.200	0.200
		1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.200	0.200
47	0	0.0441	0.0052	0.0199	0.0327	0.0341	0.8000	0.2000
		0.0649	0.0071	0.0384	0.0565	0.0576	0.8000	0.2000
	0.5	0.0569	0.0063	0.0274	0.0438	0.0424	0.8000	0.2000
		0.0645	0.0070	0.0401	0.0591	0.0592	0.8000	0.2000
	1	0.0639	0.0069	0.0375	0.0554	0.0554	0.8000	0.2000
		0.0639	0.0069	0.0375	0.0554	0.0554	0.8000	0.2000
48	0	0.0746	0.1110	0.0175	0.0640	0.0667	0.8000	0.2000
		0.1097	0.1508	0.0339	0.1105	0.1126	0.8000	0.2000
	0.5	0.0962	0.1344	0.0242	0.0856	0.0829	0.8000	0.2000
		0.1091	0.1489	0.0354	0.1156	0.1158	0.8000	0.2000
	1	0.1081	0.1461	0.0331	0.1084	0.1084	0.8000	0.2000
		0.1081	0.1461	0.0331	0.1084	0.1084	0.8000	0.2000
49	0	0.6395	0.7044	0.4912	0.5468	0.5700	0.8000	0.8000
		0.9407	0.9565	0.9500	0.9444	0.9629	0.8000	0.8000
	0.5	0.8249	0.8527	0.6766	0.7322	0.7090	0.8000	0.8000
		0.9351	0.9444	0.9907	0.9880	0.9898	0.8000	0.8000
	1	0.9268	0.9268	0.9268	0.9268	0.9268	0.8000	0.8000
		0.9268	0.9268	0.9268	0.9268	0.9268	0.8000	0.8000
50	0	0.0098	0.0005	0.0027	0.0059	0.0062	0.8000	0.2000
		0.0144	0.0007	0.0052	0.0102	0.0104	0.8000	0.2000
	0.5	0.0126	0.0006	0.0037	0.0079	0.0077	0.8000	0.2000
		0.0143	0.0007	0.0055	0.0107	0.0107	0.8000	0.2000
	1	0.0142	0.0007	0.0051	0.0100	0.0100	0.8000	0.2000
		0.0142	0.0007	0.0051	0.0100	0.0100	0.8000	0.2000