E-ISSN: 3115-7602

Strategic Studies in Financial Management and Insurance

SABA Business Development Holding

www.ssfmi.ir

Fin. Strat. Mgmt. Ins. Vol. 3, No. 2 (2026) 113–125.

Paper Type: Original Article

Application of Common-Weight Inverse Data Envelopment Analysis for Integration with the Aim of Efficiency Score Homogenization: A Case Study of Bank Branche

Mahsa Alizadeh[1,*], Abbas Shoul[1]

[1] Department of Industrial Management, Quality and Productivity Orientation, Faculty of Administrative Sciences and Economics, Vali-Asr University of Rafsanjan, Rafsanjan, Iran; mahsa.alizadeh466@gmail.com; shoul@vru.ac.ir.

Citation:

Alizadeh, M., & Shoul, A. (2026). Application of common-weight inverse data envelopment analysis for integration with the aim of efficiency score homogenization: A case study of bank branche. *Strategic Studies in Financial Management and Insurance, 3*(2), 113-125.

Received: 04/02/2026 Reviewed: 01/04/2026 Revised: 18/04/2026 Accepted: 12/06/2026

Abstract

Purpose: The excessive growth in the number of organizational units, along with challenges such as rising costs, reduced managerial effectiveness, and weakened market power, necessitates structural reorganization. Mergers are among the most effective strategies for addressing these challenges. This study aims to propose an approach for bank merger planning with a focus on homogenizing efficiency scores among merged units.

Methodology: A common-weight inverse Data Envelopment Analysis (DEA) model is developed for merger planning. The proposed model determines the optimal combination of inputs and outputs of merging units to form a new merged entity, while assigning common weights in a way that minimizes the dispersion of post-merger efficiency scores. To demonstrate its applicability, the model is tested using real data from 42 banks in the Gulf region and solved using LINGO 11 software.

Findings: The results indicate that the proposed model effectively identifies appropriate input–output combinations for merged units and produces more homogeneous efficiency scores with lower dispersion compared to existing approaches. In addition, the efficiency of the merged entities is improved.

Originality/Value: The main contribution of this study lies in integrating common-weight inverse DEA into bank merger analysis with an emphasis on efficiency score homogenization. The proposed approach provides a practical decision-support tool for managers in designing merger scenarios and allocating resources efficiently in the post-merger environment.

Keywords: Merger, Data envelopment analysis, Inverse data envelopment analysis, Common weights.

Corresponding Author: mahsa.alizadeh466@gmail.com https://doi.org/10.22105/ssfmi.v3i2.111

Licensee. **Strategic Studies in Financial Management and Insurance**. 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 در مدیریت مالی و بیمه

دوره ۳، شماره (۲)، (۱۴۰۵)، ۱۲۵-۱۱۳

www.ssfmi.ir

نوع مقاله: پژوهشی

به‌کارگیری تحلیل پوششی داده‌های معکوس-اوزان مشترک جهت ادغام با هدف همگن‌سازی نمره کارایی (مورد مطالعه: شعب بانک)

مهسا علیزاده[1,*]، عباس شول[1]

[1]گروه مدیریت صنعتی، گرایش کیفیت و بهره‌وری، دانشکده علوم اداری و اقتصاد، دانشگاه ولی‌عصر رفسنجان، رفسنجان، ایران.

چکیده

هدف: افزایش تعداد واحدهای سازمانی و پیامدهایی نظیر افزایش هزینه‌ها، کاهش کارایی مدیریتی و تضعیف قدرت بازار، ضرورت بازنگری در ساختار سازمان‌ها را افزایش داده است. ادغام واحدها یکی از راهکارهای موثر در این زمینه است. هدف این پژوهش ارایه رویکردی برای برنامه‌ریزی ادغام بانک‌ها با تاکید بر همگن‌سازی نمرات کارایی واحدهای ادغامی است.

روش‌شناسی پژوهش: در این پژوهش، یک مدل تحلیل پوششی داده‌های معکوس مبتنی بر اوزان مشترک برای فرایند ادغام ارایه شد. مدل، ترکیب بهینه ورودی‌ها و خروجی‌های واحدهای ادغام‌شونده را برای تشکیل واحد جدید تعیین کرده و اوزان را به‌گونه‌ای تخصیص می‌دهد که پراکندگی نمرات کارایی پس از ادغام حداقل شود. برای ارزیابی مدل، از داده‌های واقعی ۴۲ بانک حوزه خلیج فارس استفاده و مدل با نرم‌افزار *LINGO 11* حل شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد مدل پیشنهادی قادر است ترکیب مناسبی از منابع و ستانده‌های واحدهای ادغامی را تعیین کرده و در مقایسه با رویکردهای پیشین، نمرات کارایی همگن‌تر و با پراکندگی کمتری ایجاد کند. همچنین کارایی واحدهای حاصل از ادغام بهبود یافت.

اصالت/ارزش‌افزوده علمی: نوآوری اصلی پژوهش در به‌کارگیری تحلیل پوششی داده‌های معکوس مبتنی بر اوزان مشترک در مساله ادغام بانک‌ها و تمرکز بر همگن‌سازی نمرات کارایی است. این رویکرد ابزاری کاربردی برای تصمیم‌گیری مدیران در طراحی سناریوهای ادغام و تخصیص بهینه منابع پس از ادغام فراهم می‌آورد.

کلیدواژه‌ها: ادغام، تحلیل پوششی داده‌ها، تحلیل پوششی داده‌های معکوس، اوزان مشترک.

۱- مقدمه

صنعت بانکداری در دهه‌های اخیر در بسیاری از کشورها، به‌ویژه در اقتصادهای درحال‌توسعه، با چالش‌های ساختاری، رقابتی و نظارتی متعددی روبه‌رو بوده است. در این راستا، ادغام[1] بانک‌ها به‌عنوان یکی از راهبردهای کلیدی برای افزایش کارایی عملیاتی، کاهش هزینه‌های ساختاری، دستیابی به اقتصادهای مقیاس و تقویت ثبات مالی سیستم بانکی موردتوجه سیاست‌گذاران و مدیران ارشد قرار گرفته است [1]. بااین‌حال، موفقیت

[1] Merger

فرایند ادغام مستلزم ارزیابی دقیق عملکرد نسبی بانک‌های هدف و تعیین ساختار بهینه ترکیبی است که ضمن حفظ یا بهبود کارایی، از ایجاد ناکارآمدی‌های ساختاری جلوگیری کند.

در این مسیر فرایند ادغام یکی از راهکارهایی است که مدیران در پیش می‌گیرند. از سویی نوآوری‌های فناورانه و توسعه سیستم‌های فن‌آوری اطلاعات جدید که منجر به حذف بسیاری از فرایندها و فعالیت‌های سنتی و گاهی زاید، نیاز به استفاده علمی و عملی از الگوهای مختلف ادغام را تقویت می‌کند، چرا که این وضعیت منجر به رقابت بیشتر و سریع‌تر در میان سازمان‌ها برای کاهش هزینه‌های آن‌ها شده است.

منظور کلی از ادغام، تغییر بنیادی در ارتباط بین اجزا و عناصر مختلف یک سازمان یا یک سیستم با هدف بهبود عملکرد و رفع کاستی‌هاست. از مهم‌ترین دلایلی که برای ادغام وجود دارد می‌توان به مواردی چون افزایش قدرت رقابت در بازار، کاهش میزان ریسک، کاهش هزینه از طریق دستیابی به صرفه‌های مقیاس و حوزه، هم‌افزایی عملیاتی، افزایش صرفه‌های مقیاس و افزایش توان مدیریتی اشاره کرد.

کارایی شرکت‌ها و موسسات مالی از جنبه‌های مختلف تکنیکی، اقتصادی و تخصیصی قابل‌بررسی است. تعیین شاخص جامعی که همه این جنبه‌ها را در نظر بگیرد و وضعیت کارایی یک شرکت، موسسه یا به‌طورکلی یک واحد تصمیم‌گیری[1] را مشخص کند؛ از مباحث مهم در محافل علمی و تخصصی است. تحلیل پوششی داده‌ها[2] یک تکنیک غیرپارامتری برای تعیین وضعیت کارایی مجموعه‌ای از واحدهای مشابه است که با نگاهی جامع، همه شاخص‌های عملکردی اعم از اقتصادی، تکنیکی و ... را در تعیین وضعیت کارایی لحاظ کرده و با تعیین یک نمره کارایی برای هر واحد، امکان رتبه‌بندی واحدها و همچنین شناسایی علل و عوامل ضعیف بودن واحدهای ناکارا را در مقایسه با واحدهای کارا فراهم می‌کند [2].

تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها، در سال‌های اخیر به‌طور گسترده‌ای در ارزیابی عملکرد بانک‌ها به‌کار گرفته شده است [3]. بااین‌وجود، *DEA* سنتی با محدودیت‌هایی از جمله عدم وجود اوزان مشترک برای تمام واحدها و عدم توانایی در پیش‌بینی ورودی‌ها یا خروجی‌های موردنیاز برای دستیابی به سطح کارایی هدف مواجه است. در این راستا، تحلیل پوششی داده‌های معکوس[3] به‌عنوان یک گسترش هوشمند *DEA* معرفی شده است که امکان تعیین مقادیر بهینه ورودی‌ها یا خروجی‌های موردنیاز برای حفظ یا بهبود سطح کارایی را فراهم می‌کند [4].

این روش به‌طور خاص در مسایل برنامه‌ریزی منابع، ادغام سازمانی و تصمیم‌گیری‌های راهبردی کاربرد دارد. علاوه بر این، استفاده از اوزان مشترک[4] امکان مقایسه عادلانه‌تر واحدها را فراهم می‌کند و از تورش‌های ناشی از انتخاب اوزان اختیاری در *DEA* کلاسیک جلوگیری می‌نماید [5].

با توجه به اهمیت روزافزون ادغام‌های بانکی و نیاز به ابزارهای تحلیلی دقیق برای هدایت این فرایندها، این پژوهش با به‌کارگیری چارچوب تلفیقی تحلیل پوششی داده‌های معکوس تحت اوزان مشترک، به دنبال ارایه مدل کاربردی برای تعیین ساختار بهینه ادغام بانک‌هاست. هدف اصلی این مطالعه، نه‌تنها شناسایی بانک‌های ناکارآمد برای ادغام، بلکه تعیین مقادیر بهینه ورودی‌ها و خروجی‌های موردنیاز پس از ادغام برای دستیابی به اهداف از پیش تعیین شده است.

از دیدگاه روش‌شناختی ادغام، تحلیل پوششی داده‌های معکوس با مجموعه مشترک وزن‌ها سهم جدیدی در ادبیات تحقیق عملیاتی و کارایی دارد. درحالی‌که *Inv-DEA* به بعد آینده‌نگر تصمیم‌گیری (به‌ویژه در برنامه‌ریزی ادغام) می‌پردازد و *CSW* انصاف و قابلیت مقایسه را در ارزیابی کارایی تضمین می‌کند، کاربرد ترکیبی آن‌ها، به‌ویژه در زمینه‌های سیاست‌گذاری دنیای واقعی، همچنان ناشناخته مانده است. با پر کردن این شکاف روش‌شناختی، چارچوب پیشنهادی مرز سیستم‌های پشتیبانی تصمیم‌گیری مبتنی بر *DEA* را پیش می‌برد و ابزاری قوی‌تر، عادلانه‌تر و تجویزی‌تر برای تخصیص منابع استراتژیک ارایه می‌دهد.

مدل پیشنهادی *InvDEA-CSW* مستقیما به این شکاف سیاستی می‌پردازد. این مدل، تصمیم‌گیران را قادر می‌سازد تا ۱- بانک‌های ناکارآمد و مناسب برای ادغام‌های پیشرو را شناسایی کنند، ۲- کارایی پس از ادغام را تحت سناریوهای جایگزین شبیه‌سازی کنند، ۳- اهداف بهینه ورودی-خروجی

[1] Decision Making Unit (DMU)
[2] Data Envelopment Analysis (DEA)
[3] Inverse DEA
[4] Common Set of Weights (CSW)

موردنیاز برای دستیابی به سطوح کارایی مطلوب را تعیین کنند و ۴- اوزان مشترک را طوری تعیین نماید که کارایی به‌دست آمده برای واحدها بعد از ادغام کمترین پراکندگی را داشته باشد و از این طریق برنامه‌ریزی ادغام را از یک اقدام اداری به یک فرایند راهبردی مبتنی بر شواهد تبدیل کنند.

۲- پیشینه تحقیق

ارزیابی کارایی شعب بانک و تصمیم‌گیری در مورد ادغام آن‌ها همواره یکی از چالش‌های کلیدی در مدیریت بانکی بوده است. در این زمینه، تحلیل پوششی داده‌ها به‌عنوان یک روش غیرپارامتری برای سنجش کارایی نسبی واحدهای تصمیم‌گیرنده مورد استقبال گسترده قرار گرفته است. مدل‌های اولیه *DEA* با فرض بازده به مقیاس ثابت [6] و سپس با فرض بازده به مقیاس متغیر [7] معرفی شدند. این مدل‌ها به‌طور گسترده در ارزیابی عملکرد شعب بانک‌ها به‌کار گرفته شده‌اند.

بااین‌حال، یکی از محدودیت‌های اصلی *DEA* کلاسیک، آزادی در انتخاب اوزان برای هر *DMU* است که منجر به امتیازات کارایی خوش‌بینانه و عدم امکان مقایسه مستقیم بین واحدها می‌شود. برای رفع این مشکل، رویکردهای اوزان مشترک توسعه یافتند که در آن‌ها یک مجموعه وزن یکسان برای تمام واحدها به‌کار گرفته می‌شود. از جمله روش‌های برجسته در این حوزه می‌توان به روش‌های پیشنهادی [10–8] اشاره کرد که با هدف افزایش عدالت و قابلیت مقایسه در ارزیابی کارایی، اوزان یکسان را بهینه می‌کنند.

از سوی دیگر، تحلیل پوششی داده‌های معکوس به‌عنوان یک گسترش مفهومی از *DEA* کلاسیک، امکان پاسخ به پرسش‌هایی مانند "چه مقدار ورودی باید تغییر کند تا با تغییر خروجی، کارایی واحد حفظ شود؟" را فراهم می‌کند. این مفهوم به‌طور گسترده در برنامه‌ریزی منابع، تصمیم‌گیری استراتژیک و سناریوهای "چه-اگر" به‌کار گرفته شده است [11].

در حوزه بانکداری، برخی پژوهشگران از تحلیل پوششی داده‌های معکوس برای تحلیل سناریوهای ادغام یا تقسیم واحدها استفاده کرده‌اند. به‌عنوان‌مثال غیاثی [12]، یک مدل *DEA* معکوس را برای تعیین تغییرات لازم در ورودی‌ها و خروجی‌های شعب بانک پس از ادغام ارایه داد. همچنین وی و همکاران [13] یک چارچوب برای ادغام دو *DMU* با حفظ کارایی کل سیستم پیشنهاد کردند که بعدها توسط لی و همکاران [14] برای شبکه‌های بانکی گسترش یافت. **جدول ۱** تحقیقاتی که در زمینه ادغام با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها انجام شده است را نشان می‌دهد.

جدول ۱- پیشینه پژوهش.

Table 1- Research background.

شماره	منبع	سال	هدف پژوهش	روش به‌کار رفته	کاربرد	نوآوری/ یافته کلیدی
1	[13]	2000	معرفی مفهوم Inverse DEA	مدل مفهومی	عمومی	پایه‌گذاری DEA معکوس
2	[15]	1999	فرمول‌بندی ریاضی Inverse DEA	برنامه‌ریزی خطی	سیستم اطلاعاتی	اولین مدل عملیاتی
3	[11]	2004	تحلیل حساسیت در Inverse DEA	DEA با داده‌های فاصله‌ای	عمومی	پایداری راه‌حل‌ها
4	[13]	2000	ادغام دو DMU با حفظ کارایی	Inverse DEA	عمومی	تعیین ورودی/خروجی واحد ادغام‌شده
5	[4]	2014	مدل عمومی Inverse DEA	مدل چندهدفه	عمومی	تغییر همزمان ورودی و خروجی
6	[16]	2010	ارایه مدل DEA برای ادغام	DEA کلاسیک+بهینه‌سازی	بانکداری	اولین مدل سیستماتیک ادغام در DEA
7	[12]	2017	ادغام با رویکرد هزینه‌ای	Inverse DEA مبتنی بر هزینه	بانکداری	تمرکز بر کارایی اقتصادی
8	[17]	2018	ادغام بهینه با DEA	DEA + برنامه‌ریزی خطی	شعب بانک	واحد ادغام‌شده ناکارا نباشد.

جدول ۱- ادامه.
Table 1- Continued.

شماره	منبع	سال	هدف پژوهش	روش به‌کار رفته	کاربرد	نوآوری/ یافته کلیدی
9	[18]	2016	مدلسازی همزمان چند کالا و تحلیل رفتار بازار	اقتصاد خرد آماری (Statistical Microeconomics) مبتنی بر تابع کنش و انتگرال مسیر	بازارهای کالا و قیمت‌گذاری	ارایه مدل چندکالایی برای تحلیل همبستگی متقابل و خودهمبستگی قیمت کالاها؛ مدل توانست همبستگی همزمان تا چهار کالا را با دقت مناسب توضیح دهد.
10	[19]	2019	ادغام با رویکرد چندمعیاره	Inverse DEA + MCDM	بانکداری	در نظر گرفتن معیارهای کیفی
11	[20]	2020	ادغام با اوزان مشترک	Inverse DEA + Common Weights	بانکداری	ارزیابی عادلانه با اوزان یکسان
12	[21]	2021	ادغام واحدهای دومرحله‌ای	Two-stage Inverse DEA	سازمان‌های چندمرحله‌ای	در نظر گرفتن ساختار داخلی
13	[22]	2015	ادغام چند DMU با اوزان مشترک	Common Weights + DEA	بین‌المللی	همکاری بین‌المللی، افزایش قابلیت تعمیم
14	[23]	2021	ادغام تحت عدم قطعیت	Fuzzy Inverse DEA	شعب بانک	مواجهه با داده‌های نادقیق
15	[24]	2005	ادغام پویا در چند دوره	Dynamic Inverse DEA	برنامه‌ریزی بلندمدت	مدل‌سازی تغییرات زمانی
16	[25]	2019	ادغام تحت محدودیت‌های عملیاتی	DEA + محدودیت‌های واقعی	بانکداری	کاربردی‌تر کردن مدل برای تصمیم‌گیری واقعی
17	[26]	2024	ادغام با اوزان مشترک و InverseDEA	Inverse DEA + Common Weights	شعب بانک	تلفیق دو رویکرد برای ادغام هوشمند

همان‌طور که پیش‌تر گفته شد؛ در این پژوهش مدلی برای ادغام پیشنهاد می‌شود که نمرات کارایی واحدها پس از ادغام حداقل پراکندگی را داشته باشد. به عبارت بهتر نمرات کارایی واحدها پس از ادغام همگن‌تر خواهند شد. درعین‌حال مقدار بهینه ورودی‌ها و خروجی‌های واحدهای ادغام شونده برای رسیدن به کارایی از پیش تعیین‌شده برای واحد ادغامی تعیین می‌گردد. می‌توان پژوهش حاضر را توسعه‌ای بر پژوهش [26] دانست.

۳- ارایه مدل پژوهش

فرض کنید مجموعه‌ای از n واحد تصمیم‌گیری متجانس با m ورودی و s خروجی در دسترس است. همچنین فرض کنید که برای یک مقدار داده‌شده $DMU_j\ (j=1,2,...,n)$، $x_{ij}, (i=1,2,...,m)$ مقدار ورودی ith است و $y_{rj}, (r=1,2,...,s)$ مقدار خروجی rth است. ما با معرفی فرم نسبت چارنز، کوپر و رودز[1] (CCR) [6]، [7] از **مدل (۱)** شروع می‌کنیم.

[1] Charnes–Cooper–Rhodes (CCR)

$$E_{oo}^{*}=\max \frac{\sum_{r=1}^{s} u_{ro} y_{ro}}{\sum_{i=1}^{m} v_{io} x_{io}},$$

$$s.t.$$

$$\frac{\sum_{r=1}^{s} u_{ro} y_{rj}}{\sum_{i=1}^{m} v_{io} x_{ij}} \le 1, j \in \{1,2,...,n\}, \quad (۱)$$

$$u_{ro} \ge \varepsilon > 0, r \in \{1,2,...,s\},$$

$$u_{io} \ge \varepsilon > 0, i \in \{1,2,...,m\}.$$

مدل (۱) برای ارزیابی عملکرد نسبی برخی از DMUها که به‌عنوان DMU_o مشخص می‌شوند، بر اساس عملکرد مشاهده‌شده $DMU_j (j=1,2,...,n)$ طراحی شده است. یک DMU باید به‌عنوان یک نهاد مسئول برای تبدیل ورودی‌ها به خروجی‌ها در نظر گرفته شود. در **مدل (۱)**، $\varepsilon > 0$ یک ثابت غیر ارشمیدسی را نشان می‌دهد که از هر عدد حقیقی با مقدار مثبت کوچک‌تر است. در عمل، این مفهوم غیرارشمیدسی توسط نرم‌افزار کامپیوتری مدیریت می‌شود. ازاین‌رو، نیازی به تصریح آن نیست. مدل برنامه‌ریزی کسری، همان‌طور که اولین بار در چارنز و کوپر ارایه شد، جایگزینی **مدل (۱)** را با یک مساله برنامه‌ریزی خطی معادل امکان‌پذیر می‌سازد. تبدیل موردنظر را می‌توان در پژوهش [6] یافت. پس از تبدیل به‌صورت $t=\frac{1}{\sum_{i=1}^{m} v_{io} x_{io}}$ و $\bar{u}=tu, \bar{v}=tv$ می‌توانیم **مدل (۱)** را به‌صورت **مدل (۲)** بیان کنیم.

$$E_{oo}^{*}=\max \sum_{r=1}^{s} \bar{u}_{ro} y_{ro},$$

$$s.t.$$

$$\sum_{i=1}^{m} \bar{v}_{io} x_{io} = 1, \quad (۲)$$

$$\sum_{r=1}^{s} \bar{u}_{ro} y_{rj} - \sum_{i=1}^{m} \bar{v}_{io} x_{ij} \le 0, j \in \{1,2,...,n\},$$

$$\bar{u}_{ro} \ge \bar{\varepsilon} > 0, r \in \{1,2,...,s\},$$

$$\bar{v}_{io} \ge \bar{\varepsilon} > 0, i \in \{1,2,...,m\}.$$

آنچه مسلم است این است که **مدل (۲)** باید n بار حل شود تا n واحد تصمیم‌گیری ارزیابی شود. **مدل (۲)** نیز هر DMU را از طریق بهترین وزن‌ها ارزیابی می‌کند؛ بنابراین، وزن ورودی‌ها و خروجی‌ها در ارزیابی هر DMU ممکن است متفاوت باشد. برای حل این مشکل و به‌دست آوردن وزن‌های مشترکت برای همه DMUها و ارزیابی همه DMUها بر اساس اوزان مشترک، **مدل (۳)** را می‌توان ارایه داد [11].

$$\max \left\{ \frac{\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij}} \right\}_{j \in \{1,2,...,n\}},$$

$$s.t. \quad (۳)$$

$$\frac{\sum_{r=1}^{s} u_{ro} y_{rj}}{\sum_{i=1}^{m} v_{io} x_{ij}} \le 1, j \in \{1,2,...,n\},$$

$$u_{ro} \geq \varepsilon > 0,\ r \in \{1,2,...,s\},$$
$$v_{io} \geq \varepsilon > 0,\ i \in \{1,2,...,m\}. \quad (۳)$$

مدل (۳) که با استفاده از روش‌های حل مختلف می‌تواند به یک مساله برنامه‌ریزی خطی تبدیل شود، تنها با حل یک بار مدل، می‌تواند *DMU*ها را ارزیابی کند. مطالعه جامعی از مدل‌های مختلف *CSW* را می‌توان در پژوهش [27] یافت. در ادامه، از ویژگی‌های این مدل برای مطالعه تحلیل ادغام در *DEA* استفاده خواهد شد.

حال فرض کنید، طبق سیاست تعیین‌شده، *DMU*های h و k باید ادغام شوند تا نهاد جدید M را تشکیل دهند؛ بنابراین، این *DMU* قصد دارد حداکثر سطح خروجی $\beta_h + \beta_k$ را با حداقل سطح ورودی $\alpha_h + \alpha_k$ تولید کند.

یکی از اهداف اصلی ادغام، بیشینه‌سازی بردار عملکرد سیستم تحت ارزیابی با *n-1* واحد تصمیم‌گیری است. برای دستیابی به این هدف، یک **مدل چندهدفه غیرخطی (۴)** پیشنهاد شده است.

$$\max \left\{ \frac{\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij}} \right\}_{j \in \{1,2,...,n\}-\{h,k\}}, \quad (۴\text{-}۱)$$

$$\max \frac{\sum_{r=1}^{s} u_r (\beta_{rh} + \beta_{rk})}{\sum_{i=1}^{m} v_i (\alpha_{ih} + \alpha_{ik})}, \quad (۴\text{-}۲)$$

$$s.t.$$

$$\frac{\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij}} \leq 1, j \in \{1,2,...,n\} - \{h,k\}, \quad (۴\text{-}۳)$$

$$\frac{\sum_{r=1}^{s} u_r (\beta_{rh} - \beta_{rk})}{\sum_{i=1}^{m} v_i (\alpha_{ih} + \alpha_{ik})} \leq 1, \quad (۴\text{-}۴)$$

$$0 \leq \alpha_{ih} + \alpha_{ik} \leq x_{ih} + x_{ik}, i \in \{1,2,...,m\}, \quad (۴\text{-}۵)$$
$$0 \leq y_{rh} + y_{rk} \leq \beta_{rh} + \beta_{rk}, r \in \{1,2,...,s\}, \quad (۴\text{-}۶)$$
$$v_i \geq \varepsilon > 0, i \in \{1,2,...,m\}, \quad (۴\text{-}۷)$$
$$u_r \geq \varepsilon > 0, r \in \{1,2,...,s\}. \quad (۴\text{-}۸)$$

با فرض اینکه نهاد ادغام‌شده M در مجموعه امکان تولید[1] قبل از ادغام قرار می‌گیرد، *PPS* در فرایند ادغام تغییر نمی‌کند؛ بنابراین، تلاش تابع هدف اول در **مدل (۴)** رسیدن به E_{jj}^* یا همان سطوح کارایی به‌دست آمده بر اساس **مدل (۲)**، است؛ زیرا واحدها طبق سیاست *DEA* در بهترین شرایط در مقایسه با سایر *DMU*ها رتبه‌بندی می‌شوند. توجه داشته باشید که اگر *PPS* در طول فرایند ادغام تغییر کند، آنگاه E_{jj}^* لزوما هدف مناسبی برای تابع هدف اول نخواهد بود. باید توجه داشت که داده‌های مشاهده‌شده، شرایط بازی را تعیین می‌کنند که باید رعایت شود و فرض اینکه واحد ادغام‌شده M در داخل *PPS* قبل از ادغام قرار می‌گیرد، برای رعایت این قانون است. اگر تصمیم‌گیرنده یک هدف کارایی برابر با E_M^* برای واحد

[1] Production Possibilities Set (PPS)

ادغامی پیشنهاد دهد و به‌عنوان تابع هدف دوم در نظر گرفته شود و با توجه به اینکه متغیرهای d_j، $j \in \{1,2,...,n\}-\{h,k\}$ و d_M متغیرهای انحراف از اهداف در توابع هدف **مدل (۴)** هستند؛ بر این اساس می‌توان مدل پیشنهادی پژوهش را ارایه داد.

۱-۳- مدل پیشنهادی: کمینه‌سازی انحراف کارایی‌ها از میانگین انحراف‌ها

این پیشنهاد مبتنی بر مفهوم انحراف از میانگین انحرافات پایه‌ریزی می‌شود. اگر متغیر d_j، $j \in \{1,2,...,n\}-\{h,k\}\cup\{M\}$ به‌عنوان میزان انحراف در شرط کارایی مربوط به DMU_j و $\bar{d}$ میانگین d_j تعریف شوند، یعنی $\bar{d}=\frac{1}{n}\sum d_j, j \in \{1,2,...,n\}-\{h,k\}\cup\{M\}$، در این صورت تابع هدف، کمینه‌سازی انحراف از میانگین انحرافات ($\bar{d}$) در نظر گرفته شده و **مدل (۵)** پیشنهاد می‌شود.

$$\min = \sum_{j\in\{1,2,...,n\}-\{h,k\}\cup\{M\}} \left|d_j-\bar{d}\right|, \qquad (۵\text{-}۱)$$

$$\frac{\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij}} \le E_j^{**}, j \in \{1,2,...,n\}-\{h,k\}, \qquad (۵\text{-}۲)$$

$$\frac{\sum_{r=1}^{s} u_r (\beta_{rh}-\beta_{rk})}{\sum_{i=1}^{m} v_i (\alpha_{ih}+\alpha_{ik})} \le E_M^{*}, \qquad (۵\text{-}۳)$$

$$d_j \ge 0, j \in (\{1,2,...,n\}-\{h,k\})\cup\{M\}, \qquad (۵\text{-}۴)$$

$$0 \le \alpha_{ih}+\alpha_{ik} \le x_{ih}+x_{ik}, i \in \{1,2,...,m\}, \qquad (۵\text{-}۵)$$

$$0 \le y_{rh}+y_{rk} \le \beta_{rh}+\beta_{rk}, r \in \{1,2,...,s\}, \qquad (۵\text{-}۶)$$

$$v_i \ge \varepsilon > 0, i \in \{1,2,...,m\}, \qquad (۵\text{-}۷)$$

$$u_r \ge \varepsilon > 0, r \in \{1,2,...,s\}. \qquad (۵\text{-}۸)$$

به منظور خطی سازی تابع هدف **مدل (۵)**، می‌توان متغیر Z_j را به‌صورت زیر تعریف کرد:

$$Z_j \ge d_j - \bar{d}, j \in \{1,2,...,n\}-\{h,k\}\cup\{M\}.$$
$$Z_j \ge -d_j + \bar{d}, j \in \{1,2,...,n\}-\{h,k\}\cup\{M\}.$$

در **مدل (۵)** مجموعه **محدودیت‌های (۵-۱)** و **محدودیت (۵-۲)** را می‌توان به‌صورت **محدودیت‌های (۵-۱)′** و **(۵-۲)′** بازنویسی کرد:

$$\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj} + d_j \sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij} - E_{jj}^{*} \sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij} = 0, \qquad j \in \{1,2,...,n\}-\{h,k\}, \qquad (۵\text{-}۱)'$$

$$\sum_{r=1}^{s} u_r (\beta_{rh}+\beta_{rk}) + d_M \sum_{i=1}^{m} v_i (\alpha_{ih}+\alpha_{ik}) - E_M^{*} \sum_{i=1}^{m} v_i (\alpha_{ih}+\alpha_{ik}) = 0, \qquad (۵\text{-}۲)'$$

با تغییر متغیر $d_j \sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij} = d_j'$ و $d_M \sum_{i=1}^{m} v_i (\alpha_{ih}+\alpha_{ik}) = d_M'$ به مجموعه محدودیت‌های زیر می‌رسیم:

$$\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj} - E_{jj}^{*} \sum_{i=1}^{m} v_i y_{ij} + d_j' = 0, \quad j \in \{1,2,...,n\}-\{h,k\}, \qquad (۵\text{-}۱)''$$

$$\sum_{r=1}^{s} u_r (\beta_{rh}+\beta_{rk}) - E_M^{*} \sum_{i=1}^{m} v_i (\alpha_{ih}+\alpha_{ik}) + d_M' = 0, \qquad (۵\text{-}۲)''$$

محدودیت "(۵-۲) همچنان غیرخطی است که می‌توان با تغییر متغیر $u_r(\beta_{rh}+\beta_{rk}) = \hat{u}_r, r=1,2,...,s$ و $v_i(\alpha_{ih}+\alpha_{ik}) = \hat{v}_i, i=1,2,...,m$ **مدل (۵)** را به **مدل برنامه‌ریزی خطی (۶)** تبدیل کرد.

$$\min = \sum_{j\in\{1,2,...,n\}-\{h,k\}\cup\{M\}} Z_j, \quad (۶-۱)$$

$$s.t.$$

$$\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj} - E_{jj}^{*}\sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij} + d_j = 0, \quad j\in\{1,2,...,n\}-\{h,k\}, \quad (۶-۲)$$

$$\sum_{r=1}^{s} \hat{u}_r - E_M^{*}\sum_{i=1}^{m} \hat{v}_i + d_M = 0, \quad (۶-۳)$$

$$\bar{d} = \frac{1}{n-1}\sum_{j} d_j, j\in(\{1,2,...,n\}-\{h,k\})\cup\{M\}, \quad (۶-۴)$$

$$Z_j \geq d_j - \bar{d}, j\in\{1,2,...,n\}-\{h,k\}\cup\{M\}, \quad (۶-۵)$$

$$Z_j \geq -d_j + \bar{d}, j\in\{1,2,...,n\}-\{h,k\}\cup\{M\}, \quad (۶-۶)$$

$$d_j \geq 0, j\in(\{1,2,...,n\}-\{h,k\})\cup\{M\}, \quad (۶-۷)$$

$$0\leq \hat{v}_i \leq v_i(x_{ih}+x_{ik}), i\in\{1,2,...,m\}, \quad (۶-۸)$$

$$0\leq u_r(y_{rh}+y_{rk})\leq \hat{u}_r, r\in\{1,2,...,s\}, \quad (۶-۹)$$

$$v_i \geq \varepsilon > 0, i\in\{1,2,...,m\}, \quad (۶-۱۰)$$

$$u_r \geq \varepsilon > 0, r\in\{1,2,...,s\}. \quad (۶-۱۱)$$

۴- یافته‌های تحقیق

در این بخش برای نشان دادن قابلیت کاربرد مدل پیشنهادی، از مجموعه داده‌های ارایه‌شده در پژوهش [4] استفاده می‌شود. این داده‌ها همچنین در پژوهش [26] مورداستفاده قرار گرفته است. این مجموعه داده‌ها شامل ۴۲ بانک می‌شود که در کشورهای عضو شورای همکاری خلیج‌فارس فعالیت می‌کنند. این شورا یک اتحادیه سیاسی و اقتصادی است که شامل شش کشور در خلیج‌فارس می‌شود: امارات متحده عربی، عربستان سعودی، قطر، عمان، کویت و بحرین. داده‌های مربوط به این ۴۲ بانک شامل دو خروجی درآمد بهره‌ای ($O1$) و درآمد غیربهره‌ای ($O2$) و دو ورودی هزینه‌های بهره‌ای ($I1$) و هزینه‌های غیربهره‌ای ($I2$) می‌شود.

جدول ۲ مجموعه داده‌های مربوط به ورودی‌ها و خروجی‌های ۴۲ شعبه بانک مذکور به همراه نمره کارایی آن‌ها را با استفاده از رویکرد تحلیل پوششی داده‌های CCR نشان می‌دهد.

جدول ۲- ورودی‌ها و خروجی‌های ۴۲ بانک شورای همکاری خلیج‌فارس و نمره کارایی CCR.

Table 2- Inputs and outputs of 42 Gulf Cooperation Council banks and CCR efficiency score.

بانک	ورودی ۱	ورودی ۲	خروجی ۱	خروجی ۲	نمره کارایی
1	3956/796054	1894/425900	9001/003600	8701/496886	1
2	481/238803	319/976481	974/854397	597/726259	0/6773624
3	305/200000	138/600000	479/800000	252/200000	0/6400317
4	4710/680232	3996/258941	12920/337180	6060/767712	0/8924873
5	1/017900	1/281800	3/053700	0/377000	1
6	954/436844	1208/703319	1991/004009	7278/096590	1
7	3/965387	5/081855	13/359118	3/002914	0/8285524
8	14/629582	16/862518	44/658724	14/937573	0/7377412
9	11/771059	6/578812	22/952089	15/134218	0/7266765
10	364/920450	244/750271	923/509658	1942/934962	1
11	4897/442334	2787/180598	11294/606840	9363/231698	0/9386614
12	14/665300	8/972600	28/124200	10/970700	0/6690154
13	6/077288	14/249176	26/993781	10/207484	0/9701227
14	397/627318	371/535322	894/845212	1902/878236	0/8128866

جدول ۲- ادامه.
Table 2- Continued.

بانک	ورودی ۱	ورودی ۲	خروجی ۱	خروجی ۲	نمره کارایی
15	661/119727	830/166461	2325/127578	1748/531218	0/9526476
16	12/125075	7/345849	33/572593	19/529927	0/9621334
17	1222/026218	1049/479174	2959/509429	2651/545717	0/7844912
18	931/171601	838/345660	2460/797508	2765/485010	0/8661025
19	4070/351360	2845/497525	8377/368148	7726/905715	0/7696454
20	3721/233105	858/463414	6953/700654	2779/716296	1
21	16/137266	7/080336	40/770935	22/126050	1
22	150/705646	132/504481	538/754484	129/956318	1
23	3857/940464	2894/374080	7439/526268	10239/087180	0/9102697
24	7994/808040	2286/908317	14156/194000	11261/819920	1
25	9/688900	6/974500	22/431500	6/032000	0/7557073
26	3292/736384	1953/592256	7041/163964	3323/973281	0/8263895
27	402/772218	321/188795	906/237491	775/777512	0/6776949
28	32/835058	21/536022	97/679135	26/551260	0/9796544
29	6/737308	7/853776	18/402474	4/504371	0/6869731
30	531/394733	922/039686	1672/092695	1185/164603	0/8150286
31	152/509554	190/361322	685/374259	769/897626	1
32	1/924945	4/581369	9/162738	5/274349	1
33	4/889360	6/737308	17/401503	5/081855	0/8376516
34	3233/618974	2527/413772	7959/733478	4684/615848	0/836502
35	5169/709976	5405/975285	15189/609220	9830/136952	0/8710944
36	6802/565778	5608/863431	19958/043200	15716/893390	1
37	3111/951641	2126/012757	6895/571804	4869/315511	0/8113359
38	3600/983329	1319/710512	6547/924278	5116/081501	0/8762534
39	7781/754225	8486/424885	27514/032790	14335/678890	1
40	4488/665847	4531/418617	12157/912780	12380/677220	1
41	3188/735893	1106/153629	5727/009354	6194/460322	1
42	650/829926	307/959050	1265/645548	441/358973	0/7787445

در این تحقیق بانک‌های شماره ۳ و ۲۹ به دلیل پایین بودن نمره کارایی آن‌ها نسبت به سایر بانک‌ها، جهت ادغام انتخاب شدند. همان‌طور که می‌دانیم در فرایند ادغام، واحدهایی که برای ادغام انتخاب می‌شوند در هم ترکیب می‌شوند و یک نهاد جدید مثل M را به وجود می‌آورند. با توجه به هدف از پیش تعیین‌شده برای نمره کارایی واحد M، ترکیب بهینه‌ای از ورودی‌ها و خروجی‌های دو واحد ادغام‌شده تعیین می‌گردد؛ به‌گونه‌ای که نمره کارایی مدنظر (هدف تعیین‌شده برای کارایی واحد M) محقق گردد. همان‌طور که پیش‌تر گفته شد در مدل پیشنهادی به دنبال تعیین ترکیب بهینه ورودی‌ها و خروجی‌ها هستیم، به‌نحوی‌که هم نمره کارایی تعیین‌شده برای واحد M محقق گردد و اوزان ورودی‌ها و خروجی‌ها طوری تعیین گردد که مجموع قدر مطلق ناکارایی‌ها از متوسط ناکارایی کمینه گردد؛ به عبارت بهتر نمره کارایی حاصل بعد از ادغام همگن‌تر شود. در **جدول ۳** ترکیب بهینه ورودی‌ها و خروجی‌های واحدهای ادغام شونده (یعنی واحد ۳ و ۲۹) برای تشکیل واحد جدید (واحد M) به نحوی توسط مدل پیشنهادی تعیین می‌گردد که واحد M به کارایی هدف (ستون سمت راست **جدول ۳**) دست یابد.

جدول ۳- مقدار بهینه خروجی‌های واحدهای ادغام شونده با فرض ثابت نگه‌داشتن ورودی‌ها.
Table 3- Optimal value of outputs of merging units assuming constant inputs.

مقدار هدف	ورودی ۱	ورودی ۲	خروجی ۱	خروجی ۲
0/7	311/9370	146/4530	731/6455	256/7040
0/8	311/9370	146/4530	842/4860	256/7040
0/9	311/9370	146/4530	953/1723	256/7040
1	311/9370	146/4530	1063/936	256/7040

همان‌طور که در **جدول ۳** مشاهده می‌شود با افزایش نمره هدف برای کارایی واحد *M*، خروجی‌ها نیز افزایش می‌یابند و این موضوع بر اساس رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها، منطقی است. چرا که با ثابت ماندن ورودی‌ها، برای تحقق نمره کارایی بالاتر باید ورودی‌ها کاهش یابند. همچنین در **جدول ۴** نتایج مربوط به حل مدل پیشنهادی با فرض ثابت بودن خروجی‌ها آمده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود با افزایش مقدار هدف برای کارایی واحد ادغامی *M*، مقدار بهینه ورودی‌ها کاهش می‌یابد که با منطق تکنیک *DEA* سازگار است.

جدول ۴- مقدار بهینه ورودی‌های واحدهای ادغام شونده با فرض ثابت نگه‌داشتن خروجی‌ها.
Table 4- Optimal value of inputs of merging units assuming constant outputs.

مقدار هدف	ورودی ۱	ورودی ۲	خروجی ۱	خروجی ۲
0.7	311/9370	54/76	498/2020	256/7040
0.8	311/9370	28/6234	498/2020	256/7040
0.9	304/5718	11/2022	498/2020	256/7040
1	107/6600	94/4296	498/2020	256/7040

جهت صحت سنجی مدل ارایه‌شده در این تحقیق، نمره کارایی واحدها پس از ادغام با توجه به اوزان مشترک حاصل از مدل پیشنهادی تحقیق و مدل ارایه‌شده پژوهش [26]، محاسبه و در **جدول ۵** آمده است. تابع هدف مدل پژوهش [26] حداقل‌سازی مجموع انحرافات از کارایی تعریف شده است. همان‌طور که در **جدول ۵** مشاهده می‌شود، مدل پیشنهادی که به دنبال کاهش پراکندگی نمره کارایی واحدها پس از ادغام بود، میانگین انحرافات کمتر و دامنه تغییرات کمتر نسبت به مدل پژوهش را نشان می‌دهد. دامنه تغییرات مدل پیشنهادی دوم ۰/۴۰۶۲۱۸ است که نسبت به دامنه تغییرات مدل پژوهش [26] کمتر است. همچنین میانگین انحراف معیار نمره کارایی‌های به‌دست آمده از مدل پیشنهادی نسبت به مدل پژوهش [26] کمتر است که این موضوع نشان‌دهنده قابلیت مدل پیشنهادی است. مقدار هدف برای کارایی واحد ادغامی *M*، ۰/۷ در نظر گرفته شده است.

جدول ۵- نمره کارایی حاصل از مدل پیشنهادی و مدل پژوهش [26].
Table 5 - Efficiency score obtained from the proposed model and the research model [26].

DMU	حداقل‌سازی مجموع انحرافات از کارایی	حداقل‌سازی مجموع قدرمطلق انحراف‌ها از میانگین انحرافات کارایی (مدل پیشنهادی)
1	1	0.7390453
2	0.6773624	0.5249587
4	0.8924873	0.6009154
5	1	0.4768346
6	1	0.5247176
7	0.8285524	0.5377552
8	0.7377412	0.5345558
9	0.7266765	0.5595193
10	1	0.8025538
11	0.9386614	0.6725211
12	0.6690154	0.5026464
13	0.9701227	0.4558489
14	0.8128866	0.5847473
15	0.9526476	0.6188576
16	0.9621334	0.7519709
17	0.7844912	0.5619583
18	0.8661025	0.6151518
19	0.7696454	0.5429440
20	1	0.7440873
21	1	0.8025538
22	1	0.7382596
23	0.9102697	0.5205973
24	1	0.6972117

جدول ۵- ادامه [26].
Table 5 - Continued [26].

DMU	حداقل‌سازی مجموع انحرافات از کارایی	حداقل‌سازی مجموع قدرمطلق انحراف‌ها از میانگین انحرافات کارایی (مدل پیشنهادی)
25	0.7557073	0.5426732
26	0.8263895	0.5773925
27	0.6776849	0.5434333
28	0.9796544	0.7360260
30	0.8150286	0.4324414
31	1	0.8386595
32	1	0.4977997
33	0.8376516	0.5450284
34	0.836502	0.5779197
35	0.8710944	0.5776651
36	1	0.6871308
37	0.8113359	0.5735131
38	0.8762534	0.6486536
39	1	0.6625538
40	1	0.5762576
41	1	0.6849514
42	0.7787445	0.5779952
M	0.7	0.7
میانگین	0.751419	0.611958
میانگین انحراف استاندارد	0.019380	0.0157995
حداکثر کارایی	1	0.8386
حداقل کارایی	0.459616	0.43244
دامنه تغییرات نمره کارایی	0.540384	0.406218

یکی از برتری‌های مدل پیشنهادی نسبت به مدل پژوهش [26]، قدرت تمایز (تفکیک‌پذیری) بین واحدهاست. با توجه به وزن‌هایی که از حل مدل پیشنهادی پژوهش به‌دست آمده است، تنها یک واحد (بانک) نمره کارایی ۱ را به خود اختصاص داده است. درحالی‌که با وزن‌های به‌دست آمده از مدل پژوهش [5] تعداد ۱۴ واحد نمره کارایی کامل را به خود اختصاص داده‌اند. این موضوع نشان می‌دهد که قدرت تمایز مدل پیشنهادی به مراتب از مدل پژوهش [5] بیشتر است.

۵- نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در این پژوهش، با توجه به محدودیت‌های روش‌های سنتی تحلیل پوششی داده‌ها در تعیین اوزان منحصربه‌فرد برای هر واحد تصمیم‌گیرنده، مدل جدیدی مبتنی بر تحلیل پوششی داده‌های معکوس-اوزان مشترک ارایه شد. در این مدل هدف کاهش پراکندگی نمرات کارایی پس از ادغام و دستیابی به ساختاری همگن‌تر از نتایج ارزیابی بود. استفاده از مدل پیشنهادی منجر به تعیین اوزان مشترکی می‌شود که واریانس نمرات کارایی را پس از ادغام به حداقل می‌رساند. این رویکرد در شرایطی که نیاز به هماهنگی عملکردی یا کاهش نابرابری در ارزیابی‌ها وجود دارد، کاربردی خواهد بود.

این یافته‌ها، گواه بر این است که انتخاب معیار بهینه‌سازی در تعیین اوزان مشترک، نه‌تنها ماهیت ارزیابی را تغییر می‌دهد، بلکه می‌تواند به‌عنوان یک ابزار راهبردی در اختیار تصمیم‌گیرنده قرار گیرد تا بسته به اولویت‌های سیاستی یا سازمانی، رویکرد مناسب‌تری را انتخاب کند.

با استفاده از اوزان مشترک، مدیریت بانک می‌تواند از اتهام تبعیض عملیاتی یا سوگیری در انتخاب شعب برای ادغام جلوگیری کند، زیرا تمامی شعب تحت یک معیار یکسان ارزیابی می‌شوند. برای محققان آتی پیشنهاد می‌شود مدلی چندمرحله‌ای یا چندهدفه طراحی شود که همزمان هم حداقل

کارایی را حداکثر کند و هم پراکندگی نمرات را کاهش دهد. استفاده از تکنیک‌های بهینه‌سازی چندهدفه[1] یا روش‌های تعادل پارتو می‌تواند در این زمینه مفید باشد.

تشکر و قدردانی

از تمام افرادی که در فرایند نگارش مقاله کمک کرده‌اند، تشکر و قدردانی می‌نماییم.

منابع مالی

این تحقیق بدون کمک هزینه تحقیق انجام شده است.

تعارض با منافع

هیچ‌گونه تعارض منافعی در این پژوهش وجود ندارد.

منابع

[1] Merlo, L., Petrella, L., & Raponi, V. (2021). Forecasting VaR and ES using a joint quantile regression and its implications in portfolio allocation. *Journal of Banking & Finance*, *133*, 106248. https://doi.org/10.1016/j.jbankfin.2021.106248

[2] Cooper, W. W., Seiford, L. M., & Tone, K. (2007). *Data envelopment analysis: A comprehensive text with models, applications, references and DEA-solver software* (Vol. 2). Springer. https://doi.org/10.1007/b109347

[3] Wang, K., Huang, W., Wu, J., & Liu, Y. N. (2014). Efficiency measures of the Chinese commercial banking system using an additive two-stage DEA. *Omega*, *44*, 5–20. https://doi.org/10.1016/j.omega.2013.09.005

[4] Gattoufi, S., Amin, G. R., & Emrouznejad, A. (2014). A new inverse DEA method for merging banks. *IMA Journal of Management Mathematics*, *25*(1), 73–87. https://doi.org/10.1093/imaman/dps027

[5] Afsharian, M., Ahn, H., & Harms, S. G. (2021). A review of DEA approaches applying a common set of weights: The perspective of centralized management. *European Journal of Operational Research*, *294*(1), 3–15. https://doi.org/10.1016/j.ejor.2021.01.001

[6] Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, *2*(6), 429–444. https://doi.org/10.1016/0377-2217(78)90138-8

[7] Banker, R. D., Charnes, A., & Cooper, W. W. (1984). Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management Science*, *30*(9), 1078–1092. https://doi.org/10.1287/mnsc.30.9.1078

[8] Hosseinzadeh, L. F., Jahanshahloo, G. R., & Memariani, A. (2000). A method for finding common set of weights by multiple objective programming in data envelopment analysis. *Southwest Journal of Pure and Applied Mathematics*, (1), 44–54. https://eudml.org/doc/222875

[9] Wang, Y. M., Luo, Y., & Lan, Y. X. (2011). Common weights for fully ranking decision making units by regression analysis. *Expert Systems with Applications*, *38*(8), 9122–9128. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2011.01.004

[10] Saati, S., Hatami-Marbini, A., Agrell, P. J., & Tavana, M. (2012). A common set of weight approach using an ideal decision making unit in data envelopment analysis. *Journal of Industrial and Management Optimization*, *8*(3), 623–637. https://doi.org/10.3934/jimo.2012.8.623

[11] Jahanshahloo, G. R., Lofti, F. H., & Moradi, M. (2004). Sensitivity and stability analysis in DEA with interval data. *Applied Mathematics and Computation*, *156*(2), 463–477. https://doi.org/10.1016/j.amc.2003.08.005

[12] Ghiyasi, M. (2017). Inverse DEA based on cost and revenue efficiency. *Computers and Industrial Engineering*, *114*, 258–263. https://doi.org/10.1016/j.cie.2017.10.024

[13] Wei, Q., Zhang, J., & Zhang, X. (2000). An inverse DEA model for inputs/outputs estimate. *European Journal of Operational Research*, *121*(1), 151–163. https://doi.org/10.1016/S0377-2217(99)00007-7

[14] Li, Y., Lei, X., Dai, Q., & Liang, L. (2015). Performance evaluation of participating nations at the 2012 London Summer Olympics by a two-stage data envelopment analysis. *European Journal of Operational Research*, *243*(3), 964–973. https://doi.org/10.1016/j.ejor.2014.12.032

[15] Zhang, X. S., & Cui, J. C. (1999). A project evaluation system in the state economic information system of china an operations research practice in public sectors. *International Transactions in Operational Research*, *6*(5), 441–452. https://doi.org/10.1111/j.1475-3995.1999.tb00166.x

[1] Multi-objective optimization (MOP)

[16] Jahanshahloo, G., Lotfi, F. H., Shoja, N., Jelodar, M. F., & Abri, A. G. (2010). Ranking extreme and non-extreme efficient decision making units in data envelopment analysis. *Mathematical and Computational Applications*, *15*(2), 299–308. https://doi.org/10.3390/mca15020299

[17] Amin, G. R., & Al-Muharrami, S. (2018). A new inverse data envelopment analysis model for mergers with negative data. *IMA Journal of Management Mathematics*, *29*(2), 137–149. https://doi.org/10.1093/imaman/dpw016

[18] Baaquie, B. E., Yu, M., & Du, X. (2016). Multiple commodities in statistical microeconomics: Model and market. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*, *462*, 912–929. https://doi.org/10.1016/j.physa.2016.06.102

[19] Toloo, M., & Mirbolouki, M. (2019). A new project selection method using data envelopment analysis. *Computers & Industrial Engineering*, *138*, 106119. https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.106119

[20] Li, F., Emrouznejad, A., Yang, G., & Li, Y. (2020). Carbon emission abatement quota allocation in Chinese manufacturing industries: An integrated cooperative game data envelopment analysis approach. *Journal of the Operational Research Society*, *71*(8), 1259–1288. https://doi.org/10.1080/01605682.2019.1609892

[21] Yu, C., Wang, F., Liu, Y. H., & An, L. (2021). Research on knowledge graph alignment model based on deep learning. *Expert Systems with Applications*, *186*, 115768. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2021.115768

[22] Hatami-Marbini, A., Tavana, M., Agrell, P. J., Lotfi, F. H., & Beigi, Z. G. (2015). A common-weights DEA model for centralized resource reduction and target setting. *Computers & Industrial Engineering*, *79*, 195–203. https://doi.org/10.1016/j.cie.2014.10.024

[23] Amin, G. R., & Ibn Boamah, M. (2021). A two-stage inverse data envelopment analysis approach for estimating potential merger gains in the US banking sector. *Managerial and Decision Economics*, *42*(6), 1454–1465. https://doi.org/10.1002/mde.3319

[24] Emrouznejad, A., & Thanassoulis, E. (2005). A mathematical model for dynamic efficiency using data envelopment analysis. *Applied Mathematics and Computation*, *160*(2), 363–378. https://doi.org/10.1016/j.amc.2003.09.026

[25] Amin, G. R., Al-Muharrami, S., & Toloo, M. (2019). A combined goal programming and inverse DEA method for target setting in mergers. *Expert Systems with Applications*, *115*, 412–417. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2018.08.018

[26] Soltanifar, M., Ghiyasi, M., Emrouznejad, A., & Sharafi, H. (2024). A novel model for merger analysis and target setting: A CSW-Inverse DEA approach. *Expert Systems with Applications*, *249*, 123326. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2024.123326

[27] Soltanifar, M., & Lotfi, F. H. (2011). The voting analytic hierarchy process method for discriminating among efficient decision making units in data envelopment analysis. *Computers & Industrial Engineering*, *60*(4), 585–592. https://doi.org/10.1016/j.cie.2010.12.016