نشریـه علمـی دانش مالی تحلیل اوراق بهادار
دوره ۱۶ / شماره ۵۸ / تابستان ۱۴۰۲
صفحه ۵۴ تا ۷۵

بکارگیری مدل تحلیل پوششی داده‌های فازی شبکه‌ای با ورودی غیر اختیاری–خروجی نامطلوب به‌منظور ارزیابی عملکرد شعب بانک

حسن امینی جاوید[۱]
محمد ابراهیم محمدپورزرندی*[۲]
میرفیض فلاح شمس[۳]
نقی شجاع[۴]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۷/۱۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۰/۱۱

چکیده

مسئله ارزیابی کارایی یکی از مهم‌ترین چالش‌های پیش روی مدیران در صنعت پویا و حیاتی بانکداری به شمار می‌رود. به دلیل نقش بسیار مهم و اساسی بانک‌ها در اکثر فعالیت‌های اقتصادی، بررسی کارایی بانک از جایگاه برخوردار است. مدل‌های مبتنی بر تحلیل پوششی داده‌ها کاربردهای وسیعی در حوزه سنجش و ارزیابی کارایی بانک‌ها داشته‌اند .در این پژوهش سعی شد تا با اضافه کردن مفروضات دیگری به مدل سنتی تحلیل پوششی داده‌ها، از مدلی استفاده نمود که با شرایط واقعی مرتبط با واحدهای تصمیم‌گیری منطبق‌تر بوده و میزان کارایی را به‌صورت دقیق‌تری محاسبه نماید. در طراحی مدل تحلیل پوششی داده‌ها در پژوهش حاضر، به شبکه‌ای بودن و روابط داخلی هر واحد تصمیم‌گیری، ستانده نامطلوب، ورودی غیراختیاری و برخورداری متغیرها از ماهیت فازی توجه شده است. پس از توسعه مدل با مفروضات ذکرشده، ابتدا بر اساس مرور مطالعات پیشین و نیز بررسی‌های میدانی و کسب نظر از خبرگان این صنعت، شاخص‌هایی به‌عنوان ورودی و خروجی در نظر گرفته شدند. پس از شناسایی شاخص‌ها، به‌منظور غربالگری اولیه شاخص‌های شناسایی‌شده از ادبیات تحقیق، از روش دلفی فازی استفاده شد. پس از تائید اولیه شاخص‌ها، از تکنیک تحلیل عاملی تاییدی به نهایی سازی شاخص‌ها اقدام شد. در نهایت نیز مدل پژوهش با استفاده از داده‌های جمع‌آوری‌شده توسط نرم‌افزار گمز و با رویکرد برش آلفا حل شد. نتایج حاکی از آن است که از بین ۳۸ شعبه مورد بررسی، ۸ شعبه کارا و ۳۰ شعبه دیگر ناکارا هستند.

کلیدواژگان: ارزیابی عملکرد، تحلیل پوششی داده‌ای شبکه‌ای، تئوری فازی، ورودی غیر اختیاری، خروجی نامطلوب.

[۱] دانشجوی دکتری مدیریت صنعتی، گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت و اقتصاد، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاداسلامی، تهران،ایران. *Hasan.aminijavid@gmail.com*
[۲] استاد گروه مدیریت، دانشکده مدیریت و حسابداری، واحد تهران مرکز، دانشگاه آزاداسلامی، تهران، ایران (نویسنده مسئول) *pourzarandi@yahoo.com*
[۳] دانشیار گروه مدیریت، دانشکده مدیریت و حسابداری، واحد تهران مرکز، دانشگاه آزاداسلامی، تهران،ایران *fallahshams@gmail.com*
[۴] دانشیار گروه ریاضی، واحد فیروزکوه، دانشگاه آزاد اسلامی، فیروزکوه، ایران *nashoja@gmail.com*

۱- مقدمه:

با توجه به اینکه صنعت بانکداری در ارتباط تنگاتنگی با مسائل اقتصادی کشور است و رونق و رکود آن تأثیر بسزایی در رونق و رکود اقتصاد کشور دارد، لذا همواره نظام بانکی کشور نیز همانند سایر بخش‌ها، افزایش کارایی عملکرد خود را مدنظر قرار داده و در تلاش است تا از این طریق به رشد و ارتقای بازدهی‌های سیستم خود کمک نموده و درعین‌حال سهم خود را در اقتصاد کشور ایفا نماید. بر این اساس ارزیابی مداوم عملکرد شعب تحت سرپرستی بانک‌ها از لحاظ کارایی، مقوله مهم مورد بررسی بانک‌ها است (سبحانی و کارجو، ۱۳۹۱). در شرایط فعلی و با توجه به گستردگی شعب بانک‌ها در سراسر کشور و تأسیس مؤسسات مالی و اعتباری جدید و در نهایت خصوصی‌سازی بانک‌ها در ایران، وضعیت بسیار نوینی به وجود آمده است که دامنه رقابت را بسیار گسترده و سرنوشت‌ساز نموده است؛ به شکلی که بانک‌های با سابقه، با ساختارهای موجود و احتمالاً بدنه ناکارآمد نمی‌توانند در این میدان، رقابت نمایند. به این منظور لازم است هر یک از بانک‌ها از کارایی فعالیت‌های اقتصادی خود اطلاع داشته باشند و علل کارایی و ناکارایی شعب خود را بررسی و شناسایی نمایند (گویال و همکاران، ۲۰۱۸). از طرفی به دلیل خدماتی بودن فعالیت بانک‌ها و تنوع زیاد خدمات ارائه‌شده، ارزیابی آن‌ها مشکلات و روش‌های خاصی دارد که نیازمند دقت بیشتر و استفاده از روش‌های مناسب و دقیق‌تر دارد (هنریکوییز و همکاران، ۲۰۲۰).

امروزه استفاده از تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها با سرعت زیادی در حال گسترش بوده و در ارزیابی سازمان‌ها و صنایع مختلف مانند صنعت بانکداری، پست، بیمارستان‌ها، مراکز آموزشی، نیروگاه‌ها، پالایشگاه‌ها و ... استفاده می‌شود. توسعه‌های زیادی از جنبه تئوری و کاربردی در مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها اتفاق افتاده که شناخت جوانب مختلف آن برای به‌کارگیری دقیق‌تر را اجتناب‌ناپذیر می‌کند (وانکه و همکاران، ۲۰۱۸).

استفاده از مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها علاوه بر تعیین میزان کارایی نسبی، نقاط ضعف سازمان را در شاخص‌های مختلف تعیین کرده و با ارائه میزان مطلوب آن‌ها، خط‌مشی سازمان را به‌سوی ارتقای کارایی و بهره‌وری مشخص می‌کند. هم‌چنین الگوهای کارا که ارزیابی واحدهای ناکارا بر اساس آن‌ها انجام گرفته است، به واحدهای ناکارا معرفی می‌شوند. الگوهای کارا، واحدهایی هستند که با ورودی‌های مشابه واحد ناکارا، خروجی‌های بیشتر یا همان خروجی‌ها را با استفاده از ورودی‌های کمتر تولید کرده‌اند. وجود این تنوع وسیع در نتایج است که موجب شده استفاده از این تکنیک با سرعت فزاینده‌ای رو به گسترش باشد. همین امر موجب شده است که این تکنیک از بعد تئوری نیز رشد فزاینده‌ای داشته باشد و به یکی از شاخه‌های فعال در علم تحقیق در عملیات تبدیل شود (جهانگیری، ۱۳۹۷).

با توجه به اینکه رشد سیستم بانکداری به‌موازات رشد بازارها افزایش یافته و موجب رقابت شدید بین بانک‌های دولتی و خصوصی گردیده لذا برای حفظ مشتریان و سهم بازار نیاز است تا عوامل مؤثر در ارزیابی عملکرد شناسایی و با مدنظر قرار دادن خواسته مشتریان نسبت به از بین بردن نقاط ضعف و ارتقاء نقاط قوت اقدام نمود که در این مسیر داشتن ابزار اندازه‌گیری مناسب برای رسیدن به نتایج واقعی نیاز است. با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها می‌توان هم‌زمان چندین نهاده و ستانده را وارد مدل کرد. این روش نیازی به شناخت فرم تابعی مربوط به نهاده‌ها و ستانده‌ها ندارد (ابراهیم نژاد و همکاران، ۲۰۱۴). همچنین از فروض کمتری در مدل استفاده کرده و از پیچیدگی کمتری برخوردار است. و با توجه به مدل‌های گوناگون این روش، ساختار انعطاف‌پذیرتری در محاسبه کارایی واحدهای مورد بررسی دارد (تی سولاس و همکاران، ۲۰۲۰). به‌طور معمول در ارزیابی عملکرد بانک‌ها با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها از مدل‌های یک مرحله‌ای استفاده می‌شود ولی باید در نظر داشت که سیستم عملیاتی صنعت بانکداری بسیار پیچیده است و بانک‌ها مجموعه‌ای از خدمات و تولیدات مالی را از طریق کانال‌های انتقالی مختلف به مشتری‌های گوناگون ارائه می‌دهند. پیچیده بودن ساختار فعالیت بانک‌ها باعث شده است که مدل‌هایی مثل تحلیل پوششی داده‌های معمولی، تحلیل مرزی تصادفی و دیگر تحلیل‌های اقتصادسنجی ارزیابی جامع و کاملی را در اختیار قرار ندهند. یکی از انواع روش‌های تحلیل پوششی داده‌ها،

تحلیل پوششی با ساختار شبکه‌ای است که با فرض روابط درون‌شبکه‌ای در نقل و انتقالات بین‌بانکی روی کار آمده است (وانکه و همکاران، ۲۰۱۹). در این نوع از مدل تحلیل پوششی داده‌ها، ساختار درونی واحدهای تصمیم‌گیری نیز مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. مدل تحلیل پوششی داده‌ای هیچ‌گونه فرضیاتی را در مورد فرآیندهای داخلی واحدهای تصمیم‌گیری در نظر نمی‌گیرد. در واقع تحلیل پوششی داده‌ها با واحدهای تصمیم‌گیری مثل یک جعبه سیاه (بدون در نظر گرفتن فرآیندهای داخلی آن‌ها) که در آن‌ها ورودی‌ها برای تولید خروجی‌ها استفاده می‌شوند، رفتار می‌کند؛ اما در بعضی از موارد، واحدهای تصمیم‌گیری شامل دو یا تعداد بیشتری مرحله می‌باشند و نمی‌توان مثل جعبه سیاه با آن‌ها رفتار کرد، زیرا خروجی یک مرحله ورودی مرحله بعد است. لذا این مراحل با هم در ارتباط و وابسته می‌باشند (میرمحمدصادقی و همکاران، ۱۳۹۵). لذا به‌منظور برطرف نمودن این مشکل مدل‌های مختلفی تحت عنوان تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای ارائه گردید همچنین باید در نظر داشت که در دنیای واقعی، به دلیل افزایش پیچیدگی‌های اجتماعی اقتصادی و ابهام ذاتی موجود- در نحوۀ تفکر انسان، امکان تعیین دقیق بسیاری از مؤلفه‌ها وجود ندارد؛ به همین دلیل در بسیاری از پژوهش‌ها به نظریه مجموعه‌های فازی توجه خاصی شده است. مبنای مدل‌های رایج تحلیل پوششی داده‌ها بر اساس این فرض استوار است که کاهش میزان ورودی‌ها با افزایش خروجی‌ها، بهبود کارایی را به همراه خواهد داشت؛ اما باید به این نکته توجه کرد که در دنیای واقعی، عامل‌های نامطلوب (بد) نیز می‌توانند در فرآیند مورد بررسی دخیل باشند. راه‌های مختلفی برای برخورد با نهاده و ستانده نامطلوب استفاده می‌شود که یکی از این راه‌ها این است که نهاده نامطلوب در فرم ستانده مطلوب و ستانده نامطلوب در فرم نهاده مطلوب نوشته شود (وانگ و همکاران، ۲۰۱۵).

با توجه به موارد پیش‌گفته، آنچه باید مورد توجه قرار گیرد آن است که تحلیل پوششی داده‌های سنتی، با یکسری از نواقص روبرو است: تحلیل پوششی داده‌های سنتی، روابط داخلی بخش‌های مختلف واحدهای تصمیم‌گیری را در محاسبه کارایی مدنظر قرار نداده (بحث در نظر گرفتن روابط شبکه‌ای)، نمی‌تواند با خروجی‌هایی که بار ارزشی منفی دارند برخورد نماید (بحث در نظر نگرفتن خروجی نامطلوب)، ورودی‌هایی که غیراختیاری بوده و واحدهای تصمیم‌گیری کنترلی بر روی آن‌ها ندارند را نیز در نظر نمی‌گیرد (بحث در نظر نگرفتن ورودی‌های غیر اختیاری) و همچنین در رویکرد سنتی تحلیل پوششی داده‌ها، داده‌ها را قطعی در نظر گرفته می‌شوند (بحث در نظر نگرفتن عدم قطعیت در داده‌ها). برای بررسی سیستم‌های پیچیده امروزی باید مدلی توسعه یابد که بتواند تمامی این ویژگی‌ها را در بر داشته باشد که این تحقیق به دنبال دستیابی به این مهم است. بنابراین مسئله اصلی این تحقیق که محقق به دنبال پاسخگویی به آن است این است چگونه می‌توان مدلی از تحلیل پوششی داده‌ها را به‌منظور ارزیابی شعب بانک توسعه داد که هم‌زمان بحث شبکه‌ای بودن روابط بین اجزای واحد تصمیم‌گیری، عدم قطعیت در داده‌ها، ورودی‌های غیراختیاری و خروجی‌های نامطلوب را در نظر بگیرد و به از طریق آن بتوان به مقایسه کارایی واحدهای مورد بررسی اقدام نمود؟

۲- مبانی نظری و پیشینه تحقیق

تحلیل پوششی داده‌ها[5] یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی، برای ارزیابی کارایی آن دسته از واحدهای تصمیم‌گیری[6] است که از چندین نهاده و چندین ستانده بهره‌مند هستند. مدل‌های سنتی تحلیل پوششی داده‌ها، برای اندازه‌گیری کارایی واحد تصمیم گیر در مقایسه با دیگر واحدها به‌صورت یک کل واحد و بدون توجه به ساختار درونی هر واحد تصمیم‌گیرنده مورداستفاده قرار می‌گیرند (واسیاتوراهما و همکاران،۲۰۲۰). در مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ای دومرحله‌ای، تمامی خروجی‌های مرحله اول به‌عنوان ورودی مرحله دوم در نظر گرفته می‌شوند. در صورتی که در بسیاری از مسائل، ممکن است مرحله دوم ورودی مستقل داشته باشد. به دلیل همین نیاز، مدل‌های تحلیل پوششی شبکه‌ها

5 DEA: Data Envelopment Analysis

6 DMU: Decision Making Unit

شکل گرفتند (کونگ و همکاران، ۲۰۱۷). روند تولید خروجی نهایی در مدل شبکه پایه‌ای به این صورت است که خروجی مرحله اول به‌عنوان ورودی مرحله دوم در نظر گرفته می‌شود و خروجی مرحله دوم به‌عنوان ورودی مرحله سوم در نظر گرفته شود و این روند تا تولید خروجی نهایی واحد تصمیم‌گیری ادامه می‌یابد. به علت عدم اطمینان موجـود در قضـاوت و تفکـر انسانی، مدل‌های تحلیل پوششی داده فازی می‌توانند نقش مهم‌تری برای ارزیابی کارایی در مسائل واقعی ایفا کنند (کائو،۲۰۱۴). تحلیل پوششی داده‌ای فازی مفهوم تئوری مجموعه‌های فـازی را بـرای نشان دادن "داده‌های نامطمئن "به کار می‌برد و این داده‌ها را با نگرش و رویکرد تحلیل پوششی داده‌ای تحلیـل می‌کند. مبنای مدل‌های رایج تحلیل پوششی داده‌ها بر اساس این فرض استوار است که کاهش میزان ورودی‌ها با افزایش خروجی‌ها، بهبود کارایی را به همراه خواهد داشت؛ اما باید به این نکته توجه کرد که در دنیای واقعی، عامل‌های نامطلوب (بد) نیز می‌توانند در فرآیند مورد بررسی دخلیل باشند (الفت و پیشدار، ۲۰۱۷). بنابراین واحدهای تصمیم‌گیرنده، همیشه به دنبال حداکثر ساختن خروجی‌ها و یا به حداقل رساندن ورودی‌ها نیستند؛ خروجی‌های مطلوب باید افزایش و خروجی‌های نامطلوب باید کاهش یابند (سجادی فر و همکاران، ۱۳۹۴). در ادامه به بررسی مطالعات صورت گرفته داخلی و خارجی در خصوص به‌کارگیری مدل تحلیل پوششی داده‌ها و به‌خصوص در بانک‌ها اشاره می‌شود.

۲-۱- مطالعات داخلی:

معظمی گودرزی و همکاران (۱۳۹۳) در پژوهش خود به بررسی کاربرد تحلیل پوششی داده‌ها در ارزیابی کارایی نسبی و رتبه‌بندی شعب بانک استان لرستان و مقایسه نتایج آن با روش تاپسیس پرداختند. در این تحقیق، از مدل BCC با ماهیت ورودی و با فرم پوششی استفاده شد. ژیانی رضایی و همکاران (۱۳۹۵) در پژوهشی به بررسی کارایی شعب بانک سپه ایران با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ای پنجره‌ای پرداختند. به‌منظور تجزیه‌وتحلیل تغییرات کارایی در طی زمان از روش تجزیه‌وتحلیل پوششی داده‌ها پنجره‌ای مبتنی بر مدل ورودی گرا تحت فرض بازده غیر کاهشی نسبت به مقیاس ($NDRS$) استفاده شد. غیوری مقدم و همکاران (۱۳۹۶) در پژوهش خود به تعیین کارایی هزینه و سود بانک‌ها با استفاده از تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها و بررسی عوامل تعیین‌کننده آن پرداختند. هدف از پژوهش آن‌ها محاسبه کارایی هزینه و سود بانک‌های تجاری ایران و بررسی رابطه بین کارایی هزینه و سود با متغیرهای اندازه، نسبت کفایت سرمایه، نسبت هزینه به سود و سودآوری بود. تقوی فرد و همکاران (۱۳۹۵) در پژوهش خود به سنجش کارایی مدیریت شعب بانک با استفاده از تحلیل پوششی داده‌های سه مرحله‌ای پرداختند. هدف این پژوهش بررسی تأثیر متغیرهای محیطی بر کارایی شعب بانک بود.

پورکاظمی و همکاران (۱۳۹۶) در مطالعه‌ای به ارزیابی پتانسیل رشد شعبه بانک با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها در شعب درجه یک بانک اقتصاد نوین تهران پرداختند. معمارپور و واعظی (۱۳۹۶) در پژوهش خود به ارزیابی کارایی و رتبه‌بندی شعب یک بانک خصوصی با استفاده از رویکرد تحلیل پوششی دومرحله‌ای و تکنیک رتبه‌بندی بردا پرداختند. هدف از این مقاله، بررسی کارایی و رتبه‌بندی ۱۲۱ شعبه بانک شهر در استان تهران بوده است. احد زاده نمین و همکاران (۱۳۹۸) در پژوهش خود به ارزیابی عملکرد شعب بانک با استفاده از رویکرد کنترل وزن در تحلیل پوششی داده‌ها پرداختند. در این مقاله به ارزیابی عملکرد شعب درجه ۱ یک بانک تجاری در ایران با استفاده از مدل محدودیت وزنی در تحلیل پوششی داده‌ها پرداخته شد.

۲-۲- مطالعات خارجی:

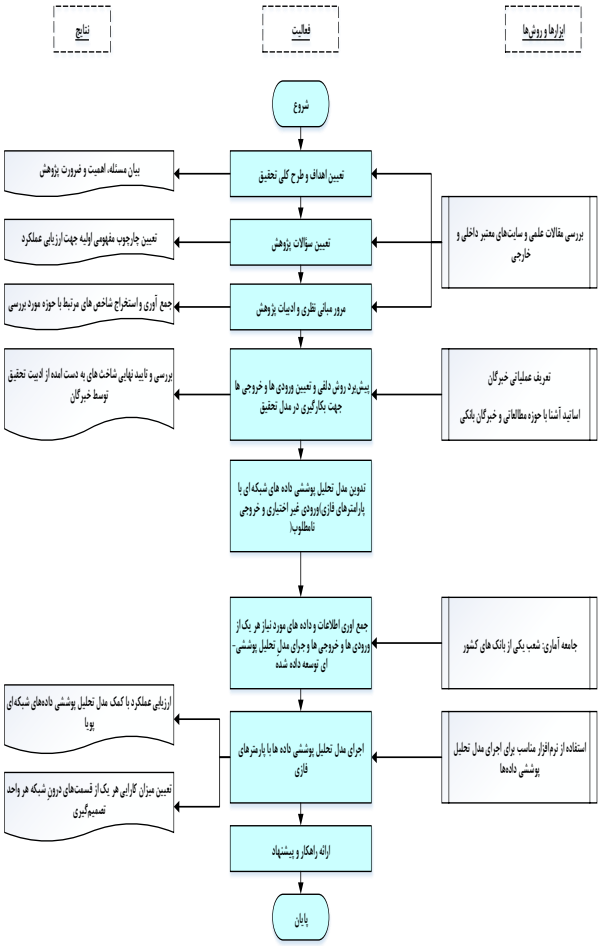
اولین مطالعه در مورد واحدهای بانکی از طریق تحلیل پوششی داده‌ها توسط شرمان و گلد در سال ۱۹۸۵ انجام شد. آن‌ها ۱۴ شعبه بانک سپرده در ایالات‌متحده را بررسی کردند و نتیجه گرفتند که فقط ۶ مورد به‌طور کامل کارایی دارند. هادیان و همکاران (۲۰۰۴) در پژوهش خود با استفاده از روش تجزیه‌وتحلیل پوشش داده‌ها، به محاسبه کارایی فنی، اختصاصی و اقتصادی بانک‌ها در اقتصاد ایران پرداختند. در این مطالعه، کارایی ۱۰ بانک در کشور طی دوره (۱۹۹۷-۱۹۹۹) بررسی شده است. چن و همکاران

(۲۰۱۳) در پژوهش خود به تجزیه‌وتحلیل عملکرد تجاری بانک و ریسک بازار با استفاده از تحلیل پوششی داده‌های فازی پرداختند. پوری و یاداو (۲۰۱۴) در پژوهش خود به ارائه مدل DEA فازی با خروجی‌های نامطلوب و کاربرد آن در بخش بانکی در هند پرداختند. نتایج به‌دست‌آمده از روش پیشنهادی نه‌تنها تأثیر خروجی نامطلوب بر عملکرد بانک‌های بخش دولتی را نشان داد بلکه به‌طور مؤثر تجزیه‌وتحلیل اثرات عدم وجود عدم اطمینان در داده‌ها در مورد نتایج کارایی را نشان داد. لوزانو و مورنو (۲۰۱۴) در پژوهش خود از تحلیل پوششی داده‌های فازی شبکه‌ای استفاده کردند. با استفاده از رویکرد تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای می‌توان فرآیندهای مرتبط با هم که در آن‌ها خروجی یک فرآیند به‌عنوان ورودی فرآیند دیگر مورد استفاده قرار می‌گیرد را مورد ارزیابی قرار داد. خلیلی دامغانی و همکاران (۲۰۱۶)، در مطالعه "ارائه یک رویکرد ترکیبی مبتنی بر چند معیار تجزیه‌وتحلیل رضایت و تجزیه‌وتحلیل پوشش داده سه مرحله‌ای برای ارزیابی کارایی خدمات شعب بانک ملی ایران " یک تحلیل پوششی داده‌ها شبکه‌ای سه مرحله‌ای را اعمال کرد. در تحقیق دیگر، پوری و یاداو (۲۰۱۷) به ارائه مدل‌های تحلیل پوششی داده‌های بهبودیافته با در نظر گرفتن خروجی‌های نامطلوب و داده‌های غیرقطعی برای صنعت بانکی در هند پرداختند. وانکه و همکاران (۲۰۱۸) در پژوهش خود به ارزیابی در بانکداری تحت ابهام داده‌ها با بکارگیری رویکرد فازی دومرحله‌ای پرداختند. این مطالعه با استفاده از رویکرد فازی دومرحله‌ای یکپارچه، سطح کارایی صنعت بانکداری در کشورهای $BRICS$ (برزیل، روسیه، هند، چین و آفریقای جنوبی) را تحلیل نموده است. ژو و همکاران (۲۰۱۹) در پژوهش خود ارزیابی کارایی سیستم‌های بانکی تحت عدم اطمینان با استفاده از یک مدل تحلیل پوششی داده‌های سه مرحله‌ای چند دوره‌ای را مورد بررسی قرار دادند. محتشمی و محمدخانی قیاسوند (۲۰۲۰) در پژوهش خود به ارائه رویکرد یکپارچه تحلیل پوششی داده‌ها برای ارزیابی بانک‌ها و مؤسسات مالی پرداختند. هدف از این مطالعه ارزیابی کارایی و اثربخشی بانک‌ها، مؤسسات مالی و اعتباری فعال در سازمان‌های بورس و سهام با استفاده از مدل جدید تحلیل پوششی داده‌های فازی است که نسخه اصلاح‌شده، بهبودیافته و پیشرفته مدل اندازه‌گیری راسل است. در این پژوهش، به‌منظور کارایی بیشتر، از تئوری اعداد Z استفاده شده که از طریق آن می‌توان محاسبات عدم اطمینان در روند تصمیم‌گیری را با دقت بیشتری نشان داد. تی سولاس و همکاران (۲۰۲۰)، در پژوهش خود از رویکرد شبکه عصبی مصنوعی و تحلیل پوششی داده‌ها برای ارزیابی عملکرد شعب بانکی استفاده نمودند. هدف این مقاله، توسعه یک روش عملی برای پشتیبانی از معیارهای عملکرد بهتر، با کاربرد در بخش بانکی است.

بر اساس مطالعات موجود در زمینه مورد پژوهش می‌توان به این نتیجه دست یافت که بحث ارزیابی عملکرد به موضوع بسیار مهمی در تحقیقات تبدیل شده است و استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها نیز به‌عنوان روشی کارا برای ارزیابی عملکرد به تعدد مورد استفاده قرار گرفته است؛ اما باید در نظر داشت که هر یک از مقالات موجود در این زمینه، ویژگی و مفروضات خاصی را مورد بررسی قرار داده‌اند و کمبود مدلی که هم‌زمان مفروضاتی از جمله در نظر گرفتن روابط درونی بین واحدهای تصمیم‌گیری (شبکه‌ای بودن)، غیرقطعی بودن داده‌های در اختیار، غیر اختیاری بودن برخی ورودی‌های سیستم مورد بررسی و نامطلوب بودن برخی ستانده‌های بررسی مورد سیستم که منجر به واقعی‌تر شدن و جامع‌تر شدن ابزار مورد استفاده برای ارزیابی عملکرد می‌شود را به‌صورت هم‌زمان در نظر بگیرد احساس می‌شود.

۳- روش‌شناسی پژوهش

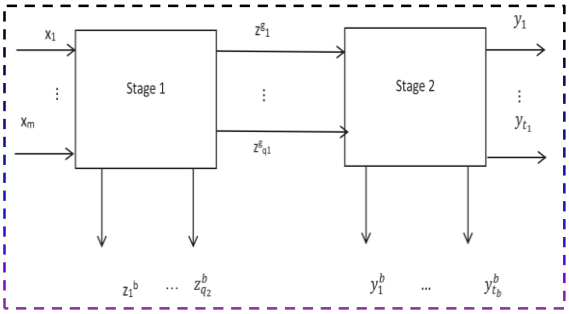
در این تحقیق ابتدا با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای شامل بررسی کتب، مقالات و نشریات معتبر مرتبط با موضوع و نیز مصاحبه‌های میدانی با خبرگان به شناسایی متغیرهای مورد استفاده در تحقیق به‌عنوان ورودی‌های و خروجی‌های شعب، اقدام می‌شود. پس از جمع‌آوری اولیه متغیرها از طریق پرسشنامه و مصاحبه با خبرگان، با استفاده از روش تحلیل عاملی تاییدی متغیرها نهایی می‌شوند و به‌منظور پیاده‌سازی مدل تحقیق مورد استفاده قرار می‌گیرند. شکل زیر مراحل و روش انجام پژوهش را به تصویر کشیده است.



شکل ۱: زیر مراحل و روش انجام پژوهش

۳-۱- مدل پژوهش:

در این بخش، مدل تحلیل پوششی داده شبکه‌ای دومرحله‌ای را بررسی می‌کنیم. ابتدا n واحد تصمیم‌گیرنده $(DMUj, j = 1,2, \dots, n)$ را مطابق شکل زیر در نظر بگیرید و ساختار ورودی و خروجی هر یک از این واحدها را مشخص می‌کنیم.



شکل ۲: نمونه‌ای از ساختار شبکه دومرحله‌ای

بردارهای ورودی و خروجی مربوط به واحدهای تصمیم‌گیرنده در هر دو مرحله به‌صورت اعداد فازی مثلثی می‌باشند. ورودی‌های مربوط به مرحله اول با $\left(x_j^L, x_j^M, x_j^R\right)$ نشان داده می‌شوند که برای تولید خروجی‌های مطلوب و نامطل $\left(z_j^{gL}, z_j^{gM}, z_j^{gR}\right)$ و $\left(z_j^{bL}, z_j^{bM}, z_j^{bR}\right)$ به ترتیب، در مرحله اول می‌باشند. در مرحله دوم، خروجی‌های مطلوب به دست آمده از مرحله اول $\left(z_j^{gL}, z_j^{gM}, z_j^{gR}\right)$، برای تولید خروجی‌های مطلوب و نامطلوب $\left(y_j^{gL}, y_j^{gM}, y_j^{gR}\right)$ و $\left(y_j^{bL}, y_j^{bM}, y_j^{bR}\right)$ مرحله دوم استفاده شده اند.

امتیاز کارایی تصمیم‌گیرنده k در مرحله اول و با حضور اعداد فازی و با در نظر گرفتن این امتیاز به‌صورت عدد فازی مثلثی به‌صورت زیر خواهد بود:

$$
\begin{aligned}
&(E_k^{1L}, E_k^{1M}, E_k^{1R}) \\
&= \left(\sum_{o=1}^{q1} w_{ok}^{g'L} z_{oK}^{gL} \right. \\
&- \sum_{p=1}^{q2} w_{pk}^{b'L} z_{pK}^{bL}, \sum_{o=1}^{q1} w_{ok}^{g'M} z_{oK}^{gM} \\
&- \sum_{p=1}^{q2} w_{pk}^{b'M} z_{pK}^{bM}, \sum_{o=1}^{q1} w_{ok}^{g'R} z_{oK}^{gR} \\
&\left. - \sum_{p=1}^{q2} w_{pk}^{b'R} z_{pK}^{bR} \right)
\end{aligned}
$$

تعریف کارایی در مدل بالا مشابه تعریف کارایی در مدل CCR است زیرا مدل کسری CCR از طریق تبدیل چارنز و کوپر به یک مدل خطی تبدیل شده است لازم به ذکر است که با توجه به اینکه از اعداد فازی مثلثی در این مطالعه استفاده شده است، مقدار عددی کارایی نیز یک عدد فازی مثلثی است.

با توجه به موارد پیش‌گفته، مدل زیر برای ارزیابی کارایی تصمیم‌گیرنده k در مرحله اول با در نظر گرفتن عدد فازی است.

مدل (۱)

$$
\begin{aligned}
&Max\ A_1 = \sum_{o=1}^{q1} w_{ok}^{g'M} z_{oK}^{gM} - \sum_{p=1}^{q2} w_{pk}^{b'M} z_{pK}^{bM} \\
&Min\ A_2 = \left(\sum_{o=1}^{q1} w_{ok}^{g'R} z_{oK}^{gR} - \sum_{p=1}^{q2} w_{pk}^{b'R} z_{pK}^{bR} \right) - \left(\sum_{o=1}^{q1} w_{ok}^{g'L} z_{oK}^{gL} - \sum_{p=1}^{q2} w_{pk}^{b'L} z_{pK}^{bL} \right) \\
&Max\ A_3 = \left(\sum_{o=1}^{q1} w_{ok}^{g'L} z_{oK}^{gL} - \sum_{p=1}^{q2} w_{pk}^{b'L} z_{pK}^{bL} \right) + \left(\sum_{o=1}^{q1} w_{ok}^{g'R} z_{oK}^{gR} - \sum_{p=1}^{q2} w_{pk}^{b'R} z_{pK}^{bR} \right)
\end{aligned}
\qquad (۱)
$$

$$s.t:$$

$$\sum_{i=1}^{m} v_{ik}^{L} x_{ik}^{L} = 1 \,, \sum_{i=1}^{m} v_{ik}^{M} x_{ik}^{M} = 1 \quad , \sum_{i=1}^{m} v_{ik}^{R} x_{ik}^{R} = 1$$

$$\begin{cases} \sum_{o=1}^{q1} w_{ok}^{g'L} z_{oj}^{gL} - \sum_{p=1}^{q2} w_{pj}^{b'L} z_{pj}^{bL} \geq 0 \quad , j = 1, \dots, n \\ \sum_{o=1}^{q1} w_{ok}^{g'M} z_{oj}^{gM} - \sum_{p=1}^{q2} w_{pj}^{b'M} z_{pj}^{bM} \geq 0 \quad , j = 1, \dots, n \\ \sum_{o=1}^{q1} w_{ok}^{g'R} z_{oj}^{gR} - \sum_{p=1}^{q2} w_{pj}^{b'R} z_{pj}^{bR} \geq 0 \, , j = 1, \dots, n \end{cases}$$

$$\begin{cases} \sum_{o=1}^{q1} w_{ok}^{g'L} z_{oj}^{gL} - \sum_{p=1}^{q2} w_{pj}^{b'L} z_{pj}^{bL} - \sum_{i=1}^{m} v_{ik}^{'L} x_{ik}^{L} \leq 0 \quad , j = 1, \dots, n \\ \sum_{o=1}^{q1} w_{ok}^{g'M} z_{oj}^{gM} - \sum_{p=1}^{q2} w_{pj}^{b'M} z_{pj}^{bM} - \sum_{i=1}^{m} v_{ik}^{'M} x_{ik}^{M} \leq 0 \quad , j = 1, \dots, n \\ \sum_{o=1}^{q1} w_{ok}^{g'R} z_{oj}^{gR} - \sum_{p=1}^{q2} w_{pj}^{b'R} z_{pj}^{bR} - \sum_{i=1}^{m} v_{ik}^{'R} x_{ik}^{R} \leq 0 \, , j = 1, \dots, n \end{cases}$$

$$\begin{cases} \sum_{r=1}^{t1} u_{rk}^{g'L} y_{rj}^{gL} - \sum_{s=1}^{t2} u_{sk}^{b'L} y_{sj}^{bL} \geq \mathbf{0} \quad , j = 1, \dots, n \\ \sum_{r=1}^{t1} u_{rk}^{g'M} y_{rj}^{gM} - \sum_{s=1}^{t2} u_{sk}^{b'M} y_{sj}^{bM} \geq \mathbf{0} \quad , j = 1, \dots, n \\ \sum_{r=1}^{t1} u_{rk}^{g'R} y_{rj}^{gR} - \sum_{s=1}^{t2} u_{sk}^{b'R} y_{sj}^{bR} \geq \mathbf{0} \quad , j = 1, \dots, n \end{cases}$$

$$\begin{cases} \sum_{r=1}^{t1} u_{rk}^{g'L} y_{rj}^{gL} - \sum_{s=1}^{t2} u_{sk}^{b'L} y_{sj}^{bL} - \sum_{o=1}^{q1} w_{ok}^{g'L} z_{oj}^{gL} \leq \mathbf{0} \quad , j = 1, \dots, n \\ \sum_{r=1}^{t1} u_{rk}^{g'M} y_{rj}^{gM} - \sum_{s=1}^{t2} u_{sk}^{b'M} y_{sj}^{bM} - \sum_{o=1}^{q1} w_{ok}^{g'M} z_{oj}^{gM} \leq \mathbf{0} \quad , j = 1, \dots, n \\ \sum_{r=1}^{t1} u_{rk}^{g'R} y_{rj}^{gR} - \sum_{s=1}^{t2} u_{sk}^{b'R} y_{sj}^{bR} - \sum_{o=1}^{q1} w_{ok}^{g'R} z_{oj}^{gR} \leq \mathbf{0} \quad , j = 1, \dots, n \end{cases}$$

$$v_{ik}^{'L}, v_{ik}^{'M}, v_{ik}^{'R}, w_{ok}^{g'L}, w_{ok}^{g'M}, w_{ok}^{g'R}, w_{pk}^{b'L}, w_{pk}^{b'M}, w_{pk}^{b'L}, u_{rk}^{g'L}, u_{rk}^{g'M}, u_{rk}^{g'R}, u_{sk}^{b'L}, u_{sk}^{b'M}, u_{sk}^{b'R} \geq \boldsymbol{\varepsilon} \, , \forall i, p, o, r, s$$

تابع هدف اول در مدل بالا، مقدار عددی میانه مربوط به عدد فازی مثلثی مربوط به کارایی را بیشینه می‌نماید. تابع هدف دوم، تفاوت بین حد بالا و پایین کارایی تعریف‌شده را کمینه می‌نماید. تابع هدف سوم نیز جمع حدود بالا و پایین کارایی تعریف‌شده را بیشینه می‌کند. با توجه به اینکه مدل ۱، یک مدل برنامه‌ریزی خطی چند هدفه است، بنابراین با روش مجموع وزنی تابع هدف به‌صورت زیر تبدیل می‌شود:

مدل (۲)

$$\begin{aligned} &\mathrm{Max}\left(\lambda_1^1 A_1 + \lambda_2^1 A_1 + \lambda_3^1 A_1\right) \\ &S.T: \lambda_1^1 + \lambda_2^1 + \lambda_3^1 = 1 \\ &\lambda_1^1, \lambda_2^1, \lambda_3^1 > 0 \end{aligned}$$

به‌طور مشابه، مقدار کارایی فازی در مرحله دوم نیز به‌صورت زیر تعریف خواهد شد:

$$\begin{aligned} (E_k^{2L}, E_k^{2M}, E_k^{2R}) = \Bigg(& \sum_{r=1}^{t1} u_{rk}^{g'L} y_{rk}^{gL} \\ & - \sum_{s=1}^{t2} u_{sk}^{b'L} y_{sk}^{bL} \, , \sum_{r=1}^{t1} u_{rk}^{g'M} y_{rk}^{gM} \\ & - \sum_{s=1}^{t2} u_{sk}^{b'M} y_{sk}^{bM} \, , \sum_{r=1}^{t1} u_{rk}^{g'R} y_{rk}^{gR} \\ & - \sum_{s=1}^{t2} u_{sk}^{b'R} y_{sk}^{bR} \Bigg) \end{aligned}$$

$$Max\ B_1 = \sum_{r=1}^{t1} u_{rk}^{g'M} y_{rk}^{gM} - \sum_{s=1}^{t2} u_{sk}^{b'M} y_{sk}^{bM}$$

$$\begin{aligned} Min\ B_2 = & \left(\sum_{r=1}^{t1} u_{rk}^{g'R} y_{rk}^{gR} - \sum_{s=1}^{t2} u_{sk}^{b'R} y_{sk}^{bR} \right) \\ & - \left(\sum_{r=1}^{t1} u_{rk}^{g'L} y_{rk}^{gL} - \sum_{s=1}^{t2} u_{sk}^{b'L} y_{sk}^{bL} \right) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Max\ B_3 = & \left(\sum_{r=1}^{t1} u_{rk}^{g'L} y_{rk}^{gL} - \sum_{s=1}^{t2} u_{sk}^{b'L} y_{sk}^{bL} \right) \\ & + \left(\sum_{r=1}^{t1} u_{rk}^{g'R} y_{rk}^{gR} - \sum_{s=1}^{t2} u_{sk}^{b'R} y_{sk}^{bR} \right) \end{aligned}$$

$$S.T:$$

$$\sum_{o=1}^{q1} w_{ok}^{g'L} z_{ok}^{gL} = 1 \, , \sum_{o=1}^{q1} w_{ok}^{g'M} z_{ok}^{gM} = 1 \, , \sum_{o=1}^{q1} w_{ok}^{g'R} z_{oj}^{gR} = 1$$

$$\begin{cases} \sum_{r=1}^{t1} u_{rk}^{g'L} y_{rj}^{gL} - \sum_{s=1}^{t2} u_{sk}^{b'L} y_{sj}^{bL} - \sum_{o=1}^{q1} w_{ok}^{g'L} z_{oj}^{gL} \leq \mathbf{0} \quad , j = 1, \dots, n \\ \sum_{r=1}^{t1} u_{rk}^{g'M} y_{rj}^{gM} - \sum_{s=1}^{t2} u_{sk}^{b'M} y_{sj}^{bM} - \sum_{o=1}^{q1} w_{ok}^{g'M} z_{oj}^{gM} \leq \mathbf{0} \quad , j = 1, \dots, n \\ \sum_{r=1}^{t1} u_{rk}^{g'R} y_{rj}^{gR} - \sum_{s=1}^{t2} u_{sk}^{b'R} y_{sj}^{bR} - \sum_{o=1}^{q1} w_{ok}^{g'R} z_{oj}^{gR} \leq \mathbf{0} \quad , j = 1, \dots, n \end{cases}$$

$$v_{ik}^{'L}, v_{ik}^{'M}, v_{ik}^{'R}, w_{ok}^{g'L}, w_{ok}^{g'M}, w_{ok}^{g'R}, w_{pk}^{b'L}, w_{pk}^{b'M}, w_{pk}^{b'L}, u_{rk}^{g'L}, u_{rk}^{g'M}, u_{rk}^{g'R}, u_{sk}^{b'L}, u_{sk}^{b'M}, u_{sk}^{b'R} \geq \boldsymbol{\varepsilon} \, , \forall i, p, o, r, s$$

به‌طور مشابه، کارایی کلی فازی نیز به‌صورت زیر محاسبه خواهد شد.

مدل (۲)

$$\begin{aligned} & \left(E_k^{overalL}, E_k^{overalM}, E_k^{overalR}\right) \\ & = \sum_{o=1}^{q1} w_{ok}^{g''L} z_{oj}^{gL} - \sum_{p=1}^{q2} w_{pj}^{b''L} z_{pj}^{bL} + \sum_{r=1}^{t1} u_{rk}^{g''L} y_{rj}^{gL} - \sum_{s=1}^{t2} u_{sk}^{b''L} y_{sj}^{bL} \sum_{o=1}^{q1} w_{ok}^{g''R} z_{oj}^{gR} - \sum_{p=1}^{q2} w_{pj}^{b''R} z_{pj}^{bR} + \sum_{r=1}^{t1} u_{rk}^{g''R} y_{rk}^{gR} \\ & - \sum_{s=1}^{t2} u_{sk}^{b''R} y_{sk}^{bR} \, , \sum_{o=1}^{q1} w_{ok}^{g''R} z_{oj}^{gR} - \sum_{p=1}^{q2} w_{pj}^{b''R} z_{pj}^{bR} + \sum_{r=1}^{t1} u_{rk}^{g''R} y_{rj}^{gR} - \sum_{s=1}^{t2} u_{sk}^{b''R} y_{sj}^{bR} \end{aligned}$$

$$\begin{cases}\sum_{o=1}^{q1} w_{ok}^{g'L} z_{oj}^{gL} - \sum_{p=1}^{q2} w_{pj}^{b'L} z_{pj}^{bL} \geq 0 \quad ,j=1,\dots,n \\ \sum_{o=1}^{q1} w_{ok}^{g'M} z_{oj}^{gM} - \sum_{p=1}^{q2} w_{pj}^{b'M} z_{pj}^{bM} \geq 0 \quad ,j=1,\dots,n \\ \sum_{o=1}^{q1} w_{ok}^{g'R} z_{oj}^{gR} - \sum_{p=1}^{q2} w_{pj}^{b'R} z_{pj}^{bR} \geq 0 \,,j=1,\dots,n \end{cases}$$

$$\begin{cases}\sum_{o=1}^{q1} w_{ok}^{g'L} z_{oj}^{gL} - \sum_{p=1}^{q2} w_{pj}^{b'L} z_{pj}^{bL} - \sum_{i=1}^{m} v_{ik}^{'L} x_{ik}^{L} \leq 0 \quad ,j=1,\dots,n \\ \sum_{o=1}^{q1} w_{ok}^{g'M} z_{oj}^{gM} - \sum_{p=1}^{q2} w_{pj}^{b'M} z_{pj}^{bM} - \sum_{i=1}^{m} v_{ik}^{'M} x_{ik}^{M} \leq 0 \quad ,j=1,\dots,n \\ \sum_{o=1}^{q1} w_{ok}^{g'R} z_{oj}^{gR} - \sum_{p=1}^{q2} w_{pj}^{b'R} z_{pj}^{bR} - \sum_{i=1}^{m} v_{ik}^{'R} x_{ik}^{R} \leq 0 \,,j=1,\dots,n \end{cases}$$

$$\begin{cases}\sum_{r=1}^{t1} u_{rk}^{g'L} y_{rj}^{gL} - \sum_{s=1}^{t2} u_{sk}^{b'L} y_{sj}^{bL} \geq \mathbf{0} \quad ,j=1,\dots,n \\ \sum_{r=1}^{t1} u_{rk}^{g'M} y_{rj}^{gM} - \sum_{s=1}^{t2} u_{sk}^{b'M} y_{sj}^{bM} \geq \mathbf{0} \quad ,j=1,\dots,n \\ \sum_{r=1}^{t1} u_{rk}^{g'R} y_{rj}^{gR} - \sum_{s=1}^{t2} u_{sk}^{b'R} y_{sj}^{bR} \geq \mathbf{0} \quad ,j=1,\dots,n \end{cases}$$

به‌طور مشابه برای حل مدل ۱، در ابتدا توابع هدف باید به تنها یک تابع هدف تغییر پیدا نموده تا بتوان آن را با استفاده از نرم‌افزار گمز حل نمود. با توجه به اینکه مدل ۲ یک مدل برنامه‌ریزی خطی چندهدفه بوده و با استفاده از رویکرد مجموع موزون حل خواهد شد، تابع هدف به‌صورت زیر تغییر خواهد یافت.

$$\begin{aligned}&\text{Max } (\lambda_1^2 B_1 + \lambda_3^2 B_2 + \lambda_3^2 A_3)\\ &S.T: \lambda_1^2 + \lambda_2^2 + \lambda_3^2 = 1\\ &\lambda_1^2, \lambda_2^2, \lambda_3^2 > 0\end{aligned}$$

در این بخش، مدل پیشنهادی برای ارزیابی کارایی فازی کلی در شبکه‌های دومرحله‌ای در حضور خروجی‌های نامطلوب ارائه می‌شود. کارایی کلی به‌صورت ترکیب محدبی از مرحله اول و مرحله دوم است. بر اساس مدل چهار، مدل زیر برای محاسبه کارایی کلی ارائه می‌شود.

مدل (۳)

$$Max\ H_1 = \alpha\left(\sum_{o=1}^{q1} w_{ok}^{g''M} z_{ok}^{gM} - \sum_{p=1}^{q2} w_{pk}^{b''M} z_{pk}^{bM} - \sum_{i=1}^{m} v_{ik}^{'M} x_{ik}^{M}\right) + (1-\alpha)\left(\sum_{r=1}^{t1} u_{rk}^{g''M} y_{rk}^{gM} - \sum_{s=1}^{t2} u_{sk}^{b''M} y_{sk}^{bM} - \sum_{o=1}^{q1} w_{ok}^{g''M} z_{ok}^{gM}\right)$$

$$Min\ H_2 = \alpha\left(\sum_{o=1}^{q1} w_{ok}^{g''R} z_{ok}^{gR} - \sum_{p=1}^{q2} w_{pk}^{b''R} z_{pk}^{bR} - \sum_{i=1}^{m} v_{ik}^{'R} x_{ik}^{R}\right) - \left(\sum_{o=1}^{q1} w_{ok}^{g''L} z_{ok}^{gL} - \sum_{p=1}^{q2} w_{pk}^{b''L} z_{pk}^{bL} - \sum_{i=1}^{m} v_{ik}^{'L} x_{ik}^{L}\right)$$
$$+ (1-\alpha)\left(\sum_{r=1}^{t1} u_{rk}^{g''R} y_{rk}^{gR} - \sum_{s=1}^{t2} u_{sk}^{b''R} y_{sk}^{bR} - \sum_{i=1}^{m} v_{ik}^{'R} x_{ik}^{R}\right) - \left(\sum_{r=1}^{t1} u_{rk}^{g''L} y_{rk}^{gL} - \sum_{s=1}^{t2} u_{sk}^{b''L} y_{sk}^{bL} - \sum_{o=1}^{q1} w_{ok}^{g''L} z_{ok}^{gL}\right)$$

$$Max\ H_3 = \alpha\left(\sum_{o=1}^{q1} w_{ok}^{g''L} z_{ok}^{gL} - \sum_{p=1}^{q2} w_{pk}^{b''L} z_{pk}^{bL} - \sum_{i=1}^{m} v_{ik}^{'L} x_{ik}^{L}\right) + \left(\sum_{o=1}^{q1} w_{ok}^{g''R} z_{ok}^{gR} - \sum_{p=1}^{q2} w_{pk}^{b''R} z_{pk}^{bL} - \sum_{i=1}^{m} v_{ik}^{'R} x_{ik}^{R}\right)$$
$$+ (1-\alpha)\left(\sum_{r=1}^{t1} u_{rk}^{g''L} y_{rk}^{gL} - \sum_{s=1}^{t2} u_{sk}^{b''L} y_{sk}^{bL} - \sum_{i=1}^{m} v_{ik}^{'L} x_{ik}^{L}\right) - \left(\sum_{r=1}^{t1} u_{rk}^{g''R} y_{rk}^{gR} - \sum_{s=1}^{t2} u_{sk}^{b''R} y_{sk}^{bR} - \sum_{o=1}^{q1} w_{ok}^{g''R} z_{ok}^{gR}\right)$$

مدل (۳)

$$\sum_{i=1}^{m} v_{ik}^{'L} x_{ik}^{L} = 1 \,, \sum_{i=1}^{m} v_{ik}^{'M} x_{ik}^{M} = 1 \quad , \sum_{i=1}^{m} v_{ik}^{'R} x_{ik}^{R} = 1$$

$$\sum_{o=1}^{q1} w_{ok}^{g''L} z_{ok}^{gL} = 1 \,, \sum_{o=1}^{q1} w_{ok}^{g''M} z_{ok}^{gM} = 1 \,, \sum_{o=1}^{q1} w_{ok}^{g''R} z_{oj}^{gR} = 1$$

$$\begin{cases}\sum_{o=1}^{q1} w_{ok}^{g''L} z_{oj}^{gL} - \sum_{p=1}^{q2} w_{pk}^{b''L} z_{pj}^{bL} + \sum_{o=1}^{q1} f_{ok}^{gL} z_{oj}^{gL} \geq 0 \quad ,j=1,\dots,n \\ \sum_{o=1}^{q1} w_{ok}^{g''M} z_{oj}^{gM} - \sum_{p=1}^{q2} w_{pk}^{b''M} z_{pj}^{bM} + \sum_{o=1}^{q1} f_{ok}^{gM} z_{oj}^{gM} \geq 0 \quad ,j=1,\dots,n \\ \sum_{o=1}^{q1} w_{ok}^{g''R} z_{oj}^{gR} - \sum_{p=1}^{q2} w_{pk}^{b''R} z_{pj}^{bR} + \sum_{o=1}^{q1} f_{ok}^{gR} z_{oj}^{gR} \geq 0 \quad ,j=1,\dots,n \end{cases}$$

$$\begin{cases}\sum_{o=1}^{q1} w_{ok}^{g''L} z_{oj}^{gL} - \sum_{p=1}^{q2} w_{pj}^{b''L} z_{pj}^{bL} - \sum_{i=1}^{m} v_{ik}^{'L} x_{ik}^{L} + \sum_{o=1}^{q1} f_{ok}^{gL} z_{oj}^{gL} \leq 0 \quad ,j=1,\dots,n \\ \sum_{o=1}^{q1} w_{ok}^{g''M} z_{oj}^{gM} - \sum_{p=1}^{q2} w_{pK}^{b''M} z_{pj}^{bM} - \sum_{i=1}^{m} v_{ik}^{'M} x_{ik}^{M} + \sum_{o=1}^{q1} f_{ok}^{gM} z_{oj}^{gM} \leq 0 \quad ,j=1,\dots,n \\ \sum_{o=1}^{q1} w_{ok}^{g''R} z_{oj}^{gR} - \sum_{p=1}^{q2} w_{pK}^{b''R} z_{pj}^{bR} - \sum_{i=1}^{m} v_{ik}^{'R} x_{ik}^{R} + \sum_{o=1}^{q1} f_{ok}^{gR} z_{oj}^{gR} \leq 0 \,,j=1,\dots,n \end{cases}$$

$$\begin{cases} \sum_{r=1}^{t1} u_{rk}^{g''L} y_{rj}^{gL} - \sum_{s=1}^{t2} u_{sk}^{b''L} y_{sj}^{bL} - \sum_{o=1}^{q1} f_{ok}^{gL} z_{oj}^{gL} \geq 0 \quad , j = 1, \dots, n \\ \sum_{r=1}^{t1} u_{rk}^{g''R} y_{rj}^{gR} - \sum_{s=1}^{t2} u_{sk}^{b''R} y_{sj}^{bR} - \sum_{o=1}^{q1} f_{ok}^{gM} z_{oj}^{gM} \geq 0 \quad , j = 1, \dots, n \\ \sum_{r=1}^{t1} u_{rk}^{g''R} y_{rj}^{gR} - \sum_{s=1}^{t2} u_{sk}^{b''R} y_{sj}^{bR} - \sum_{o=1}^{q1} f_{ok}^{gR} z_{oj}^{gR} \geq 0 \ , j = 1, \dots, n \end{cases}$$

$$\begin{cases} \sum_{r=1}^{t1} u_{rk}^{g''L} y_{rj}^{gL} - \sum_{s=1}^{t2} u_{sk}^{b''L} y_{sj}^{bL} - \sum_{o=1}^{q1} w_{ok}^{g''L} z_{oj}^{gL} - \sum_{o=1}^{q1} f_{ok}^{gL} z_{oj}^{gL} \leq 0 \quad , j = 1, \dots, n \\ \sum_{r=1}^{t1} u_{rk}^{g''M} y_{rj}^{gM} - \sum_{s=1}^{t2} u_{sk}^{b''M} y_{sj}^{bM} - \sum_{o=1}^{q1} w_{ok}^{g''M} z_{oj}^{gM} - \sum_{o=1}^{q1} f_{ok}^{gM} z_{oj}^{gM} \leq 0 \quad , j = 1, \dots, n \\ \sum_{r=1}^{t1} u_{rk}^{g''R} y_{rj}^{gR} - \sum_{s=1}^{t2} u_{sk}^{b''R} y_{sj}^{bR} - \sum_{o=1}^{q1} w_{ok}^{g''R} z_{oj}^{gR} - \sum_{o=1}^{q1} f_{ok}^{gR} z_{oj}^{gR} \leq 0 \ , j = 1, \dots, n \end{cases}$$

$$v_{ik}^{'L}, v_{ik}^{'M}, v_{ik}^{'R}, w_{ok}^{g''L}, w_{ok}^{g''M}, w_{ok}^{g''R}, w_{pk}^{b''L}, w_{pk}^{b''M}, w_{pk}^{b''L}, u_{rk}^{g''L}, u_{rk}^{g''M}, u_{rk}^{g''R}, u_{sk}^{b''L}, u_{sk}^{b''M}, u_{sk}^{b''R}, f_{ok}^{g''L}, f_{ok}^{g''M}, f_{ok}^{g''R} \geq \boldsymbol{\varepsilon} \ , \forall i, p, o, r, s$$

با توجه به اینکه مدل ۳ یک مدل خطی چندهدفه است، با استفاده از روش مجموع موزون تابع هدف به شکل زیر تبدیل خواهد شد:

$Max\ (\mu_1 H_1 + \mu_2 H_2 + \mu_3 H_3), s.t: \mu_1 + \mu_2 + \mu_3 = 1\ , \mu_1, \mu_2, \mu_3 > 0$

درصورتی‌که در مدل ۳ قصد داشته باشیم بجای اعداد فازی مثلثی از اعداد فازی ذوزنقه‌ای استفاده نماییم مدل به‌صورت زیر خواهد بود:

$$Max\ T_1 = \alpha \left(\sum_{o=1}^{q1} w_{ok}^{g''M_1} z_{ok}^{gM_1} - \sum_{p=1}^{q2} w_{pk}^{b''M_1} z_{pk}^{bM_1} - \sum_{i=1}^{m} v_{ik}^{'M_1} x_{ik}^{M_1} \right) + (1-\alpha) \left(\sum_{r=1}^{t1} u_{rk}^{g''M_1} y_{rk}^{gM_1} - \sum_{s=1}^{t2} u_{sk}^{b''M_1} y_{sk}^{bM_1} - \sum_{o=1}^{q1} w_{ok}^{g''M_1} z_{ok}^{gM_1} \right)$$

$$\begin{aligned} Max\ T_2 = {} & \alpha \left(\sum_{o=1}^{q1} w_{ok}^{g''M_1} z_{ok}^{gM_1} - \sum_{p=1}^{q2} w_{pk}^{b''M_1} z_{pk}^{bM_1} - \sum_{i=1}^{m} v_{ik}^{'M_1} x_{ik}^{M_1} \right) \\ & + \frac{(1-\alpha)}{2} \left(\sum_{r=1}^{t1} u_{rk}^{g''M_1} y_{rk}^{gM_1} - \sum_{s=1}^{t2} u_{sk}^{b''M_1} y_{sk}^{bM_1} - \sum_{o=1}^{q1} w_{ok}^{g''M_1} z_{ok}^{gM_1} \right) \\ & + \frac{\alpha}{2} \left(\sum_{o=1}^{q1} w_{ok}^{g''M_2} z_{ok}^{gM_2} - \sum_{p=1}^{q2} w_{pK}^{b''M_2} z_{pk}^{bM_2} - \sum_{i=1}^{m} v_{ik}^{'M_2} x_{ik}^{M_2} \right) \\ & - \frac{(1-\alpha)}{2} \left(\sum_{r=1}^{t1} u_{rk}^{g''M_2} y_{rk}^{gM_2} - \sum_{s=1}^{t2} u_{sk}^{b''M_2} y_{sk}^{bM_2} - \sum_{o=1}^{q1} w_{ok}^{g''M_2} z_{ok}^{gM_2} \right) \end{aligned}$$

$$Min\ T_3 = \alpha\left(\left(\sum_{o=1}^{q1} w_{ok}^{g''R} z_{ok}^{gR} - \sum_{p=1}^{q2} w_{pk}^{b''R} z_{pk}^{bR} - \sum_{i=1}^{m} v_{ik}^{'R} x_{ik}^{R}\right) + \left(\sum_{o=1}^{q1} w_{ok}^{g''L} z_{ok}^{gL} - \sum_{p=1}^{q2} w_{pk}^{b''L} z_{pk}^{bL} - \sum_{i=1}^{m} v_{ik}^{'L} x_{ik}^{L}\right)\right)$$
$$+ (1-\alpha)\left(\left(\sum_{r=1}^{t1} u_{rk}^{g''R} y_{rk}^{gR} - \sum_{s=1}^{t2} u_{sk}^{b''R} y_{sk}^{bR} - \sum_{i=1}^{m} v_{ik}^{'R} x_{ik}^{R}\right)\right.$$
$$\left. - \left(\sum_{r=1}^{t1} u_{rk}^{g''L} y_{rk}^{gL} - \sum_{s=1}^{t2} u_{sk}^{b''L} y_{sk}^{bL} - \sum_{o=1}^{q1} w_{ok}^{g''L} z_{ok}^{gL}\right)\right)$$

$$Max\ \ T_4 = \alpha\left(\left(\sum_{o=1}^{q1} w_{ok}^{g''L} z_{ok}^{gL} - \sum_{p=1}^{q2} w_{pk}^{b''L} z_{pk}^{bL} - \sum_{i=1}^{m} v_{ik}^{'L} x_{ik}^{L}\right) + \left(\sum_{o=1}^{q1} w_{ok}^{g''R} z_{ok}^{gR} - \sum_{p=1}^{q2} w_{pk}^{b''R} z_{pk}^{bR} - \sum_{i=1}^{m} v_{ik}^{'R} x_{ik}^{R}\right)\right)$$
$$+ (1-\alpha)\left(\left(\sum_{r=1}^{t1} u_{rk}^{g''L} y_{rk}^{gL} - \sum_{s=1}^{t2} u_{sk}^{b''L} y_{sk}^{bL} - \sum_{i=1}^{m} v_{ik}^{'L} x_{ik}^{L}\right)\right.$$
$$\left. - \left(\sum_{r=1}^{t1} u_{rk}^{g''R} y_{rk}^{gR} - \sum_{s=1}^{t2} u_{sk}^{b''R} y_{sk}^{bR} - \sum_{o=1}^{q1} w_{ok}^{g''R} z_{ok}^{gR}\right)\right)$$

مورد مطالعه

در این تحقیق از داده‌های مربوط به ۳۸ شعبه بانک برای سال ۱۳۹۹ استفاده می‌شود. همه داده‌ها مستقیماً از گزارش‌های مالی حسابرسی شده هر شعبه جمع‌آوری شده است. به‌منظور ارزیابی و سنجش شعب مورد بررسی با توجه به مدل تحلیل پوششی داده‌های مورد استفاده، نیاز به انتخاب معیارهای مناسبی است که در مدل قرار گیرند تا سنجش دقیقی از عملکرد شعب انجام پذیرد. بدین منظور بر اساس مطالعات صورت گرفته در مقالات و پایان‌نامه‌های مرتبط و نیز پژوهش‌های گذشته و مطالعات میدانی و کسب نظر از خبرگان این صنعت، شاخص‌های اولیه ذیل به‌عنوان ورودی و خروجی در نظر گرفته شدند (وانکه و همکاران، ۲۰۱۶؛ پوری و همکاران، ۲۰۱۵؛ فوکویاما و همکاران، ۲۰۲۰؛ وانگ و همکاران، ۲۰۱۴؛ وانکه و همکاران، ۲۰۱۸؛ واسیا توراما و همکاران، ۲۰۲۰؛ سرخوش و همکاران، ۲۰۱۸؛ عطایی و همکاران، ۲۰۱۵؛ تیتکو و همکاران، ۲۰۱۴؛ ابراهیم نژاد و امانی، ۲۰۲۰؛ کومار، ۲۰۱۴؛ اسماعیلیان و همکاران، ۲۰۲۰؛ کرد رستمی و همکاران، ۲۰۱۶؛ هنریکه و همکاران، ۲۰۲۰؛ پوری و یاداو، ۲۰۱۷).

ارزیابی و غربالگری اولیه شاخص‌های ورودی و خروجی با روش دلفی فازی

در ادامه پژوهش، به‌منظور غربالگری اولیه شاخص‌های شناسایی‌شده از ادبیات تحقیق، از روش دلفی استفاده می‌شود. از روش دلفی به‌منظور جمع‌آوری نظرات خبرگان و کارشناسان آشنا به موضوع مورد بررسی استفاده می‌شود و این جمع‌آوری نظرات از طریق پرسشنامه انجام می‌شود. معمولاً روش دلفی در چند مرحله انجام شده که در انتهای هر مرحله، اطلاعات کسب‌شده از نظرات خبرگان جمع‌آوری و تحلیل شده و این اطلاعات به همراه سؤالات جدید در اختیار خبرگان قرار داده می‌شود. بنابراین، پرسشنامه‌ای شامل ۳۲ سؤال طراحی و در اختیار مدیران و خبرگان و کارشناسان مرتبط با موضوع مورد بررسی قرار گرفت. لازم به ذکر است که انتخاب خبرگان و کارشناسان به‌عنوان نمونه مورد هدف، به‌صورت قصدی و غیر احتمالی بوده که با هدف مطالعه سازگاری دارد. تجارب و ویژگی‌های مرتبط با خبرگان پژوهش در جدول زیر ارائه شده است:

جدول ۱: تجارب و ویژگی‌های مرتبط با خبرگان پژوهش

متغیر	سطوح متغیر	فراوانی
جنسیت	مرد	۸
	زن	۴
سن	کمتر از ۴۰	۲
	۴۰ تا ۵۰	۷
	بالاتر از ۵۰	۳
وضعیت تحصیلات	لیسانس	۴
	فوق‌لیسانس	۶
	دکتری	۲
سابقه کار مرتبط	۵ تا ۱۰ سال	۲
	۱۰ تا ۱۵ سال	۵
	بیش از ۱۵ سال	۵

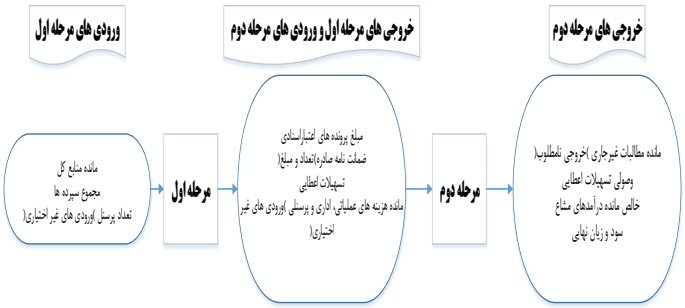
با استناد به چنگ و لین (۲۰۰۲) درصورتی‌که اختلاف بین دو مرحله جمع‌آوری نظرات از طریق تکنیک دلفی از مقدار عددی ۰/۲ کمتر باشد، فرایند جمع‌آوری نظرات و انجام نظرسنجی متوقف می‌شود. بر این اساس، تفاوت مقادیر دی فازی مرحله سوم و دوم برای معیارهای تأییدشده کمتر از ۰/۲ بود (مقادیر تفاوت دی فازی برای تمامی شاخص‌های تائید شده در بازه ۰/۰۷ تا ۰/۱۸ محاسبه شد). با بررسی نتایج حاصل از روش دلفی، شاخص‌های زیر، توسط خبرگان تائید اولیه شدند.

جدول ۲: شاخص‌های تائید شده توسط خبرگان

شاخص‌های تائید شده به‌عنوان ورودی به مدل تحقیق	شاخص‌های تائید شده به‌عنوان خروجی به مدل تحقیق
جمع سپرده‌ها	مبلغ پرونده‌های اعتبار اسنادی
تعداد پرسنل	ضمانت‌نامه صادره (تعداد و مبلغ)
مانده منابع کل	تسهیلات اعطایی
	هزینه‌های عملیاتی، اداری و پرسنلی
	مانده مطالبات غیرجاری
	وصولی مطالبات غیرجاری
	وصولی تسهیلات اعطایی
	خالص مانده درآمدهای مشاع
	خالص مانده درآمدهای غیر مشاع
	سود و زیان نهایی
	نسبت مصارف به منابع
	نسبت NPL

نهایی سازی شاخص‌ها با بکارگیری روش تحلیل عاملی تاییدی

پس از تائید اولیه شاخص‌ها با استفاده از روش دلفی، در این بخش از پژوهش، قصد بر این است تا شاخص‌های غربال اولیه شده را نهایی نماییم. بدین منظور از تکنیک تحلیل عاملی تاییدی با استفاده از نرم‌افزار *SmartPLS* و نیز نرم‌افزار*SPSS* استفاده شده است. با انجام غربالگری اولیه با استفاده از روش دلفی فازی و نیز نهایی سازی تائید شاخص‌ها با استفاده از روش تحلیل عاملی، در نهایت شاخص‌های زیر به‌عنوان شاخص‌های ورودی و خروجی نهایی برای بکارگیری در مدل انتخاب شدند.



شکل ۳: شاخص‌های نهایی به‌عنوان ورودی‌ها و خروجی‌ها

در ادامه به‌طور مختصر هر یک از شاخص‌های نهایی شده تشریح می‌شوند.

تعداد پرسنل: بیانگر پرسنل شاغل در شعبه است که تعداد آن‌ها توسط امور ستادی بانک از قبیل امور شعب، امور طرح و برنامه، امور بین‌الملل و ... تعیین می‌گردد و بعضاً به دلیل اینکه به‌صورت دستوری صورت می‌پذیرد به‌عنوان ورودی غیراختیاری در نظر گرفته شده است.

مانده منابع کل: بیانگر مجموع منابع دریافتی شعب از مشتریان شامل سپرده‌های دیداری، پس‌انداز و مدت‌دار بوده که به‌صورت ارز و ریال از مشتریان دریافت می‌گردد.

مجموع سپرده‌ها: شامل سپرده‌های دیداری، پس‌انداز و مدت‌دار است.

مانده هزینه‌های عملیاتی: مستقیماً به عملیات اصلی هر شعبه از بانک مربوط است که شامل سود پرداختی به سپرده‌ها، کارمزدهای پرداختی، جوایز و امتیازات و ...است که اکثراً طبق ضوابط و دستورالعمل‌های بانک مرکزی صورت می‌پذیرد بنابراین به‌عنوان ورودی غیراختیاری در نظر گرفته شده است.

مانده هزینه‌های پرسنلی: تمامی هزینه‌های مرتبط با پرسنل شاغل در هر شعبه را در بر می‌گیرد. بدیهی است چون این هزینه‌ها متناسب با تعداد پرسنل شعب است و از اختیار شعبه خارج است به‌عنوان ورودی غیراختیاری در نظر گرفته می‌شود

مانده هزینه‌های اداری: شامل هزینه‌هایی از قبیل هزینه ایاب و ذهاب شهری، هزینه خطوط دیتا، هزینه آب، برق و تلفن و ... بوده که خارج از اختیارات شعبه است به‌عنوان ورودی غیراختیاری در نظر گرفته شده است.

تسهیلات اعطایی: شامل مانده تسهیلات پرداختی شعب است که شامل تسهیلات جاری، سررسید گذشته، معوق و مشکوک الوصول است.

تعداد و مبلغ پرونده‌های اعتبار اسنادی و ضمانت‌نامه صادره بیانگر تعداد و مبلغ ضمانت‌نامه و اعتبارات اسنادی صادر شده توسط شعب است.

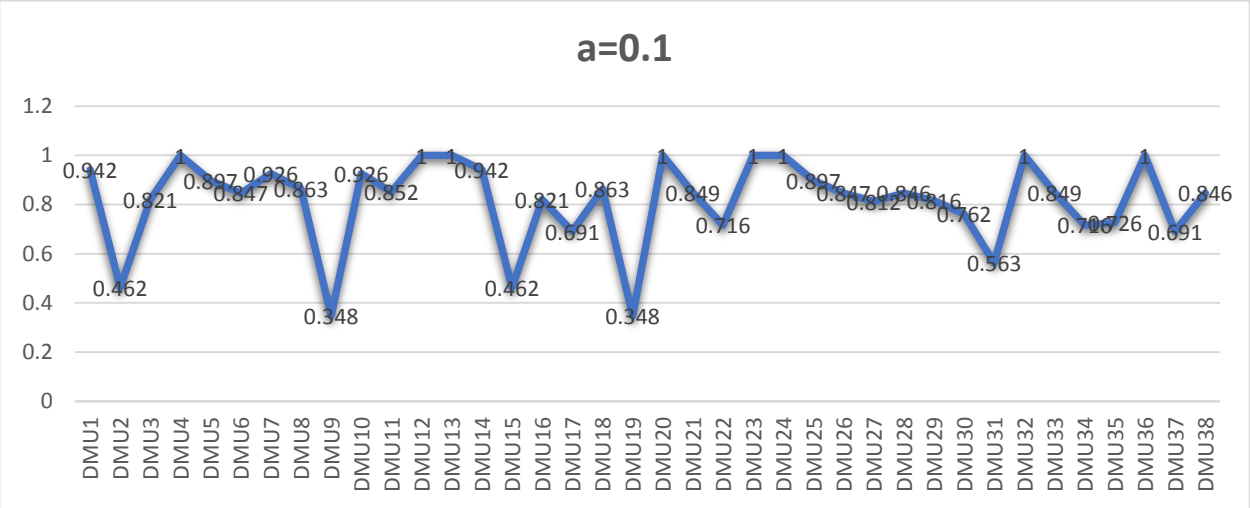
مانده مطالبات غیر جاری: شامل مطالبات سررسید گذشته، معوق و مشکوک‌الوصول است که به ترتیب بیانگر مطالباتی است که از تاریخ سررسید اصل و سود تسهیلات و یا تاریخ قطع پرداخت اقساط بیش از دو ماه گذشته است، ولی تأخیر در بازپرداخت، هنوز از ۶ ماه تجاوز نکرده است، بیش از ۶ ماه و کمتر از ۱۸ ماه از تاریخ سررسید و یا از تاریخ قطع پرداخت اقساط سپری شده و تمامی اصل و سود تسهیلاتی که بیش از ۱۸ ماه از سررسید و یا از تاریخ قطع پرداخت اقساط آن‌ها سپری شده و مشتری هنوز اقدام به بازپرداخت بدهی خود نکرده است. به دلیل اینکه در گروه بدهی‌های بانکی قرار داشته و به شعب هزینه تحمیل می‌نماید به‌عنوان خروجی نامطلوب در نظر گرفته می‌شود.

وصولی تسهیلات اعطایی: شامل تمامی بازپرداخت‌ها و دریافتی‌های مطالبات جاری و غیر جاری بانک است.

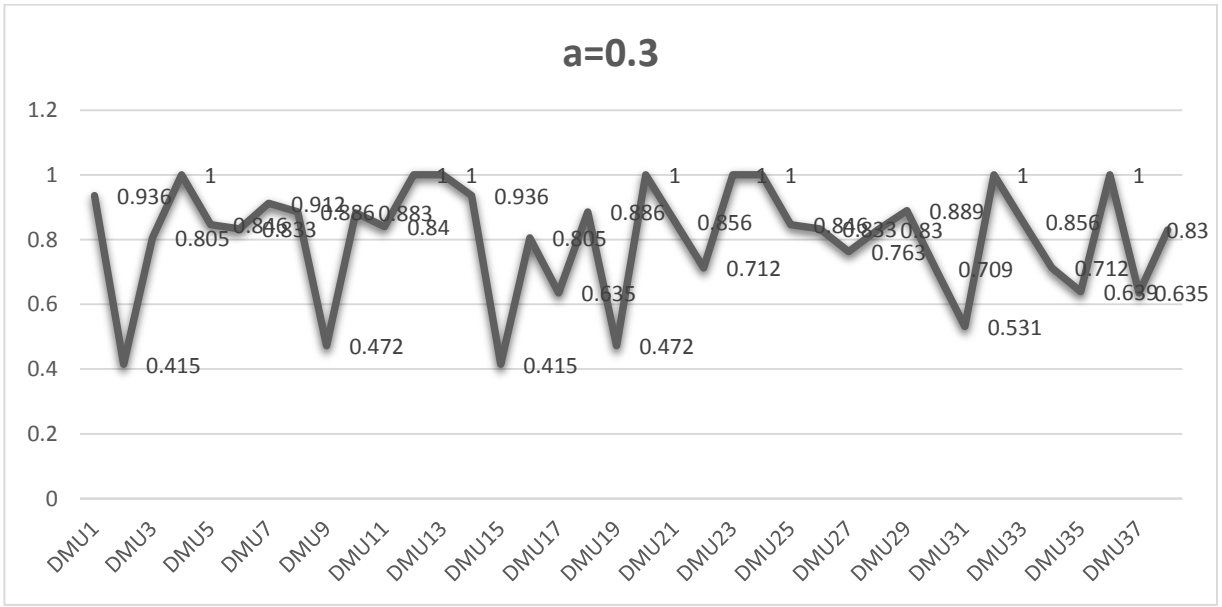
خالص مانده درآمدهای مشاع درآمدهای مشاع بانک‌ها از مجموع سود تسهیلات اعطایی و سود و زیان حاصل از سرمایه‌گذاری‌ها حاصل می‌شود که اگر از این درآمد حاصل‌شده، سهم سود سپرده‌گذاران کسر شود، سهم بانک از درآمدهای مشاع حاصل می‌شود. همچنین درآمدهای غیر مشاع نیز مجموع درآمدهای حاصل از کارمزد، مبادلات ارزی و سایر فعالیت‌های مشاوره‌ای بانک‌ها است.

۴- نتایج حاصل از تحلیل داده‌ها

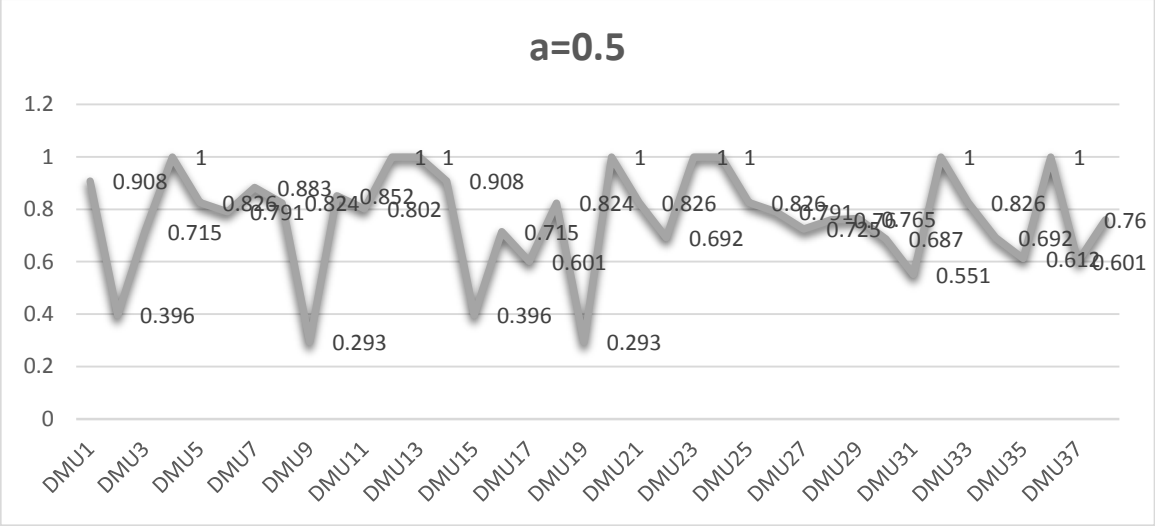
همان‌طور که در قسمت مدل‌سازی در فصل سوم مشاهده شد، در این پژوهش از رویکرد برش آلفا جهت مدل‌سازی فازی استفاده می‌گردد. آلفاهای مختلف که بیانگر درجه عضویت‌های مختلف هستند، درصدهای متفاوتی از قطعیت در داده‌ها را نشان می‌دهند. برای مثال $\alpha=۰/۱$ بیانگر قطعیت پایین در داده‌ها است (درصد عدم قطعیت بسیار بالاست). به‌بیان‌دیگر در این برش، فاصله بین کران بالا و کران پایین داده زیاد است. هرچه به سمت آلفاهای بالاتر پیش رویم این عدم قطعیت کمتر می‌شود و طول بازه کوتاه‌تر می‌گردد به‌طوری‌که در $\alpha=۱$ کران بالا و کران پایین بر یکدیگر منطبق می‌شوند و داده قطعی خواهد بود. بنابراین محاسبه کارایی در آلفاهای مختلف امکان ارزیابی در درجه‌های مختلفی از قطعیت در داده‌ها را فراهم می‌کند. پس از گردآوری داده‌های مربوط به هر شاخص برای شعب مورد بررسی (هر شعبه به‌عنوان یک DMU)، مدل ارائه‌شده توسط نرم‌افزار لینگو برای آلفا ۰/۱، ۰/۳، ۰/۵، ۰/۷ و ۰/۹ اجرا گردید. نتایج به شرح زیر می‌باشند.



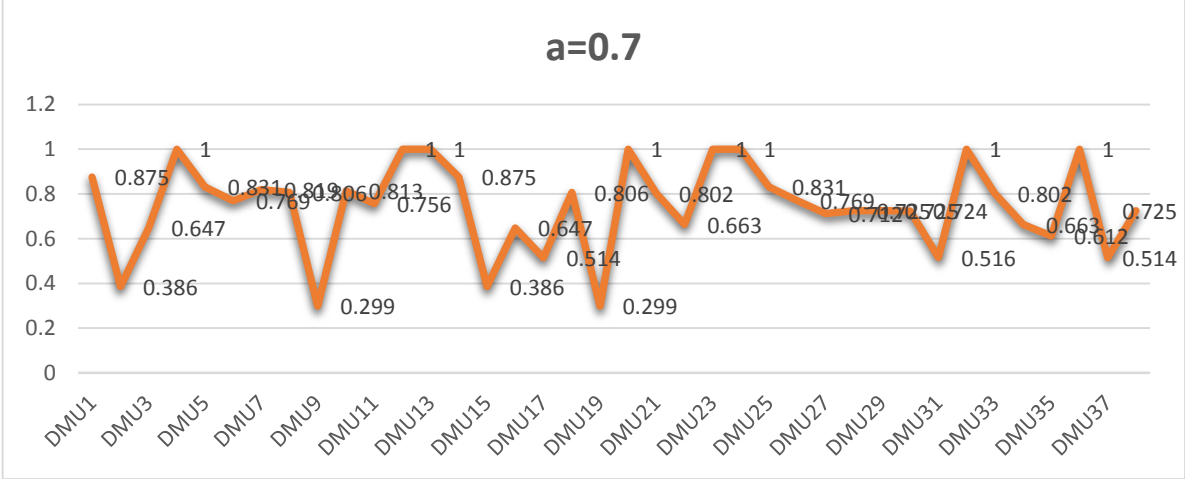
شکل ۴: مقدار کارایی به ازای α=۰/۱



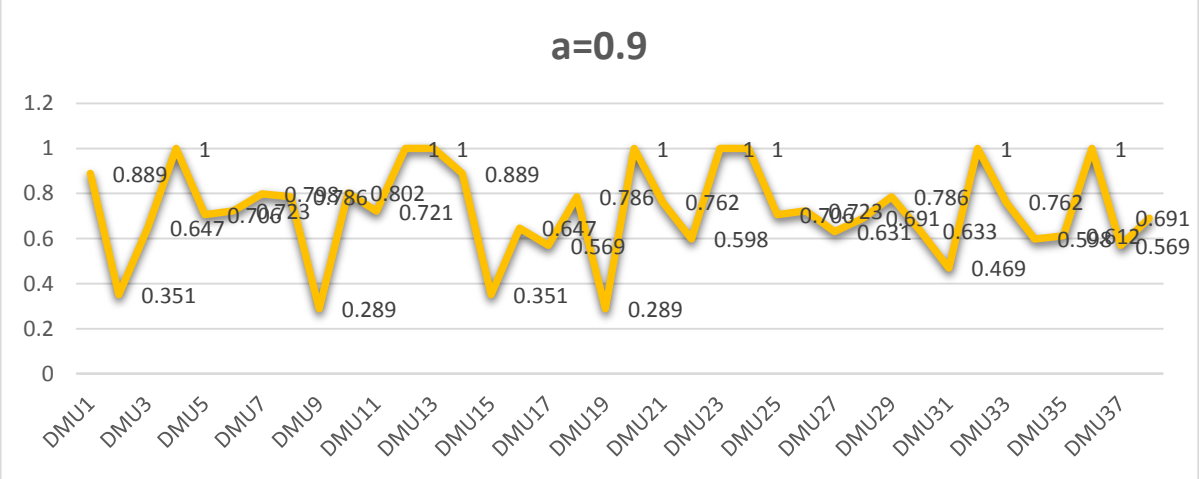
شکل ۵: مقدار کارایی به ازای α=۰/۳



شکل ۶: مقدار کارایی به ازای α=۰/۵



شکل ۷: مقدار کارایی به ازای α=۰/۷



شکل ۸: مقدار کارایی به ازای α=۰/۹

رتبه‌بندی واحدهای تصمیم‌گیری

مدل تحلیل پوششی داده‌ها به اندازه‌گیری کارایی نسبی واحدهای تحت بررسی پرداخته و قابلیت رتبه‌بندی دقیق واحدها را ندارد. زمانی که چند واحد تصمیم گیر کارا با مقدار کارایی برابر با یک وجد داشته باشد نمی‌توان رتبه‌بندی برای آن‌ها لحاظ نمود. در واقع مدل تحلیل پوششی داده‌ها، واحدهای تحت بررسی را به دو گروه واحدهای کارا و ناکارا تقسیم می‌کند که در آن، امتیاز

واحدهای کارا برابر با ۱ و واحدهای ناکارا کمتر از مقدار عددی ۱ است. به‌منظور حل این مسئله روش‌های متعددی توسط محققین مطرح شده‌اند که از بین آن‌ها دو روش اندرسون-پیترسون و شاخص کمینه حداکثر زیان (پشیمانی) در این پژوهش جهت رتبه‌بندی واحدهای تصمیم‌گیری استفاده می‌شود.

روش شاخص کمینه حداکثر زیان (پشیمانی)[7]

در ارزیابی کارایی به‌صورت غیرقطعی، از آن جا که امتیاز کارایی نهایی برای هر واحد تصمیم گیری به صورت غیر قطعی (فازی) نشان داده می شود، نیاز به رویکردی برای مواجهه با این عدم قطیت است. بدین منظور می توان از روش MRA که توسعه یافته روش وانگ و همکاران است، استفاده نمود.

به‌منظور رتبه‌بندی ۳۸ شعبه مورد بررسی از روش MRA به‌صورت زیر استفاده می‌کنیم:

با در نظر گرفتن $A_i = [a_i^L, a_i^U] = \big(m(A_i), w(A_i)\big), (i = 1,2, \dots, n)$ به‌عنوان بازه‌های واحدهای تصمیم‌گیری، $w(A_i) = \frac{1}{2}(a_i^R - a_i^L)$ و $m(A_i) = \frac{1}{2}(a_i^R + a_i^L)$ نشان‌دهنده عرض و مرکز آن‌ها است.با فرض اینکه $A_i = [a_i^L, a_i^U]$ به‌عنوان بهترین بازه کارایی انتخاب شود و $b = max_{j\neq i} a_j^U$، واضح است که اگر $a_i^L < b$ باشد، واحد تصمیم‌گیری ممکن است از افت کارایی رنج ببرد که به آن فرصت ازدست‌رفته نیز گویند و احساس پشیمانی کند. حداکثر افت کارایی که این واحد ممکن است از آن رنج ببرد از فرمول زیر محاسبه می‌شود.

$$\max(r_i) = b - a_i^L = max_{j\neq i}\{a_j^U\} - a_i^L$$

درصورتی‌که $a_i^L \geq b$ باشد، واحد هیچ مقدار کارایی را از دست نداده و احساس پشیمانی نمی‌کند.در ا در حالت پشیمانی یا فرصت ازدست‌رفته آن صفر در نظر گرفته می‌شود $r_i = 0$. با ترکیب دو حالت بالا خواهیم داشت که:

$$\max(r_i) = \max[max_{j\neq i}\{a_j^U\} - a_i^L]$$

بنابراین شاخص کمینه حداکثر زیان بازه کارایی را انتخاب خواهد کرد که شرایط زیر را ارضا کند و بهترین بازه کارایی باشد:

$$\min\{\max(r_i)\} = \max[max_{j\neq i}(a_j^U) - a_i^L, 0]$$

حال برای رتبه‌بندیDMU ها گام‌های حذفی زیر را باید انجام دهیم:

گام ۱: ماکزیمم عدد کارایی را محاسبه می‌کنیم، بهترین بازه کارایی بازه کارایی است که کمترین مقدار افسوس را دارد به‌طور مثال A_{i_1} را در نظر می‌گیریم که $1 \leq i_1 \leq$ n

گام ۲: A_{i_1} را حذف نموده و دوباره عدم کارایی را برای بقیه بازه‌ها محاسبه می‌کنیم و بهترین بازه کارایی را بین $\mathrm{n}-1$ بازه کارایی تعیین می‌کنیم، به‌طور مثال A_{i_2} را در نظر می‌گیریم که $1 \leq i_2 \leq$ n و $i_2 \neq i_1$

گام ۳: A_{i_2} را حذف نموده و همین کار برای $n\text{-}2$ بازه کارایی انجام می‌دهیم.

گام ۴: مراحل بالا را تا آنجایی تکرار می‌کنیم که فقط یک بازه کارایی باقی بماند.

در ادامه، بر اساس گام‌های ذکرشده برای روش رتبه‌بندی MRA به رتبه‌بندی شعب اقدام می‌شود.

جدول ۳: کارایی کلی در حالت خوش‌بینانه و بدبینانه

واحد تصمیم‌گیرنده	کارایی کلی در حالت خوش‌بینانه	کارایی کلی در حالت بدبینانه	رتبه
DMU4	*1*	*1*	*1*
DMU12	*1*	*1*	*1*
DMU13	*1*	*1*	*1*
DMU20	*1*	*1*	*1*
DMU23	*1*	*1*	*1*
DMU24	*1*	*1*	*1*
DMU32	*1*	*1*	*1*

[7] *Minimax regret-based approach(MRA)*

1	1	1	DMU36
2	0.939	0.942	DMU1
3	0.938	0.941	DMU14
4	0.936	0.938	DMU7
5	0.916	0.926	DMU10
6	0.911	0.917	DMU5
7	0.888	0.897	DMU25
8	0.882	0.889	DMU8
9	0.863	0.863	DMU18
10	0.841	0.859	DMU11
11	0.844	0.852	DMU21
12	0.842	0.849	DMU33
13	0.830	0.841	DMU6
14	0.822	0.837	DMU26
15	0.821	0.835	DMU28
16	0.819	0.833	DMU38
17	0.816	0.831	DMU3
18	0.810	0.821	DMU16
19	0.801	0.819	DMU29
20	0.801	0.816	DMU27
21	0.796	0.812	DMU30
22	0.743	0.762	DMU35
23	0.716	0.726	DMU22
24	0.706	0.716	DMU34
25	0.697	0.706	DMU17
26	0.681	0.691	DMU37
27	0.676	0.686	DMU31
۲۸	0.543	0.563	DMU2
۲۹	0.452	0.462	DMU15
۳۰	0.462	0.442	DMU9
۳۱	0.328	0.348	DMU19

روش اندرسون-پیترسون:

اندرسون و پیترسون در سال ۱۹۹۳ مدلی برای رتبه‌بندی واحدهای کارای ناشی از حل مدل تحلیل پوششی داده‌ها توسعه دادند. با استفاده از این روش، واحدهای کارا می‌توانند کارایی واحد محاسبه خواهد شد.

امتیازی بیش از یک دریافت کنند و نظیر واحدهای غیرکارا رتبه‌بندی شوند. روش کار مدل اندرسون-پیترسون به این صورت است که پس از حل مدل، چنانچه واحد تحت بررسی، واحد کارای k ام باشد، از طریق حل مدل زیر امتیاز

$$Max\ Z_k = \sum_{r=1}^{s} u_r y_{rk}$$

St:

$$\sum_{i=1}^{m} v_i\, x_{ik} = 1$$

$$\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij} \ \leq 0 \qquad j = 1, \dots, n$$

$$u_r, v_i \geq \varepsilon$$

مدل پوششی روش فوق نیز به شرح زیر است:

$$Min\ y_o = \theta - \varepsilon\left(\sum_{r=1}^{s} s_i^+ + \sum_{i=1}^{m} s_r^-\right)$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j x_{ij} + s_i^- = \theta x_{ik} \qquad (i = 1, \dots, m)$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j y_{rj} + s_i^+ = y_{rk} \qquad (r = 1, \dots, s)$$

$\lambda_j \geq 0, s_r^- \geq 0, s_i^+ \geq 0$ θ آزاد در علامت

در مرحله بعد، محدودیت‌های مربوط به واحدهای کارایی که امتیاز آن‌ها در مدل فوق معادل یک شده را حذف و دوباره مدل حل می‌شود. ازآنجاکه در مرحله دوم محدودیت به واحد تحت بررسی که حد بالای آن عدد ۱ است حذف می‌شود، مقدار کارایی می‌توانند بیش از یک گردد. به‌این‌ترتیب، واحدهای کارا با امتیازاتی بالاتر از یک رتبه‌بندی می‌شوند.

جدول ۴: رتبه‌بندی شرکت‌های کارا

	امتیاز کارایی	رتبه
DMU23	*1.38*	*1*
DMU32	*1.27*	*2*
DMU12	*1.19*	*3*
DMU13	*1.12*	*4*
DMU4	*1.03*	*5*
DMU20	*1.03*	*6*
DMU36	*1.021*	*7*
DMU24	*1.016*	*8*

۵- نتیجه‌گیری و پیشنهادهای پژوهش

مسئله ارزیابی کارایی یکی از مهم‌ترین چالش‌های پیش روی مدیران در صنعت پویا و حیاتی بانکداری به شمار می‌رود .فقدان کارایی به‌منزله بالا بودن هزینه‌های پول در بانک بوده که باعث بالا رفتن هزینه‌ها، کاهش سودآوری و ایجاد بحران‌های مالی در بانک‌ها می‌شود .ازاین‌رو نگاهی عمیق و سخت گیرانه به مسئله ارزیابی کارایی در بانک‌ها حائز اهمیت بسیار است. مدل‌های مبتنی بر تحلیل پوششی داده‌ها کاربردهای وسیعی در حوزه سنجش و ارزیابی کارایی بانک‌ها داشته‌اند. زمانی که داده‌ها بصورت نادقیق یا بطور مبهم توصیف شوند، ضرورت به کارگیری نظریه فازی برای نمایش نوعی از داده‌ها احساس می‌شود. 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 می دهند. لذا توسعه مدل شبکه‌ای تحلیل پوششی داده‌ها درمحیط فازی باعث ارتقاء کارایی مدل‌های شبکه‌ای می‌شود. 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 کنار موارد مذکور، در نظر گرفتن نامطلوب بودن برخی از از خروجی هاو نیز غیر اختیاری بودن انتخاب برخی از ورودی ها نیز منجر به کاربردی شدن مدل و نزدیک شدن به دنیای واقعی می شود.همانطور که در قسمت پیشینه تحقیق بررسی شد باید در نظر داشت که هر یک از مقالات موجود در این زمینه، ویژگی و مفروضات خاصی را مورد بررسی قرار داده‌اند و نمی توان تحقیق مشابهی را یافت که همزمان مفروضاتی از جمله در نظر گرفتن روابط درونی بین واحدهای تصمیم‌گیری (شبکه‌ای بودن)، غیرقطعی بودن داده‌های در اختیار، غیر اختیاری بودن برخی ورودی‌های سیستم مورد بررسی و نامطلوب بودن برخی ستانده‌های بررسی مورد سیستم را در نظر گرفته باشند.که این موضوع باعث می شود نتوان مقایسه ای بین نتیجه این تحقیق و سایر تحقیقات انجام داد.

در این پژوهش با توجه به توضیحاتی که در خصوص دلایل استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها شد، سعی شد تا با اضافه کردن ویژگی‌های و مفروضات دیگری به مدل سنتی تحلیل پوششی داده‌ها، از مدلی استفاده نمود که با شرایط واقعی مرتبط با واحدهای تصمیم‌گیری منطبق‌تر بوده و

میزان کارایی را به‌صورت دقیق‌تری محاسبه نماید. با توجه به نیاز استفاده از ورودی‌ها و خروجی‌ها در مدل تحلیل پوششی داده‌ها جهت محاسبه مقدار کارایی هر واحد تصمیم‌گیرنده در این پژوهش سعی بر این بود تا ورودی‌های و خروجی‌های مدل به‌صورت علمی و منطبق با پیشینه تحقیق و نظرات خبرگان موضوع شناسایی‌شده و پس از آن با جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز از شعب برای آن‌ها، با استفاده از مدل توسعه موردنظر میزان کارایی هر یک از شعب را بررسی نمود. بدین منظور، ابتدا بر اساس مطالعات صورت گرفته در مقالات و پایان‌نامه‌های مرتبط و نیز پژوهش‌های گذشته و مطالعات میدانی و کسب نظر از خبرگان این صنعت، شاخص‌هایی به‌عنوان ورودی و خروجی در نظر گرفته شدند. پس از شناسایی شاخص‌ها، در ادامه پژوهش، به‌منظور غربالگری اولیه شاخص‌های شناسایی‌شده از ادبیات تحقیق، از روش دلفی فازی استفاده شد. پس از تائید اولیه شاخص‌ها با استفاده از روش دلفی، از تکنیک تحلیل عاملی تاییدی به نهایی سازی شاخص‌های غربال‌شده توسط روش دلفی اقدام شد. پس از شناسایی شاخص‌های ورودی و خروجی، مدل پژوهش با استفاده از داده‌های جمع‌آوری‌شده حل شد. نتایج حاکی از آن است که از بین ۳۸ شعبه مورد بررسی، ۸ شعبه کارا و ۲۸ شعبه دیگر ناکارا هستند.

پیشنهادهای کاربردی:

با استفاده از مدل توسعه‌یافته در این پژوهش، شعب مورد بررسی ارزیابی‌شده و شعب کارا شناسایی شدند. بنابراین می‌توان از واحدهای کارا به‌عنوان الگوی واحدهای ناکارا استفاده نمود و آن‌ها را در جهت کارایی بیشتر تا رسیدن به مرز کارایی تشویق و سازمان‌دهی نمود.

با استفاده از نتایج حاصله از حل مدل تحلیل پوششی داده‌ها، می‌توان با معرفی واحد الگو به هر یک از واحدهای ناکارا و مسئولان اجرایی، جهت افزایش کارایی و دستیابی به عملکرد بهینه برنامه‌ریزی نمود. بدین منظور برای هر یک از شعب، مقادیر مطلوب با استفاده از ایجاد یک واحد مجازی مشخص شود.

تحقیقات آتی:

بکارگیری مدل ارائه‌شده در این پژوهش برای ارزیابی عملکرد سازمان‌ها و مؤسسات مختلف.

اضافه نمودن رویکرد چند دوره‌ای و در نظر گرفتن داده‌های چندین دوره مختلف برای ارزیابی کارایی در دوره‌های مختلف

فهرست منابع

احدزاده نمین، مهناز؛ خمسه، الهه و محمدی، فرزانه (۱۳۹۸). ارزیابی عملکرد شعب بانک با استفاده از رویکرد کنترل وزن در تحلیل پوششی داده‌ها. مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار، ۱۰(۴۰)، ۲۸-۱.

پورکاظمی، محمدحسین؛ صداقت، الدار و زیرک (۱۳۹۶). ارزیابی پتانسیل رشد شعبه بانک با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها (مطالعه موردی شعب درجه یک بانک اقتصاد نوین استان تهران). فصلنامه پژوهش‌های پولی-بانکی، سال ۱۰(۳۳)،۴۰۸-۳۸۳.

تقوی فرد، محمدتقی؛ امیری، مقصود و مظفری، رقیه (۱۳۹۶). سنجش کارایی مدیریت شعب بانک ملی با استفاده از تحلیل پوششی داده‌های سه مرحله‌ای. پژوهش‌های نوین در تصمیم‌گیری، ۲(۱) و ۷۲-۵۱.

جهانگیری، عباس (۱۳۹۷). کاربرد تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها در نظام بانکداری ایران. نشریه تصمیم‌گیری و تحقیق در عملیات دوره ۳ ،شماره(۴).بهمن ۱۳۹۷.

ژیانی رضایی، حامد؛ گلزاریان پور، سیاوش و ماهیان، مجید.(۱۳۹۵).کارایی شعب بانک سپه ایران با استفاده از روش تجزیه‌وتحلیل پوششی داده‌های پنجره‌ای (مطالعه موردی: شعب درجه ۳ بانک سپه شهر مشهد). فصلنامه مطالعات مالی و بانکداری اسلامی، سال دوم ، شماره چهار، پاییز و زمستان ۹۵.

سبحانی، حسن و کارجو، حلیمه. (۱۳۹۱). بررسی و اندازه‌گیری کارایی فنی شعب منتخب بانک‌های صادرات استان تهران. پژوهش‌ها و سیاست‌های اقتصادی، ۲(۶۲)، ۲۱۱-۱۹۵.

سجادی فر، سیدحسین؛ عسلی، مهدی؛ فتحی بهرام؛ محمدباقری، اعظم. (۱۳۹۴). اندازه‌گیری کارایی انرژی با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها با خروجی‌های نامطلوب. برنامه‌ریزی و بودجه، ۲۰(۴)، ۷۰-۵۵.

غیوری مقدم، علی؛ علیپور، صفدر؛ نعمت الهی، زعیمه و اصغری، ایرج. (۱۳۹۶). تعیین کارایی هزینه و سود بانک‌ها

با استفاده از تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها و بررسی عوامل تعیین‌کننده آن. پژوهش‌های تجربی حسابداری، ۷(۳)، ۸۱-۱۰۰.

معظمی گودرزی، محمدرضا؛ جابرانصاری، محمدرضا؛ معلم، آذر؛ شکیبا، محبوبه. (۱۳۹۳). کاربرد تحلیل پوششی داده‌ها در ارزیابی کارایی نسبی و رتبه‌بندی شعب بانک رفاه استان لرستان و مقایسه نتایج آن با روش تاپسیس. پژوهش‌های رشد و توسعه پایدار، ۱۴(۱)، ۱۲۶-۱۱۵.

معمارپور، مهدی و واعظی، احسان.(۱۳۹۶)ارزیابی کارایی و رتبه‌بندی شعب یک بانک خصوصی با استفاده از رویکرد تحلیل پوششی دومرحله‌ای و تکنیک رتبه‌بندی بردا. نشریه تصمیم‌گیری و تحقیق در عملیات دوره ۲ ،شماره(۲).بهمن ۱۳۹۶.

میرمحمدصادقی، علیرضا؛ مغان، مهدی؛ کشاورز، مهدی؛ کشاورز، مهرنوش (۱۳۹۵)، ارزیابی سیستم و زیرسیستم‌های تهویه قطارهای مترو تهران به کمک مدل تحلیل پوششی داده‌های ارتباطی فازی، فصلنامه مدیریت صنعتی دانشگاه علامه طباطبائی.

Chen, Y. Ch., Chiu Y. H., Huang, Ch. W., & Heng T. Ch. (2013). The analysis of bank business performance and market risk—Applying Fuzzy DEA. Economic Modelling, 32 , 225 –232.

Ebrahimnejad, A., Tavana, M., Hosseinzadeh Lotfi, F., Shahverdi, R., & Yousefpour, M. (2014). A tree-stage data envelopment analysis model with application to banking industry.Measurement, 49, 308-319.

Goyal J., Singh M, Singh R , & Aggarwal Arun(2018). Efficiency and technology gaps in Indian banking sector: Application of meta-frontier directional distance function DEA approach. The Journal of Finance and Data Science xx (2018): 1-17.

Hadian, E., & Azimi Hosseini, A. (2004). Measuring the efficiency of the Iranian banking system using dea approach. Iranian Economic Research, 6(20), 1-25.

Henriques, I.C., Sobreiro, V.A., Kimura, H., Mariano, E.B. (2020). Two-Stage DEA in Banks:Terminological Controversies and Future Directions, Expert Systems with Applications. Volume 161, 113632.

Kao, C. (2014). Network Data Envelopment Analysis: A Review; uropean Journal of Operational Research, 239: 1-16.

Khalili-Damghani, K., Shahmir, Z.(2015). Uncertain network data envelopment analysis with undesirable outputs to evaluate the efficiency of electricity power production and distribution processes, Computers & Industrial Engineering.1-61.

Kong WH, Fu TT, Yu M. M.(2017). Evaluating taiwanese bank efficiency using the two-stage range DEA model. Int J Inf Tech Decis;16:1043–60.

Lozano S., & Moreno P.,(2014) Network Fuzzy Data Envelopment Analysis. Studies in Fuzziness and Soft Computing.207-230.

Mohtashami, A., & MohammadkhaniGhiasvand, B. (2020) Z-ERM DEA integrated approach for evaluation of banks & financial institutes in stock exchange. Expert Systems with Applications.Volume 147, , *113218.*

Olfat L., Pishdar, Mahsa.(2017). Interval type-2 fuzzy dynamic network data envelopment analysis with undesirable outputs considering double frontiers: An application to Iran Airports, sustainability evaluation. International Journal of Industrial Engineering, 24(6), 635-662.

Puri J., & Yadav Sh.P.(2014). A fuzzy DEA model with undesirable fuzzy outputs and its application to the banking sector in India. Expert Systems with Applications.

Puri J., & Yadav Sh.P.(2017). Improved DEA models in the presence of undesirable outputs and imprecise data: an application to banking industry in India. Int J Syst Assur Eng Manag.

Sherman, H., & Gold, d. (1985).Bank branch operating efficiency: Evaluation With data envelopment analysis. Journal of banking and finance, 9, 297-316.

Tsolas, I.E., Charles, V., Gherman, T. (2020) . Supporting Better Practice Benchmarking: A DEA-ANN Approach to Bank Branch Performance Assessment, Expert Systems with Applications. Volume 160, 113599.

Wang, W-K., Lu, W-M., Liu, Pei-Yi(2015). A fuzzy multi-objective two-stage DEA model for evaluating the performance of US bank holding companies. Expert Systems with Applications, 41, 4290–4297.

Wanke P., Abul Kalam Azad Md. Emrouznejad , Ali (2018). Efficiency in BRICS banking under data vagueness: A two-stage fuzzy approach. Global Finance Journal, 35,58–71.

Wanke Peter, Abul Kalam Azad M, Emrouznejad A & Antunes Jorge.(2019) A

dynamic network DEA model for accounting and financial indicators: A case of efficiency in MENA banking. International Review of Economics and Finance 61 (2019) 52–68.

Wasiaturrahma, Sukmana, R., Rohmatul, S., Cahyaning, A., Salama U., & Hudaifah A. (2020). Financial performance of rural banks in Indonesia: A two-stageDEA approach. Heliyon, 6, e04390.

ZhouX., Xu, Zh., Chai, J., Yao, Liming., Wang, Sh., Le, B.(2019). Efficiency evaluation for banking systems under uncertainty: A multi-period three-stage DEA model. Omega,85,68–82.

Journal of Financial Knowledge of Securities Analysis

Vol. 16 / No. 58, Summer 2023

Application of fuzzy network data envelopment analysis model with optional input-undesirable output in order to evaluate the performance of bank branches

Hasan Amini Javid[1]

*Mohammad Ebrahim Mohammad pourzarandi**[2]

Mirfeyz FallahShams[3]

Naghi shoja[4]

Abstract

The issue of efficiency evaluation is one of the most important challenges facing managers in the dynamic and vital banking industry. Due to the very important and fundamental role of banks in most economic activities, the study of bank efficiency has a special place. Models based on data envelopment analysis had wide applications in the field of measuring and evaluating the efficiency of banks. In this study, we tried to add other assumptions to the traditional model of data envelopment analysis, using a model that is more consistent with the real conditions related to decision-making units and calculates the efficiency more accurately. In designing the data envelopment analysis model in the present study, attention has been paid to the networking and internal relations of each decision-making unit, undesirable output, involuntary input and the fuzzy nature of the variables. After developing the model with the mentioned assumptions, first, based on reviewing previous studies as well as field studies and obtaining opinions from industry experts, indicators considered as input and output. After identifying the indicators, fuzzy Delphi method used for initial screening of the identified indicators from the research literature. After the initial approval of the indices, the indices analyzed using the confirmatory factor analysis technique. Finally, the research model solved using data collected by GAMS software and with alpha-cutting approach. The results show that out of 38 branches examined, 8 branches are efficient and another 30 branches are inefficient.

Keywords: *performance evaluation, network data envelopment analysis, fuzzy theory, involuntary input, undesirable output.*

[1] *Ph.D. student, Department of Industrial management, Islamic Azad University, Science and Research branch, Tehran, Iran. Hasan.aminijavid@gmail.com*

[2] *Associate Professor, Department of Management, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.(Corresponding Author): pourzarandi@yahoo.com*

[3] *Associate Professor, Department of Management, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran. fallahshams@gmail.com*

[4] *Associate Professor Department of Mathematic, Firoozkooh Branch, Islamic Azad University, Firoozkooh, Iran. nashoja@gmail.com*