

Abdolnaser Hemmati<sup>1</sup>, Fatemeh Shasti<sup>2</sup> 

1. Associate Professor of Economics, Faculty of Economics, Tehran University, Tehran, Iran. [ahemmati@ut.ac.ir](mailto:ahemmati@ut.ac.ir)
2. Master of Economics, Tehran University, Tehran, Iran (Corresponding Author). [fshasti@ut.ac.ir](mailto:fshasti@ut.ac.ir)

## Abstract

Credit risk represents a significant challenge within the banking industry. Effective management of this critical issue necessitates the development of robust strategies and policies aimed at the identification, measurement, and control of this risk. Addressing credit risk demands a comprehensive and rigorous approach encompassing risk identification and assessment, determination of risk levels, and the establishment of appropriate procedures and measures for mitigation. This research investigates the management of credit risk within the Industry and Mine Bank. Employing the data envelopment analysis (DEA) methodology, this study proposes a credit rating model for corporate clients seeking financial facilities from this bank within the Tehran province. To this end, the financial statements of 76 applicant manufacturing firms were analyzed. An initial set of fourteen potentially influential indicators on credit risk was examined. Subsequently, through expert consultation, eight key indicators were selected for evaluation within a DEA model assuming constant returns to scale, utilizing GAMS software. The findings reveal that out of the 76 firms assessed, 9 were identified as efficient, while the remaining 67 were classified as inefficient. The DEA method provides one or a combination of efficient firms as reference points and benchmarks for the inefficient units. The Anderson-Peterson model was applied for the ranking of the efficient units.

**Keywords:** Anderson-Peterson Model, Credit Rating, Data Envelopment Analysis, Efficiency, Risk.

**JEL Classification:** E44, E51, G21, G32

**Doi:** 10.22034/eaai.2025.2054976.1044

### Article history:

**Receive Date:** 3 March 2025


**Revise Date:** 13 April 2025

**Accept Date:** 16 April 2025

**Publish Date:** 15 April 2024



© The Author(s).

عبدالناصر همتی<sup>۱</sup>، فاطمه شصتی<sup>۲</sup> 

۱- دانشیار گروه اقتصاد، دانشکده اقتصاد، دانشگاه تهران، تهران، ایران. ahemmati@ut.ac.ir

۲- کارشناسی ارشد اقتصاد، دانشکده اقتصاد، دانشگاه تهران، تهران، ایران (نویسنده مسئول). fshasti@ut.ac.ir

## چکیده

ریسک اعتباری، یکی از ریسک‌های متداول در صنعت بانکداری است. برای مدیریت این موضوع مهم، باید استراتژی و سیاست‌های مناسبی تدارک دید تا بتوان ریسک را شناسایی، اندازه‌گیری و کنترل کرد. مدیریت ریسک اعتباری نیازمند اقداماتی است که به‌طور جامع و جدی به شناسایی و ارزیابی ریسک‌ها، تعیین میزان ریسک، ایجاد رویه و راهکارهای مناسب برای کنترل و کاهش آن‌ها بپردازد. هدف اصلی این پژوهش، بررسی و مدیریت ریسک اعتباری در بانک صنعت و معدن است و با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها، یک مدل رتبه‌بندی اعتباری برای مشتریان حقوقی متقاضی تسهیلات این بانک در استان تهران ارائه شده است. برای این منظور، صورت‌های مالی ۷۶ بنگاه تولیدی متقاضی تسهیلات که متجانس بوده‌اند، مورد بررسی قرار گرفته است. ۱۴ شاخص تأثیرگذار بر ریسک اعتباری بررسی شده و در نهایت با استفاده از نظر خبرگان، ۸ شاخص نهایی، در مدل تحلیل پوششی داده‌ها با رویکرد بازده ثابت نسبت به مقیاس و به‌صورت ورودی - محور، با استفاده از نرم‌افزار گمز مورد ارزیابی قرار گرفته است. بر اساس نتایج پژوهش، از ۷۶ شرکت حقوقی مورد ارزیابی، ۹ شرکت کارا شده و ۶۷ شرکت دیگر، ناکارا قلمداد شده‌اند. روش تحلیل پوششی داده‌ها، برای بنگاه‌های ناکارا، یک یا ترکیبی از دو یا چند بنگاه کارا به‌عنوان مرجع و الگو معرفی می‌کند. برای رتبه‌بندی واحدهای کارا، از مدل اندرسون - پیترسون استفاده شده است. **واژگان کلیدی:** تحلیل پوششی داده‌ها، رتبه‌بندی اعتباری، ریسک، کارایی، مدل اندرسون - پیترسون.

شناسه دیجیتال: 10.22034/eaai.2025.2054976.1044

طبقه بندی JEL: 44· E51· G21· G32



© The Author(s).



سابقه مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۳ اسفند ۱۴۰۳ تاریخ بازنگری: ۲۴ فروردین ۱۴۰۴

تاریخ پذیرش: ۲۷ فروردین ۱۴۰۴ تاریخ انتشار: ۲۷ فروردین ۱۴۰۳

\* این مقاله مستخرج از پایان نامه کارشناسی ارشد نویسنده مسئول در دانشگاه تهران است.

استاددهی: همتی، عبدالناصر و شصتی، فاطمه، (۱۴۰۳). ارزیابی ریسک اعتباری مشتریان حقوقی بانک‌ها با روش تحلیل پوششی داده‌ها (مطالعه موردی: بانک صنعت و معدن). فصلنامه تحلیل‌ها و اندیشه‌های اقتصادی، ۱ (۳)، ۱۴۳-۱۷۷.

## ۱- مقدمه

در سرتاسر جهان، بانک‌ها به‌عنوان سازمان‌های مهم اقتصادی شناخته می‌شوند. این نهادهای تأثیرگذار، منابع اعتباری و مالی را جمع‌آوری کرده و به بخش‌های مختلف اقتصادی تخصیص می‌دهند. سود یا زیان بانک‌ها عمدتاً از کیفیت تسهیلات اعطایی که بخش عمده‌ای از دارایی‌ها را تشکیل می‌دهند، نشئت می‌گیرد. یکی از عوامل کلیدی در دستیابی به استقلال مالی، پرداخت به‌موقع تسهیلات از سوی مشتریان بانک است. با مدیریت مؤثر به‌منظور کاهش دوره وصول بدهی و اعطای تسهیلات به بخش‌های پربازده، می‌توان از منابع مالی به‌طور بهینه بهره‌برداری نمود (رحمانی، ۱۴۰۰).

با توجه به موارد مطرح‌شده و چالش‌های موجود در مدیریت سیستم حساب بدهکاران و وصول تسهیلات اعطایی، همچنین نقش کلیدی حساب‌های دریافتی در سرمایه در گردش بانک و دریافت‌کنندگان تسهیلات، به‌نظر می‌رسد که موضوع ارزیابی ریسک اعتباری مشتریان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

اعطای تسهیلات اعتباری موجب تأمین بخش مهمی از درآمد بانک‌ها می‌شود، به شرطی که بانک‌ها به شرکت‌هایی با ریسک پایین‌تر و سود بیشتر تسهیلات اعطا کنند. توانایی بانک در شناسایی این نوع شرکت‌ها، لزوم بررسی و ارزیابی ریسک اعتباری را ایجاب می‌کند. به‌طور کلی، جامعه تمایلی به احتمال بروز اعسار ندارد، زیرا در این شرایط حقوق مالکانه بانکی به خطر می‌افتد و ارزش دارایی‌ها از ارزش بدهی‌ها کمتر می‌شود. این وضعیت نامطلوب است زیرا ضرر ممکن است بیشتر از حقوق مالکانه اولیه گردد. در این راستا، بانک‌ها باید نسبت‌های سرمایه خاصی را رعایت کنند و با درجه‌بندی اعتباری مشتریان و مدیریت ریسک اعتباری، از بروز اعسار جلوگیری نمایند (همتی، ۱۴۰۰).

امروزه بانک‌ها با استفاده از معیارهای عینی و اطلاعات حال و گذشته تسهیلات‌گیرنده، از طریق تهیه گزارش‌های اطلاعاتی و کارشناسی در بخش‌های اعتباری، مشتریان را اعتبارسنجی می‌کنند. این روش در بررسی وام‌های بزرگ کارا است و ارزیابی آن به دلیل تعداد کمتر این‌گونه وام‌ها، امکان‌پذیر می‌باشد. در وام‌های متوسط و کوچک که تعداد متقاضیان زیاد است، نیاز به ارزیابی منسجم با ایجاد مدلی سازمان‌یافته وجود دارد تا بتوان بر اساس آن خطرپذیری اعتباری را محاسبه و کاهش داد (قربانی و همکاران، ۱۳۹۰).

تحقیق حاضر با هدف پیش‌بینی وضعیت اعتباری مشتریان آینده و کنترل ریسک اعتباری

بانک، به بررسی متقاضیان حقوقی تسهیلات کوتاه‌مدت می‌پردازد. در این راستا، مهم‌ترین شاخص‌های تأثیرگذار بر ریسک اعتباری شناسایی و تحلیل می‌شوند. این تحقیق با ایجاد چهار چوبی مفهومی، روش مورد استفاده برای ارزیابی اعتباری مشتریان را با استفاده از مدل تحلیل پوششی داده‌ها توضیح می‌دهد و به بررسی این نکته می‌پردازد که آیا این روش از کارایی لازم برای رتبه‌بندی اعتباری مشتریان حقوقی بانک صنعت و معدن برخوردار است یا خیر. بدین ترتیب، هدف این پژوهش نه‌تنها پیش‌بینی وضعیت اعتباری، بلکه ارزیابی دقیق و علمی شاخص‌ها و روش‌ها برای مدیریت بهتر ریسک اعتباری می‌باشد. به همین جهت در بخش ۲، به ادبیات نظری و پیشینه پژوهش پرداخته می‌شود و در بخش ۳ نیز روش و مدل تحقیق معرفی می‌شود؛ سپس در بخش ۴، یافته‌های تحقیق ارائه می‌شود؛ در پایان نیز به جمع‌بندی نتایج حاصل پرداخته می‌شود.

## ۲- ادبیات نظری

زمانی که یک شرکت حقیقی یا حقوقی امکان و توانایی بازپرداخت اصل و بهره تسهیلات دریافتی را نداشته باشد، ریسک اعتباری یا ریسک نکول رخ می‌دهد. با توجه به اینکه عرضه اعتبارات مالی امری مهم در سیستم بانکی به حساب می‌آید، باید رتبه‌بندی اعتباری انجام شود و بر اساس آن، توانایی بازپرداخت تعهدات اصلی و بهره‌ای برای هر دریافت‌کننده مشخص گردد. اگر بانک‌ها و مؤسسات اعتباری بدون در نظر گرفتن رتبه اعتباری شرکت‌ها اقدام به ارائه تسهیلات کنند، احتمال وقوع ریسک اعتباری افزایش می‌یابد (عیسی‌زاده و عریانی، ۱۳۸۹). در این پژوهش، رتبه‌بندی اعتباری مشتریان با هدف کاهش ریسک اعتباری و با استفاده از شاخص کارایی انجام شده است. این شاخص با بهینه‌سازی منابع مالی، افزایش سودآوری، مدیریت ریسک، رقابت‌پذیری، تصمیم‌گیری استراتژیک و افزایش رضایت مشتریان، به‌عنوان ابزاری کلیدی در بهبود عملکرد اقتصادی عمل می‌کند. روش تحلیل پوششی داده‌ها به‌عنوان ابزاری دقیق برای ارزیابی کارایی شناخته می‌شود و می‌تواند هر واحد تصمیم‌گیرنده را نسبت به خط کارایی ارزیابی کند.

در این روش، ورودی‌ها و خروجی‌ها مجموعه‌ای از امکانات تولید را ایجاد می‌کنند که بخشی از آن به‌عنوان مرز کارا<sup>۱</sup> شناخته می‌شود. واحدهای تصمیم‌گیرنده بر اساس موقعیتشان نسبت به این مرز ارزیابی می‌شوند و واحدهای کارا در این مرز قرار دارند. همچنین، شاخص‌های

مالی اثرگذار به‌عنوان نهاده‌ها و ستانده‌ها در روش تحلیل پوششی داده‌ها استفاده می‌شوند. استفاده از شاخص‌های مالی برای ارزیابی ریسک اعتباری و رتبه‌بندی مشتریان بانک‌ها به دلیل تحلیل دقیق وضعیت مالی، پیش‌بینی احتمال نکول، تصمیم‌گیری بهتر در اعطای اعتبار، تنظیم شرایط وام، مدیریت ریسک و مطابقت با مقررات الزامی است (پیرایش و موسوی، ۱۳۹۵). این شاخص‌ها به بانک‌ها کمک می‌کنند تا تصویر واضحی از وضعیت مالی مشتریان داشته باشند و ریسک‌های مرتبط را به‌طور مؤثری مدیریت کنند که درنهایت به بهبود عملکرد مالی آن‌ها منجر می‌شود.

## ۲-۱- ادبیات نظری کارایی

کارایی بیانگر میزان اثربخشی و بهره‌وری یک سیستم در استفاده از منابع، زمان و توانمندی‌ها برای دستیابی به نتایج مطلوب است. کارایی فنی<sup>۲</sup>، کارایی تخصیصی<sup>۳</sup> و کارایی اقتصادی (کارایی کل) سه نوع از کارایی هستند که توسط فارل<sup>۴</sup> در سال ۱۹۵۷ مطرح شدند. این سه نوع کارایی به‌عنوان ابزارهای مهم در تحلیل و ارزیابی عملکرد سازمان‌ها و واحدهای اقتصادی استفاده می‌شوند. کارایی فنی به توانایی یک واحد تولیدی در بهره‌برداری بهینه از منابع و تکنولوژی موجود اشاره دارد. در واحدهایی با کارایی تخصیصی بالا، تخصیص منابع بر اساس ارزش اقتصادی و مزیت نسبی محصولات صورت می‌گیرد. کارایی اقتصادی یا کارایی کل به توانایی یک واحد تولیدی در بهره‌برداری بهینه از منابع و تحقق بهترین ترکیب ممکن بین کارایی فنی و کارایی تخصیصی اشاره دارد. این سه نوع کارایی به‌طور ترکیبی مدیران و تحلیلگران را در تحلیل و ارزیابی عملکرد سازمان‌ها و واحدهای اقتصادی یاری می‌کنند (لوتسنکو<sup>۵</sup>، ۲۰۱۶).

حداقل‌سازی نهاده‌ها و حداکثرسازی ستانده‌ها دو روش متداول برای ارزیابی کارایی واحدهای تولیدی است. هدف اصلی هر دو روش اندازه‌گیری کارایی، تعیین میزان بهره‌وری منابع و تحقق بهترین عملکرد ممکن است. ارزیابی کارایی در حالت حداقل‌سازی ورودی، کارایی را با مقایسه نسبت خروجی به ورودی اندازه‌گیری می‌کند؛ تکنیک‌هایی مانند تجزیه و تحلیل پوششی داده‌ها معمولاً برای این منظور استفاده می‌شوند. ارزیابی کارایی

2. Technical Efficiency

3. Relative Efficiency

4. Farrel

5. Lutsenko

در حالت حداکثرسازی خروجی، کارایی را با مقایسه خروجی به‌دست‌آمده با معیار یا سطح مطلوب خروجی اندازه‌گیری می‌کند؛ معیارهای عملکردی مختلفی مانند درآمد فروش، رتبه‌بندی، رضایت مشتری یا مقدار تولید می‌تواند در این خصوص مورد استفاده قرار گیرد. در عمل، انتخاب بین این رویکردها به زمینه، اهداف و محدودیت‌های سیستم یا فرایند مورد ارزیابی بستگی دارد (اهن و له، ۲۰۱۴).

همچنین، کارایی نسبی و کارایی مطلق دو رویکرد متفاوت برای ارزیابی و بهبود عملکرد یک سیستم یا فرایند هستند. کارایی نسبی بر بهینه‌سازی عملکرد یک سیستم یا فرایند در به حداقل رساندن ورودی‌ها و در عین حال حفظ سطح مطلوب خروجی تمرکز دارد و معمولاً با مقایسه نسبت خروجی به ورودی ارزیابی می‌شود. کارایی مطلق، بر حداکثرسازی خروجی، بدون در نظر گرفتن محدودیت‌های ورودی، متمرکز است و با مقایسه خروجی با معیار از پیش تعریف شده یا سطح خروجی مطلوب اندازه‌گیری می‌شود. درنهایت می‌توان گفت محاسبه کارایی به‌طور نسبی استفاده می‌شود تا مقایسه و ارزیابی را بین واحدها یا سازمان‌ها به‌صورت عادلانه‌تر و بر اساس شرایط مشابه انجام دهد. کارایی فنی یک مفهوم نسبی است که در صنایع با درجه یکنواختی بالا استفاده می‌شود (کوهی و غلامی، ۱۳۹۱).

اندازه‌گیری کارایی، به دو صورت پارامتریک و ناپارامتریک انجام می‌شود. رویکرد پارامتریک از یک تابع توزیع احتمال برای جزء عدم کارایی استفاده می‌کند. این روش توسط فورسند و همکاران<sup>۶</sup> (۱۹۸۰) توضیح داده شد. طبق اظهارات ایشان، تابع تولید رابطه بین سطح ورودی و میزان خروجی را تعیین می‌کند. در رویکرد پارامتریک، پارامترهای جامعه مورد نظر قرار می‌گیرند و یک تابع تولید خاص به‌عنوان فرضیه اولیه در نظر گرفته می‌شود. در این رویکرد، ارزیابی و تخمین کارایی با استفاده از مدل‌های اقتصادسنجی صورت می‌گیرد. رویکرد غیر پارامتریک اولین بار توسط فارل (۱۹۵۷) در ارزیابی کارایی استفاده شد. به‌جای تخمین تابع تولید، وی به‌صورت مستقیم مقادیر ورودی‌ها و خروجی‌های واحدها را مشاهده کرد و مرز کارا را تعیین کرد. این مرز به‌عنوان معیاری برای اندازه‌گیری کارایی مورد استفاده قرار گرفت. با استفاده از برنامه‌ریزی خطی و بدون نیاز به تعیین تابع خاص، تابع مرزی مورد نظر با اتصال نقاط حاشیه‌ای تعیین می‌شود. با توجه به روش برنامه‌ریزی خطی، فرض می‌شود که خطاهای

6. Ahn & Le

7. Førsund et al.

اندازه‌گیری متغیرها، به‌طور قابل چشم‌پوشی، بسیار کوچک است و اختلاف در تولید بین بنگاه‌های مختلف صرفاً به دلیل تفاوت در کارایی آن‌ها است. روش تحلیل پوششی داده‌ها از جمله روش‌های غیر پارامتریک می‌باشد.

در روش تحلیل پوششی داده‌ها، کارایی فنی و نسبی از تقسیم مجموع وزن دار خروجی‌ها به مجموع وزن دار ورودی‌ها محاسبه می‌شود که در فرمول شماره (۱) نشان داده شده است (جهانشاهلو و همکاران، ۱۳۸۷).

$$\text{DMU}^{\wedge} \text{ Efficiency} = \frac{\text{weighted output}}{\text{weighted input}} \quad (1)$$

## ۲-۲- ادبیات نظری ارزیابی شاخص‌های مالی با روش تحلیل پوششی داده‌ها

شاخص‌های مالی معمولاً به چهار دسته نسبت‌های: سودآوری، نقدینگی، اهرمی و فعالیت تقسیم‌بندی می‌شوند. نسبت‌های سودآوری با هدف اصلی افزایش سود، در تمام فعالیت‌های یک سازمان برجسته هستند و پایه و اساس هر کسب‌وکاری را تشکیل می‌دهند. نسبت‌های نقدینگی بانک به نسبت دارایی‌های نقدشونده به بدهی‌ها اشاره دارد. مفهوم نقدشونده شامل پول نقد و اوراق بهادار است و بازارهای اوراق بهادار به‌طور گسترده توسعه یافته‌اند تا به سرعت و با کمترین هزینه امکان تبدیل اوراق بهادار به پول نقد را فراهم کنند. نسبت‌های فعالیت نشان می‌دهند که چگونه سازمان منابع خود را به کار بسته و به چه اندازه از این منابع بهره‌برداری کرده است. نسبت‌های اهرمی، بیانگر نسبت بدهی‌ها به حقوق مالکانه هستند. نسبت‌های اهرمی بالاتر موجب می‌شوند که بانک برای تأمین منابع بیشتر، به بدهی‌ها اتکا کند (همتی، ۱۴۰۰). در این پژوهش، از یک رویکرد تولیدی در بررسی بانک استفاده شده است. این رویکرد، بانک را به‌عنوان سازمانی می‌بیند که از منابعی مانند سرمایه، نیروی انسانی، تجهیزات و امکانات برای تولید خدمات مالی استفاده می‌کند. سپرده‌های جذب‌شده، وام‌ها و تسهیلات پرداختی و خدمات ارائه‌شده به مشتریان به‌عنوان نتایج این فعالیت تولیدی در نظر گرفته می‌شوند. با استفاده از این رویکرد تولیدی، نهاده‌ها و ستانده‌ها و عوامل کلیدی در عملکرد بانک شناسایی می‌شوند.

## 8. Decision-Making Unit

منظور از واحد تصمیم‌گیرنده یا DMU، مجموعه یا تیمی از افراد است که در فرایند تصمیم‌گیری خریدار، شرکت می‌کنند. این مفهوم، به تصمیمات خرید تجاری یا سازمانی مربوط می‌شود.

با این دیدگاه می‌توان گفت که متغیری ورودی به حساب می‌آید که با کاهش آن و حفظ عوامل دیگر، کارایی افزایش یابد و بالعکس، متغیری به‌عنوان خروجی در نظر گرفته می‌شود که با کاهش آن و حفظ سایر عوامل، کارایی کاهش یابد و بالعکس (ابوالحسنی، ۱۳۹۳).

### ۳- پیشینه پژوهش

#### ۳-۱- مطالعات خارجی

تاکنون مطالعات زیادی در زمینه ارزیابی ریسک اعتباری و تأثیر آن در بخش‌های مختلف اقتصاد انجام شده است.

اوله و همکاران<sup>۹</sup> (۲۰۲۳) در پژوهشی عوامل داخلی و خارجی مؤثر بر کارایی بانک‌ها در پاکستان را با استفاده از رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها بررسی و همچنین اقدام به رتبه‌بندی بانک‌ها کرده‌اند. در این مطالعه، متغیر ورودی شامل تعداد کارکنان، تعداد شعب، هزینه‌های اداری، هزینه‌های بدون بهره و ذخایر زیان وام می‌باشد. در مقابل، متغیر خروجی شامل درآمد خالص بهره، کارمزد خالص و کل سایر درآمدها است. پژوهش نشان می‌دهد که حاکمیت شرکتی و بازده حقوق صاحبان سهام از نظر آماری تأثیر مثبت و معناداری بر کارایی بانک دارند، در حالی که مدیریت ریسک شرکت و اهرم مالی بر کارایی بانک تأثیر منفی می‌گذارد. حاکمیت شرکتی بهتر می‌تواند به بانک‌ها در کنترل ریسک و هزینه سرمایه کمک کند و مدیریت ریسک بهتر بانک‌ها می‌تواند منجر به تصمیم‌گیری‌های عملیاتی بهتر در محیط رقابتی بانکی شود.

پیتر و همکاران<sup>۱۰</sup> (۲۰۲۳) در مطالعه‌ای به تحلیل سیستم‌های بانکی لهستان و برآورد کارایی پرداخته‌اند. برای این منظور، کارایی ۱۹ بانک فعال در لهستان بین سال‌های ۲۰۱۶ تا ۲۰۲۲ با مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها بررسی شده و بانک‌ها رتبه‌بندی شده‌اند و با توجه به نتایج تحلیل، بانک‌های کارا و ناکارا شناسایی و مقایسه شده‌اند. همچنین، پیشنهادهاى بهبود بالقوه برای بانک‌های ناکارا ارائه شده و مشاهده شده است که کارایی سیستم بانکی، به‌صورت خطی افزایش یافته است. نتایج بانک‌های کارآمد لهستان به‌عنوان معیارها و پیشنهادهاى بهبود بالقوه برای بانک‌های ناکارآمد مقایسه و توصیه شده است.

شیه<sup>۱۱</sup> (۲۰۲۳) در مطالعه‌ای اهمیت ثبات بانکی و توان بانک‌های تجاری در مقاومت در

9. Ullah et al.

10. Pitera et al.

11. Xie

برابر ریسک‌ها، به‌ویژه ریسک‌های اعتباری را ارزیابی کرد. در این تحقیق، طرحی برای آزمون استرس از ریسک اعتباری بانک در تجارت بین‌الملل ارائه می‌شود. این طرح بر اساس روش تحلیل پوششی داده‌ها مطرح می‌شود تا مدیریت و کنترل ریسک اعتباری را تقویت کرده و توسعه سالم و پایدار بلندمدت بانک‌ها را تضمین کند.

کاوا و همکاران<sup>۱۲</sup> (۲۰۱۶) از یک روش تحقیق تجربی و کمی برای بررسی کارایی بانک‌های فعال در بازار برزیل در سال ۲۰۱۳ استفاده کرده‌اند. در این تحقیق، متغیرهای ورودی شامل تعداد کارکنان، هزینه‌های عملیاتی (به‌جز بهره) و دارایی‌های ثابت و متغیرهای خروجی شامل مجموع سپرده‌ها و درآمد غیر بهره‌ای در نظر گرفته شده و مدل تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) با بازدهی ثابت به مقیاس برای محاسبه نمرات کارایی استفاده شده است. این مدل به دلیل توانایی آن در شناسایی بانک‌های کارآمد و محاسبه نمرات کارایی بدون نیاز به فرضیات آماری خاص، انتخاب شده است. پژوهش شامل تحلیل‌های تکمیلی برای شناسایی و توضیح استانداردهای کارایی با توجه به عوامل مختلف است.

یه<sup>۱۳</sup> (۱۹۹۶) به‌عنوان پیشگام برجسته در موضوع تحلیل پوششی داده‌ها شناخته می‌شود. او از این روش و تجزیه و تحلیل نسبت‌های مالی برای ارزیابی عملکرد بانک استفاده کرد. ادغام تحلیل پوششی داده‌ها و تجزیه و تحلیل نسبت‌های مالی، یک رویکرد خلاقانه در این زمینه بود. تجزیه و تحلیل پوششی داده‌ها شامل ارزیابی جامعیت و کیفیت داده‌های مورد استفاده در تجزیه و تحلیل مالی است، درحالی‌که تجزیه و تحلیل نسبت‌های مالی بر ارزیابی روابط بین معیارهای مالی مختلف متمرکز است. با ترکیب این دو روش، او توانست عملکرد مالی بانک‌ها را به‌طور عمیق‌تر بررسی کند و نشان داد که تحلیل پوششی داده‌ها، زمانی که همراه با تحلیل نسبت‌های مالی استفاده شود، پتانسیل کشف روابط و الگوهای پیچیده در داده‌های مالی را دارد.

آلتمن<sup>۱۴</sup> (۱۹۶۸) مدل نمره Z آلتمن<sup>۱۵</sup> را معرفی کرد که یکی از مدل‌های پرکاربرد و مؤثر برای پیش‌بینی ورشکستگی شرکت‌ها است و تا به امروز مورد استفاده قرار می‌گیرد. این مدل بر اساس پنج نسبت مالی مختلف، از جمله سرمایه‌گذاری در جریان راه‌اندازی به کل دارایی‌ها،

12. Cava et al.

13. Yeh

14. Altman

15. Altman's z-score model

سود انباشته به کل دارایی‌ها، سود قبل از بهره و مالیات به کل دارایی‌ها، ارزش بازار سهام به ارزش دفتری بدهی و فروش به کل دارایی‌ها، تعیین می‌شود.

### ۳-۲- مطالعات داخلی

ایزدی‌خواه و همکاران (۱۴۰۰) در پژوهشی، ۱۸ متغیر تأثیرگذار بر خطرپذیری اعتباری مشتریان حقوقی بانک‌ها را شناسایی کرده‌اند و از بین متغیرهای موجود، درنهایت با بهره بردن از تکنیک تجزیه و تحلیل عاملی و قضاوت خبرگان (روش دلفی)، شش متغیر (سه متغیر ورودی و سه متغیر خروجی) انتخاب شده است. سپس با استفاده از مدل تحلیل پوششی داده‌ها، کارایی و رتبه‌بندی شرکت‌ها به دست آمده و درنهایت با استفاده از اطلاعات مؤسسه فیچ، کارایی مشتریان حقوقی و رتبه اعتباری هر یک از شرکت‌ها معین شده است.

همتی آهوئی و فاتح‌فر (۱۳۹۷) به بررسی ریسک اعتباری و تأثیر آن بر سلامت نظام بانکی پرداخته‌اند. نویسندگان با اشاره به اهمیت ریسک اعتباری به عنوان عامل اصلی ورشکستگی بانک‌ها، به تحلیل عواملی می‌پردازند که موجب افزایش مطالبات معوق و ریسک درماندگی در بانک‌ها شده است. این تحقیق نشان می‌دهد که ریسک اعتباری تحت تأثیر عوامل کلان اقتصادی و درون بانکی قرار دارد و بهبود مدیریت ریسک اعتباری از طریق ایجاد سیستم‌های رتبه‌بندی و پایگاه داده‌های متمرکز برای مشتریان ضروری است. همچنین، نویسندگان بر اهمیت نوآوری در ابزارهای مهندسی مالی بر اساس قوانین اسلامی تأکید می‌کنند و پیشنهاد می‌دهند که بانک‌ها باید به توسعه ابزارهای جدید برای مدیریت ریسک اعتباری توجه بیشتری داشته باشند.

مهرآرا و بهلولوند (۱۳۹۵) به بررسی ریسک اعتباری و مطالبات معوق بانکی در ایران پرداخته‌اند. مطالعه با استفاده از روش اقتصادسنجی بیزی و داده‌های ۱۴ بانک فعال در دوره ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۲ انجام شده است. یافته‌ها نشان می‌دهند که متغیرهای ریسک نقدینگی، نسبت تسهیلات به سپرده، بازدهی دارایی، نسبت سرمایه به دارایی و اندازه بانک بر ریسک اعتباری تأثیرگذار هستند. همچنین، نسبت کارایی با احتمال ۹۷ درصد، مؤثرترین عامل در الگوی ریسک اعتباری شناخته شده است. احتمال تأثیر سایر متغیرها مانند حاشیه سود و متغیرهای کلان اقتصادی بر ریسک اعتباری کمتر از ۲۵ درصد است و شواهد قوی برای تأثیر مستقیم آن‌ها وجود ندارد. به نظر می‌رسد این متغیرها فقط از طریق متغیرهای داخلی

می‌توانند بر ریسک اعتباری تأثیر بگذارند.

پیرایش و موسوی (۱۳۹۵) در پژوهشی به بررسی عوامل مؤثر بر ریسک اعتباری مشتریان حقوقی بانک‌ها پرداخته‌اند. این تحقیق با بهره‌گیری از روش تحلیل پوششی داده‌ها (DEA)، به رتبه‌بندی مشتریان حقوقی می‌پردازد. نویسندگان تأکید می‌کنند که بانک‌ها برای تخصیص بهینه منابع مالی، نیاز به معیارهای مناسب برای ارزیابی ریسک اعتباری دارند تا مشتریان مطلوب را شناسایی کنند. درنهایت، مدل مدیریت خطرپذیری اعتباری ارائه‌شده در مقاله نشان‌دهنده اثربخشی این روش در کاهش ریسک اعتباری است.

کوهی و غلامی (۱۳۹۱) به بررسی و مدیریت ریسک اعتباری مشتریان حقوقی بخش صنعت پرداخته و مدلی برای رتبه‌بندی اعتباری مشتریان متقاضی تسهیلات بانک تجارت استان فارس ارائه کرده‌اند. این تحقیق با بررسی صورت‌های مالی ۷۴ بنگاه تولیدی و انتخاب ۳۳ متغیر مالی به تحلیل عاملی پرداخته تا متغیرهای تأثیرگذار بر ریسک اعتباری شناسایی و وارد مدل تحلیل پوششی داده‌ها شوند. نتایج نشان داد که ۱۵ شرکت بر روی مرز کارایی قرار دارند و مدل توانسته است متغیرهای مالی را به امتیاز کارایی مالی («رتبه اعتباری») تبدیل کند. همچنین، با استفاده از تابع رگرسیونی تویییت، ۸ شاخص مالی به‌عنوان متغیر مستقل و رتبه اعتباری به‌عنوان متغیر وابسته بررسی شده‌اند که نتایج آن نشان‌دهنده معناداری تمامی شاخص‌ها در سطح اطمینان ۹۵ درصد بوده است.

نتایج حاصل از مطالعات خارجی و داخلی در زمینه ارزیابی ریسک اعتباری به ارائه مدل‌های مختلف برای اندازه‌گیری ریسک اعتباری و تحلیل عملکرد بانک‌ها پرداخته و بر استفاده از سیستم‌های امتیازدهی و تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) در ارزیابی کارایی و ریسک اعتباری تأکید دارد. همچنین یافته‌ها نشان می‌دهد که ارزیابی دقیق ریسک اعتباری می‌تواند به شناسایی مشتریان با ریسک پایین‌تر کمک کند و بنابراین به بهینه‌سازی تخصیص منابع مالی منجر شود. علاوه بر این، اهمیت مدیریت ریسک اعتباری در حفظ ثبات مالی بانک‌ها و کاهش مطالبات معوق نیز مورد تأکید قرار گرفته است. به‌طور کلی، این مطالعات بر لزوم استفاده از رویکردهای علمی و داده‌محور در فرایندهای اعتبارسنجی تأکید دارند.

با توجه به اینکه بانک‌ها به‌عنوان نهادهای مالی اصلی، منابع اعتباری را جمع‌آوری کرده و به بخش‌های مختلف اقتصادی تخصیص می‌دهند، مدیریت ریسک اعتباری به‌ویژه در مواجهه با وضعیت مالی نامساعد بانک‌ها و مشکلات ناشی از تسهیلات تکلیفی و ترجیحی، می‌تواند

به جلوگیری از ورشکستگی و حفظ ثبات مالی کمک کند. همچنین، ارزیابی دقیق ریسک اعتباری به بانک‌ها این امکان را می‌دهد که با شناسایی مشتریان با ریسک پایین‌تر، تسهیلات مناسبی را اعطا کنند و در نتیجه درآمد خود را افزایش دهند. درنهایت، این تحقیق می‌تواند به بهینه‌سازی ترکیب پرتفوی اعتباری و کاهش هزینه‌های سرمایه‌ای بانک کمک کند و شرایط رقابتی بانک‌ها را در بازار مالی کشور بهبود بخشد.

#### ۴- روش‌شناسی پژوهش

این تحقیق که به صورت کاربردی انجام شده است، از نظر روش و ماهیت، یک تحقیق نظری-تجربی به حساب می‌آید. جامعه مورد مطالعه، مشتریان حقوقی بانک صنعت و معدن می‌باشد. محدوده موضوعی این تحقیق به اطلاعات اعتباری مشتریان حقوقی متقاضی تسهیلات کوتاه‌مدت اختصاص دارد و محدوده زمانی آن به اطلاعات تسهیلات کوتاه‌مدت در سال ۱۴۰۰ مربوط می‌شود. از نظر محدوده مکانی، پرونده‌های اعتباری بانک صنعت و معدن استان تهران به عنوان نمونه مورد ارزیابی قرار گرفته است. در ابتدا، با برگزاری جلساتی در بخش مدیریت ریسک بانک، ۱۳ شاخص مالی تأثیرگذار در رتبه‌بندی اعتباری شناسایی و تعیین شدند که در جدول ۱، این شاخص‌های مالی برگزیده و نحوه محاسبه آن‌ها ذکر گردیده است.

سپس با نظرسنجی از بخش مدیریت امور اعتبارات بانک، ۱۰ شاخص از شاخص‌های معین‌شده برای پژوهش تأیید شدند. درنهایت، با مشورت از خبرگان دانشگاهی، ۸ شاخص به صورت نهایی مورد استفاده قرار گرفتند<sup>۱۶</sup>.

تقسیم‌بندی شاخص‌های مالی به نهاده‌ها و ستانده‌ها با نظرسنجی از خبرگان دانشگاهی و بانکی مشخص شده است. علاوه بر این، در شناسایی نهاده‌ها و ستانده‌ها از سایر مطالعات کاربردی، با توجه به محدودیت‌های اطلاعاتی موجود، استفاده شده است. تمرکز بر این است که بانک با تخصیص بهینه منابع به کارایی دست یابد. شاخص‌های نهایی که به دو گروه نهاده‌ها و ستانده‌ها تفکیک شده‌اند، مطابق جدول ۲ طبقه‌بندی می‌شوند.

۱۶. از شاخص تعداد کارکنان استفاده شده است زیرا تعداد نیروی کار، در عملکرد و توسعه شرکت درخواست‌کننده اهمیت بسیاری دارد. این شاخص با نظرسنجی از خبرگان دانشگاهی و بانکی و با توجه به پژوهش‌های پیشین، استفاده شده است.

**جدول (۱): شاخص‌های مالی ارزیابی اعتباری متقاضیان حقوقی**

گروه	ردیف	شاخص ارزیابی	نحوه محاسبه
نسبت‌های سودآوری	۱	بازده حقوق صاحبان سهام	(خالص سود)/(سهام صاحبان حقوق)
	۲	حاشیه سود ناخالص	(ناخالص سود)/(خالص فروش)
	۳	تغییرات فروش سالانه	(آخر سال فروش-ماقبل سال فروش)/(ماقبل سال فروش)
	۴	تغییرات سود عملیاتی	(جاری سال عملیاتی سود-قبل سال عملیاتی سود)/(قبل سال عملیاتی سود)
نسبت‌های نقدینگی	۵	نسبت آنی	(جاری دارایی‌های-پرداخت‌های پیش-کالا و مواد موجودی)/(جاری بدهی)
	۶	پوشش نقدی جاری	(عملیاتی فعالیت‌های از حاصل نقد وجوه)/(جاری بدهی‌های)
نسبت‌های فعالیت	۷	دوره وصول مطالبات	(۳۶۵ × تجاری دریافتنی حساب‌های میانگین)/(نسیه فروش)
	۸	بازده دارایی‌ها	(خالص سود)/(دارایی‌ها مجموع)
	۹	نسبت پوشش هزینه بهره	(مالی هزینه‌های+مالیات از قبل سود)/(مالی هزینه‌های)
نسبت‌های اهرمی	۱۰	نسبت بدهی سیستم بانکی به دارایی‌های ثابت	(بانکی سیستم به تعهدات مجموع)/(ثابت دارایی‌های)
	۱۱	گردش کل دارایی‌ها	خالص(درآمد)فروش/(دارایی‌ها مجموع)
	۱۲	نسبت مالکانه	(سهام صاحبان حقوق مجموع)/(دارایی‌ها مجموع)
	۱۳	نسبت بدهی یا دیون	(بدهی مجموع)/(دارایی‌ها مجموع)

منبع: دستورالعمل «ارزیابی و تعیین ظرفیت اعتباری متقاضیان دریافت اعتبارات و تسهیلات کوتاه‌مدت بانک صنعت و معدن»، کد ۰۱۲۱، شماره بازنگری ۱۵

**جدول (۲): نهاده‌ها و ستانده‌های نهایی**

نماد	شاخص‌ها	دسته‌بندی
Input 1: $x_1$	تعداد کارکنان	ورودی (نهاده)
Input 2: $x_2$	دوره وصول مطالبات	
Input 3: $x_3$	نسبت بدهی یا دیون	
Output 1: $y_1$	بازده حقوق صاحبان سهام	خروجی (ستانده)
Output 2: $y_2$	حاشیه سود ناخالص	
Output 3: $y_3$	نسبت آنی	
Output 4: $y_4$	پوشش نقدی جاری	
Output 5: $y_5$	گردش کل دارایی‌ها	

منبع: یافته‌های پژوهش

تمام مشتریان حقوقی اعتباری که در استان تهران تسهیلات کوتاه‌مدت دریافت کرده‌اند، تقریباً ۱۱۰ شرکت برآورد شده‌اند. با توجه به محدودیتی که در ارائه اطلاعات وجود دارد، تنها

اطلاعات ۹۸ شرکت حقوقی در دسترس قرار گرفته است. از آنجایی که بر اساس تفاوت‌های بخشی و مقیاس، نیاز به درجه معینی از تجانس میان مشتریان حقوقی مورد مطالعه وجود دارد، در مجموعه مشاهدات، ۷۶ شرکت حقوقی که در سال ۱۴۰۰ از بانک تسهیلات دریافت کرده‌اند، مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند.

در این خصوص، به فرمول تعیین واحدهای تصمیم‌گیرنده شماره (۲) توجه شده است (جهانشاهلو و همکاران، ۱۳۸۷):

$$(۲) \quad \text{تعداد شرکت‌ها} \leq ۵ \times (\text{تعداد ورودی‌ها} + \text{تعداد خروجی‌ها})$$

این قاعده، با اطمینان از تعداد کافی واحدهای تصمیم‌گیرنده، مدل DEA را پایدارتر و قابل اعتمادتر می‌کند و احتمال خطاهای ناشی از کمبود داده‌ها را کاهش می‌دهد. همچنین، این امر امکان مقایسه دقیق‌تر بین واحدها و شناسایی بهترین عملکردها را فراهم می‌کند. با افزایش تعداد واحدهای تصمیم‌گیرنده، تأثیرات تصادفی و نوسانات غیرعادی در داده‌ها کاهش می‌یابد و دامنه وسیع‌تری از رفتارهای تولیدی در مدل لحاظ می‌شود. درنهایت، رعایت این قاعده موجب تعمیم نتایج به جمعیت بزرگ‌تری از واحدهای تصمیم‌گیرنده می‌شود و به بهبود کیفیت و اعتبار تحلیل‌ها در روش DEA کمک می‌کند.

در سال ۱۹۵۷، فارل برای نخستین بار از یک روش غیر پارامتریک به منظور اندازه‌گیری کارایی در بخش کشاورزی آمریکا استفاده کرد که بر پایه کاهش حداقلی عوامل تولید و تحلیل منحنی‌های تولید یکسان بود. با وجود محدودیت‌ها و نقاط ضعفی که این روش داشت، رویکرد وی در دهه ۷۰ بهبود یافت و در قاره‌های آمریکا و اروپا مورد توجه قرار گرفت. در سال ۱۹۷۸، روش برنامه‌ریزی خطی تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) توسط چارلز، کوپر و رودز معرفی گردید که با استفاده از برنامه‌ریزی خطی، مرز کارا را تعیین کرده و از طریق بهینه‌سازی، واحدهای کارا و ناکارا را شناسایی می‌کند. این روش به دلیل پوشش کامل اعداد و اطلاعات، نسبت به روش‌های پارامتریک که بر مبنای میانگین‌ها عمل می‌کنند، دقت بیشتری دارد و هر مشاهده را با مرز کارا مقایسه می‌کند. مزیت اصلی تحلیل پوششی داده‌ها، بی‌نیازی به تعیین وزن‌ها از پیش و امکان تخصیص وزن به ورودی‌ها و خروجی‌ها است؛ به طوری که هر واحد تصمیم‌گیرنده می‌تواند بهترین وزن را برای کارا شدن اختصاص دهد. این روش همچنین فرصت همکاری بین تحلیل‌گر و تصمیم‌گیرنده را فراهم می‌آورد که به بهبود ورودی‌ها و خروجی‌ها کمک می‌کند و نقاط مرجع برای تعیین روش بهبود نسبت به مرز کارا معرفی می‌شود. علاوه بر این، DEA

نیازی به فرضیه‌سازی و تعیین تابع توزیع ندارد و برعکس روش‌های دیگر، از داده‌های واقعی برای محاسبه امتیازات اعتباری استفاده می‌کند. در مواردی که اطلاعات قیمت در دسترس نیست، این روش بسیار کارآمد است و قادر است ورودی‌ها و خروجی‌های متعدد را به‌طور هم‌زمان تجزیه و تحلیل کند.

تحقیق حاضر با هدف ارزیابی ریسک اعتباری بانک صورت گرفته است و با ارائه مدل تحلیل پوششی داده‌ها وضعیت اعتباری مشتریان پیش‌بینی شده است. این روش قادر است بدون نیاز به این اطلاعات، صرفاً بر اساس داده‌های تولیدی و عملکردی روش تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) بر اساس کارایی فنی عمل کند؛ زیرا به‌طور خاص بر تبدیل ورودی‌ها به خروجی‌ها تمرکز دارد و این رویکرد به ارزیابی توانایی فنی بنگاه‌ها در بهینه‌سازی منابع می‌پردازد. کارایی فنی به‌عنوان یک مفهوم نسبی، به مقایسه عملکرد واحدها در استفاده از منابع اشاره دارد؛ درحالی‌که کارایی تخصیصی و اقتصادی معمولاً به داده‌های مربوط به قیمت و هزینه عمل می‌کند.

#### ۴-۱- مدل CCR در ارزیابی واحد تصمیم‌گیرنده شماره P-ام (DMUp)

مدل CCR به‌عنوان نخستین روش در تحلیل پوششی داده‌ها برای ارزیابی کارایی واحدهای تصمیم‌گیرنده، در سال ۱۹۷۸ توسط چارلز، کوپر و رودز معرفی شد و به نام مبدعان آن به CCR مشهور گردید. این مدل در سه حالت ورودی‌محور، خروجی‌محور و ترکیبی به کار گرفته می‌شود. فرض می‌شود که سیستم تحت ارزیابی، شامل  $n$  واحد تصمیم‌گیرنده به‌صورت  $DMU_j$  ( $j = 1, \dots, n$ ) باشد. هر  $DMU_j$  ورودی‌های  $x_{1j}, \dots, x_{mj}$  را برای تولید  $s$  خروجی  $y_{1j}, \dots, y_{sj}$  مصرف می‌کند. همچنین فرض بر این است که ورودی‌ها و خروجی‌های هر  $DMU$  همگی نامنفی هستند و هر  $DMU$  حداقل یک ورودی مثبت و یک خروجی مثبت دارد. در بسیاری از سیستم‌ها، ضروری است که عملکرد واحدهای تصمیم‌گیرنده مشابه، مورد بررسی قرار گیرد تا کارایی آن‌ها با یکدیگر مقایسه شود. یکی دیگر از اصول اساسی در مدل‌های DEA، ارتباط بین تعداد ورودی‌ها، خروجی‌ها و واحدهای تصمیم‌گیرنده است. هر چه تعداد  $n$  کوچک‌تر باشد، کارایی کاهش نمی‌یابد و به همین دلیل احتمال کارا بودن یا برخورداری از کارایی بالا در واحدها بسیار زیاد است؛ بنابراین، تصمیم‌گیری در این مورد تقریباً غیرممکن می‌شود. یکی از مفاهیم اصلی در DEA، مفهوم کارایی است. اگر یک واحد تصمیم‌گیرنده تنها یک

ورودی و یک خروجی داشته باشد، کارایی آن به صورت «نسبت خروجی به ورودی» تعریف می‌شود. حال اگر واحدی مانند DMUp که  $p \in \{1, \dots, n\}$  باشد، ورودی‌های  $x_{1p}, \dots, x_{mp}$  و خروجی‌های  $y_{1p}, \dots, y_{sp}$  را تولید کند و هزینه ورودی  $\alpha m$  و قیمت خروجی  $\alpha r$  به ترتیب برابر با  $v_i$  و  $u_r$  باشد، در این صورت کارایی اقتصادی به صورت زیر تعریف می‌گردد:

$$\text{کارایی} = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rp}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ip}} \quad (3)$$

در این وضعیت، واحدهای تصمیم‌گیرنده به راحتی با هم مقایسه می‌شوند، اما همیشه هزینه ورودی‌ها و قیمت خروجی‌ها معلوم نیست؛ لذا در حالت کلی از مدل‌های DEA استفاده می‌شود. با توجه به رابطه (۳) و در نظر گرفتن نامعلوم بودن وزن‌های ورودی و خروجی، باید به دنبال پیدا کردن این وزن‌ها  $(u_r, v_i)$ ها بود. برای اینکه کارایی هر DMU به صورت عددی بین صفر و یک درآید، مفهوم کارایی نسبی (RE) که به صورت زیر تعریف شده است، معرفی می‌شود:

$$RE_p = \max_{u_r, v_i \geq 0} \left[ \left( \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rp}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ip}} \right) / \max_{l, j^n} \left( \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \right) \right] \quad (4)$$

با تغییر متغیر

$$\frac{1}{t} = \max_{1 \leq i \leq n} \left( \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i} \right)$$

و همچنین با تغییر متغیر  $u_r = t u_r$ ، می‌توان به صورت معادل، مدل فوق را به شکل زیر نوشت:

$$RE_p = \max \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rp}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ip}} \quad (5)$$

$$\text{s.t.} \quad \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \leq \diamond \quad j = 1, \dots, n$$

$$u_r \geq 0 \quad r=1, \dots, s$$

$$v_i \geq 0 \quad i=1, \dots, m$$

این مدل به عنوان مدل خارج قسمتی CCR (مدل نسبت CCR) نامیده می‌شود. با استفاده از تبدیلات چارلز - کوپر، می‌توان این مدل کسری را به فرم معادل خطی زیر تبدیل

کرد. مدل به‌دست‌آمده را فرم مضربی مدل CCR می‌نامند. مدلی که فرم پوششی مدل CCR نامیده می‌شود و در تحلیل و تفسیر نتایج، استفاده‌های بیشتری نسبت به مدل‌های مضربی دارد، به‌طور کلی به‌صورت زیر است:

$$RE_p = \max \sum_{r=1}^s u_r y_{rp} \quad (۶)$$

$$\begin{aligned} \text{s.t.} \quad & \sum_{i=1}^m v_i x_{ip} = 1 \\ & \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0; \quad j = 1, \dots, n \\ & u_r \geq 0 \quad r = 1, \dots, s \\ & v_i \geq 0 \quad i = 1, \dots, m \end{aligned}$$

مدل به‌دست‌آمده را فرم مضربی مدل CCR می‌نامند. مدلی که فرم پوششی مدل CCR نامیده می‌شود و در تحلیل و تفسیر نتایج استفاده‌های بیشتری نسبت به مدل‌های مضربی دارد در حالت کلی به‌صورت زیر است:

$$RE_p = \min \theta \quad (۷)$$

$$\begin{aligned} \text{s.t.} \quad & \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \leq \theta x_{ip} \quad i = 1, \dots, m \\ & \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} \geq y_{rp} \quad r = 1, \dots, s \\ & \lambda_j \geq 0 \quad j = 1, \dots, n \end{aligned}$$

در مدل ورودی‌محور، ارزیابی هر واحد P به‌طور مجزا انجام می‌شود و با کمک متغیر آزاد در علامت  $\theta$ ، ورودی‌های واحد P تا جایی کاهش می‌یابد که DMU، داخل مجموعه امکان تولید باقی بماند. متغیرهای  $\theta$  و  $\lambda_1, \dots, \lambda_n$  نیز به‌عنوان متغیرهای مدل در نظر گرفته می‌شوند. فرم پوششی این مدل برای ارزیابی DMU<sub>p</sub>، به‌صورت زیر است:

$$\min \theta \quad (۸)$$

$$\begin{aligned} \text{s.t.} \quad & \sum_{j=1}^n \lambda_j X_j \leq \theta X_p \\ & \sum_{j=1}^n \lambda_j Y_j \geq Y_p \\ & \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1, \\ & \lambda_j \geq 0; \quad j = 1, \dots, n \end{aligned}$$

$\lambda_j$  و  $\theta$  متغیر هستند و برای بهبود تابع هدف  $\min \theta$ ، بهترین مقدار را کسب می‌کنند.  $\lambda_j$  همواره نامنفی است و متغیر  $\theta$ ، آزاد در علامت است؛ اما با توجه به ساختار و هدف مدل، مقدار  $\theta$  همواره عددی در بازه  $[0, 1]$  به دست می‌آید. در ارزیابی واحد تصمیم‌گیرنده  $p$ ، اگر مقدار تابع هدف  $\theta = 1$  باشد، گفته می‌شود واحد  $p$  کارا است؛ در غیر این صورت، ناکارا خواهد بود. با به‌کاربردن مدل‌های DEA جهت ارزیابی کارایی نسبی DMUها، معمولاً بیش از یک DMU، کارا ارزیابی می‌شود و رتبه‌بندی این واحدهای تصمیم‌گیرنده کارا از اهمیت خاصی برخوردار است.

#### ۴-۲- مدل رتبه‌بندی اندرسون - پیرسون<sup>۱۷</sup> AP در ارزیابی واحد تصمیم‌گیرنده شماره Pام (DMUp)

به دلیل عدم ایجاد رتبه‌بندی کامل بین واحدهای کارا، مدل‌های استاندارد روش تحلیل پوششی داده‌ها، از جمله CCR، قادر به مقایسه آسان واحدهای کارا با یکدیگر نیستند. در سال ۱۹۹۳، مدلی که اندرسون و پیرسون معرفی کردند، به‌عنوان یک رویکرد جدید در تحلیل پوششی داده‌ها قلمداد می‌شود. مدل پیشنهادی آن‌ها، از قرار گرفتن واحد تصمیم‌گیرنده به‌عنوان مرجع صرف نظر می‌کند. با این فرض که واحد تصمیم‌گیرنده تحت ارزیابی از مجموعه مرجع خارج شده است، مدل‌های استاندارد DEA اجرا می‌شوند.

این مدل با استفاده از فرایند ارزیابی، رتبه‌بندی کاملی بر اساس تغییر مرز کارا ناشی از حذف واحد تحت بررسی انجام می‌دهد. در این روش، واحد مورد نظر از فرایند ارزیابی حذف می‌شود. مدل تحلیل پوششی داده‌ها، از واحد تصمیم‌گیرنده برای ایجاد واحد نشانه در ارزیابی هر واحد تصمیم‌گیرنده استفاده می‌کند. حذف واحدهای ناکارا از ارزیابی، تأثیری بر مرز کارا نخواهد داشت، زیرا آن‌ها در شکل‌گیری مرز کارا تأثیرگذار نیستند. همچنین، کارایی فنی واحدهای ناکارا حتی در مدل رتبه‌بندی کامل با نگرش اندرسون و پیرسون تغییری نخواهد کرد، اما با حذف واحدهای کارا (که مرز کارا را تشکیل می‌دهند)، شکل مرز کارا تغییر خواهد کرد.

هدف اصلی این روش، تعیین میزان مشارکت هر واحد تصمیم‌گیرنده در شکل‌گیری مرز کارا است. به این منظور، واحد تصمیم‌گیرنده مورد نظر از مجموعه امکان تولید حذف می‌شود و سپس مرز کارا، بدون حضور آن واحد، بازسازی می‌شود.

در این روش، بدون تأثیر واحد مورد نظر، تغییراتی در شکل‌گیری مرز کارا مشاهده می‌شود. در این حالت، گفته می‌شود که واحدی کارا تر است که تهدید کمتری نسبت به واحدهای کارایی دیگر داشته باشد. همچنین، رتبه واحدی بالاتر است که با حذف آن واحد از مشاهدات مجموعه امکان تولید، در فضای این مجموعه کاهش بیشتری مشاهده شود؛ بنابراین، مدل ابرکارایی شماره (۹) معرفی می‌شود که در آن، کارایی هر واحد کارا با حذف آن واحد از مجموعه امکان تولید مجدداً به روش CCR محاسبه می‌شود.

$$\begin{aligned} & \min \theta \\ \text{s.t.} \quad & \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \leq \theta x_{ip} \quad i = 1, \dots, m \\ & \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} \geq y_{rp} \quad r = 1, \dots, s \\ & \theta : \text{free}, \lambda_j \geq 0 \quad j = 1, \dots, n \end{aligned} \quad (9)$$

##### ۵- یافته‌های پژوهش

به منظور انتخاب الگوی مناسب تحلیل پوششی داده‌ها، با توجه به عدم دسترسی به شاخص‌های غیرمالی و اینکه شاخص‌های به‌کاررفته در پژوهش، عمدتاً نسبت‌های مالی هستند و بیانگر مقیاس مشتریان حقوقی نمی‌باشند، امکان محاسبه کارایی مقیاس وجود نداشته است. همچنین، به دلیل عدم دسترسی به اطلاعات قیمتی در خصوص ورودی‌ها و خروجی‌ها، کارایی تخصیصی نیز قابل محاسبه نبوده است؛ بنابراین، کارایی فنی واحدها با رویکرد ورودی‌محور و با فرض بازده ثابت به مقیاس در مدل CCR ورودی‌محور با استفاده از نرم‌افزار گمز مورد ارزیابی قرار می‌گیرد که بر اساس آن، طیف رتبه‌ها در بازه ۰ تا ۱ قرار می‌گیرد. مطابق جدول ۳، در مطالعه حاضر، رتبه‌های به‌دست‌آمده بین ۰/۲۸۷ و ۱ متغیر هستند. از میان ۷۶ شرکت متقاضی تسهیلات کوتاه‌مدت، تنها ۹ شرکت که عبارت از شرکت‌های ۴، ۹، ۱۱، ۳۴، ۵۲، ۵۳، ۵۶، ۵۹ و ۶۸ هستند بر مرز کارا قرار گرفته‌اند؛ به عبارت دیگر، این شرکت‌ها کارایی فنی ۱ دارند و به‌عنوان شرکت‌های کارا شناخته می‌شوند.



#### ۵-۱ - مجموعه مرجع

یکی از مزایای روش تحلیل پوششی داده‌ها، معرفی مجموعه مرجع برای هر بنگاه به‌منظور بهینه‌سازی نهاده‌ها است. بدین صورت که برای هر یک از بنگاه‌های ناکارا، یک یا ترکیبی از دو یا چند بنگاه کارا به‌عنوان مرجع و الگو معرفی می‌شوند. بر این اساس، نتایج پژوهش نشان می‌دهد که در جدول ۴، از ۷۶ واحد مورد بررسی، واحدهای ۴، ۹، ۱۱، ۳۴، ۵۲، ۵۳، ۵۶، ۵۹ و ۶۸ به‌عنوان واحدهای کارا شناخته شده و به‌عنوان مجموعه مرجع برای ۶۷ واحد تصمیم‌گیرنده ناکارا معرفی می‌شوند.

جدول (۴): تعیین مجموعه‌های مرجع هریک از مشتریان حقوقی

مجموعه مرجع	نوع کارایی	میزان کارایی	واحد تصمیم‌گیرنده	ردیف	مجموعه مرجع	نوع کارایی	میزان کارایی	واحد تصمیم‌گیرنده	ردیف	مجموعه مرجع	نوع کارایی	میزان کارایی	واحد تصمیم‌گیرنده	ردیف
DMU9	۱۵ر	۰.۵۵۶	DMU22	۱۸	DMU4	۱۵ر	۰.۳۳۰۲	DMU13	۱۹	DMU56	۱۵ر	۰.۹۰۴۳	DMU1	۱۰
DMU11	۱۵ر				DMU52	۱۵ر		DMU59		DMU4	۱۵ر		DMU4	۱
DMU56	۱۵ر				DMU56	۱۵ر		DMU68		DMU9	۱۵ر		DMU9	۲
DMU56	۱۵ر	۰.۶۹۴	DMU23	۱۹	DMU4	۱۵ر	۰.۲۰۷۳	DMU14	۲۰	DMU34-	۱۵ر	۰.۳۴۳۳	DMU2	۱۱
DMU34	۱۵ر				DMU52	۱۵ر		DMU56		DMU9	۱۵ر		DMU9	۲
DMU52	۱۵ر	۰.۶۰۲۸	DMU24	۲۰	DMU53	۱۵ر	۰.۵۸۶۱	DMU15	۲۱	DMU4	۱۵ر	۰.۲۸۸۷	DMU3	۱۲
DMU4	۱۵ر				DMU56	۱۵ر		DMU52		DMU11	۱۵ر		DMU11	۳
DMU34	۱۵ر	۰.۳۲۰۹	DMU25	۲۱	DMU11	۱۵ر	۰.۶۱۸۸	DMU16	۲۲	DMU4	۱۵ر	۰.۵۸۶۶	DMU5	۱۳
DMU56	۱۵ر				DMU56	۱۵ر		DMU56		DMU34	۱۵ر		DMU34	۴
DMU34	۱۵ر	۰.۳۳۱۳	DMU26	۲۲	DMU4	۱۵ر	۰.۷۰۸۶	DMU17	۲۳	DMU34	۱۵ر	۰.۳۱۹۳	DMU6	۱۴
DMU52	۱۵ر				DMU52	۱۵ر		DMU56		DMU52	۱۵ر		DMU52	۵
DMU11	۱۵ر	۰.۶۱۹	DMU27	۲۳	DMU34	۱۵ر	۰.۶۶۶۳	DMU18	۲۴	DMU9	۱۵ر	۰.۸۰۸۴	DMU7	۱۵
DMU56	۱۵ر				DMU52	۱۵ر		DMU56		DMU53	۱۵ر		DMU53	۶
DMU4	۱۵ر	۰.۵۷۰۳	DMU28	۲۴	DMU53	۱۵ر	۰.۸۱۲۲	DMU19	۲۵	DMU4	۱۵ر	۰.۵۸۹	DMU8	۱۶
DMU52	۱۵ر				DMU56	۱۵ر		DMU56		DMU56	۱۵ر		DMU56	۷
DMU56	۱۵ر	۰.۶۵۳۹	DMU29	۲۵	DMU11	۱۵ر	۰.۶۶۸	DMU20	۲۶	DMU11	۱۵ر	۰.۴۶۸۳	DMU10	۱۷
DMU68	۱۵ر				DMU56	۱۵ر		DMU56		DMU59	۱۵ر		DMU59	۸
DMU11	۱۵ر	۰.۶۵۶	DMU30	۲۶	DMU4	۱۵ر	۰.۴۰۵۷	DMU21	۲۷	DMU53	۱۵ر	۰.۴۹۱۳	DMU12	۱۸
DMU56	۱۵ر				DMU34	۱۵ر		DMU56		DMU68	۱۵ر		DMU68	۹

منبع: یافته‌های پژوهش

## ادامه جدول (۴): تعیین مجموعه‌های مرجع هر یک از مشتریان حقوقی

مجموعه مرجع	نوع کارایی	میزان کارایی	تقسیم‌گرفته واحد	ردیف	مجموعه مرجع	نوع کارایی	میزان کارایی	تقسیم‌گرفته واحد	ردیف	مجموعه مرجع	نوع کارایی	میزان کارایی	تقسیم‌گرفته واحد	ردیف
DMU56 DMU59	تک‌زا	۰.۵۰۰۹	DMU66	۶۷	DMU34 DMU56	تک‌زا	۰.۳۲۸۸	DMU54	۵۷	DMU34 DMU56	تک‌زا	۰.۴۷۵۶	DMU42	۴۷
DMU56 DMU59	تک‌زا	۰.۷۵۸۶	DMU67	۶۸	DMU4 DMU52	تک‌زا	۰.۳۰۶۵	DMU55	۵۸	DMU56 DMU68	تک‌زا	۰.۴۷۱۴	DMU43	۴۸
DMU56 DMU68	تک‌زا	۰.۴۳۹	DMU69	۶۹	DMU11 DMU56	تک‌زا	۰.۵۲۵	DMU57	۵۹	DMU34 DMU56	تک‌زا	۰.۳۷۷۷	DMU44	۴۹
DMU56 DMU59 DMU68	تک‌زا	۰.۹۱۶۲	DMU70	۷۰	DMU4 DMU52 DMU56	تک‌زا	۰.۹۱۹۶	DMU58	۶۰	DMU34 DMU52	تک‌زا	۰.۳۶۵۹	DMU45	۵۰
DMU4 DMU52 DMU56	تک‌زا	۰.۴۳۶۹	DMU71	۷۱	DMU4 DMU56	تک‌زا	۰.۳۲۸۹	DMU60	۶۱	DMU53 DMU56 DMU59 DMU68	تک‌زا	۰.۶۲۸۴	DMU36	۴۱
DMU4 DMU56	تک‌زا	۰.۵۵۵۱	DMU72	۷۲	DMU4 DMU34 DMU52 DMU56	تک‌زا	۰.۳۳۱۱	DMU61	۶۲	DMU56 DMU59	تک‌زا	۰.۴۳۳۳	DMU37	۴۲
DMU53 DMU56 DMU59 DMU68	تک‌زا	۰.۵۱۲۵	DMU73	۷۳	DMU56 DMU68	تک‌زا	۰.۴۳۳۳	DMU62	۶۳	DMU34 DMU56	تک‌زا	۰.۴۱۷۵	DMU38	۴۳
DMU34 DMU52	تک‌زا	۰.۶۳۴۴	DMU74	۷۴	DMU4 DMU52 DMU56	تک‌زا	۰.۴۸۶۵	DMU63	۶۴	DMU53 DMU56 DMU59 DMU59	تک‌زا	۰.۴۸۸۱	DMU39	۴۴
DMU4 DMU52 DMU56	تک‌زا	۰.۳۸۸۹	DMU75	۷۵	DMU34 DMU52	تک‌زا	۰.۴۵۱۶	DMU64	۶۵	DMU56 DMU59 DMU68	تک‌زا	۰.۷۳۹۱	DMU40	۴۵
DMU56 DMU68	تک‌زا	۰.۵۸۱	DMU76	۷۶	DMU4 DMU52	تک‌زا	۰.۵۲۷۵	DMU65	۶۶	DMU34 DMU52	تک‌زا	۰.۳۳۳۷	DMU41	۴۶

منبع: یافته‌های پژوهش

در این پژوهش که به روش CCR به صورت ورودی - محور انجام شده است، انتظار می‌رود شرکت‌های ناکارا با پیروی از بنگاه‌های مرجع خود، با کاهش مقداری از ورودی‌ها به مرز کارا برسند. با توجه به جدول ۵، مشاهده می‌شود که علی‌رغم پیروی بنگاه ۵ از بنگاه‌های مرجع خود در کاهش نهاده‌ها، این شرکت باید خروجی‌ها را افزایش دهد تا در مرز کارا قرار بگیرد.

جدول (۵): نمونه‌ای از عملکرد یک شرکت ناکارا در مقایسه با شرکت‌های مرجع خود

تصمیم‌گیرنده واحد	میزان کارایی	نوع کارایی	ورودی ۱	ورودی ۲	ورودی ۳	خروجی ۱	خروجی ۲	خروجی ۳	خروجی ۴
DMU5	۰٫۵۵	ناکارا	۰٫۰۶۹	۰٫۰۳	۰٫۵۳	۱۵٫۷۳	۱۵٫۲۲	۱۵٫۷	۱۵
DMU4	۱	کارا	۰٫۰۶۳	۰٫۰۲	۰٫۲۴	۱۵٫۸۶	۱۵٫۵۵	۱۶٫۹	۱۶٫۳۷
DMU56	۱	کارا	۰٫۰۰۵	۰٫۰۱	۰٫۳۱	۱۵٫۳۸	۱۵٫۱۵	۱۵٫۳	۱۵٫۰۹

منبع: یافته‌های پژوهش

هنگام ارزیابی واحدهای تصمیم‌گیرنده، از مفهوم کارایی نسبی استفاده می‌شود. در این ارزیابی، چون کارایی نسبت به واحدهای موجود محاسبه می‌شود، حداقل یک واحد کارا با نمره کارایی ۱ وجود دارد. از آنجایی که در مدل‌های حقیقی احتمال مساوی بودن دو مقدار کارایی در بازه ۰ تا ۱ غیرممکن است، لذا رتبه‌بندی فقط در مورد واحدهای کارا انجام می‌شود. نتایج ارزیابی واحدهای کارا مقادیری بیشتر از ۱ را نشان می‌دهد. هرچه مقدار ابرکارایی در این روش بالاتر باشد، به این معنی است که آن واحد رتبه بالاتری دارد و در شرایط بهتری قرار دارد. رتبه‌بندی واحدهای کارا در جدول ۶ مشخص شده است.



ادامه جدول (۶): رتبه بندی هریک از مشتریان حقوقی

DMU33 DMU56	رتبه بندی ۰.۳۳۷	نوع کارایی ۵۵	میزان کارایی ۰.۳۳۷	واحد تصمیم‌گیرنده DMU44	رتیف ۴	مجموعه مرجع DMU4 DMU52 DMU56	رتبه بندی ۰.۳۳۹	نوع کارایی ۵۵	میزان کارایی ۰.۳۳۹	واحد تصمیم‌گیرنده DMU71	رتیف ۵۵	مجموعه مرجع DMU34 DMU52	رتبه بندی ۰.۳۶۰۷	نوع کارایی ۵۵	میزان کارایی ۰.۳۶۰۷	واحد تصمیم‌گیرنده DMU48	رتیف ۴۶	مجموعه مرجع DMU56 DMU59	رتبه بندی ۰.۵۰۰۹	نوع کارایی ۵۵	میزان کارایی ۰.۵۰۰۹	واحد تصمیم‌گیرنده DMU66	رتیف ۳۷
DMU4 DMU52 DMU56	رتبه بندی ۰.۳۵۶	نوع کارایی ۵۵	میزان کارایی ۰.۳۵۶	واحد تصمیم‌گیرنده DMU46	رتیف ۶۵	مجموعه مرجع DMU4 DMU34 DMU56	رتبه بندی ۰.۳۴۰۹	نوع کارایی ۵۵	میزان کارایی ۰.۳۴۰۹	واحد تصمیم‌گیرنده DMU25	رتیف ۵۴	مجموعه مرجع DMU34 DMU52	رتبه بندی ۰.۳۵۷۶	نوع کارایی ۵۵	میزان کارایی ۰.۳۵۷۶	واحد تصمیم‌گیرنده DMU64	رتیف ۴۷	مجموعه مرجع DMU53 DMU56	رتبه بندی ۰.۴۹۲۲	نوع کارایی ۵۵	میزان کارایی ۰.۴۹۲۲	واحد تصمیم‌گیرنده DMU12	رتیف ۳۸
DMU34 DMU52 DMU56	رتبه بندی ۰.۳۴۳	نوع کارایی ۵۵	میزان کارایی ۰.۳۴۳	واحد تصمیم‌گیرنده DMU2	رتیف ۶۶	مجموعه مرجع DMU34 DMU56	رتبه بندی ۰.۳۱۷۵	نوع کارایی ۵۵	میزان کارایی ۰.۳۱۷۵	واحد تصمیم‌گیرنده DMU38	رتیف ۵۷	مجموعه مرجع DMU56 DMU68	رتبه بندی ۰.۳۱۹۹	نوع کارایی ۵۵	میزان کارایی ۰.۳۱۹۹	واحد تصمیم‌گیرنده DMU29	رتیف ۴۸	مجموعه مرجع DMU53 DMU56 DMU59	رتبه بندی ۰.۴۸۱	نوع کارایی ۵۵	میزان کارایی ۰.۴۸۱	واحد تصمیم‌گیرنده DMU39	رتیف ۳۹
DMU34 DMU52	رتبه بندی ۰.۳۳۲	نوع کارایی ۵۵	میزان کارایی ۰.۳۳۲	واحد تصمیم‌گیرنده DMU26	رتیف ۶۷	مجموعه مرجع DMU34 DMU56	رتبه بندی ۰.۳۱۳۱	نوع کارایی ۵۵	میزان کارایی ۰.۳۱۳۱	واحد تصمیم‌گیرنده DMU33	رتیف ۵۸	مجموعه مرجع DMU56 DMU68	رتبه بندی ۰.۳۴۹	نوع کارایی ۵۵	میزان کارایی ۰.۳۴۹	واحد تصمیم‌گیرنده DMU69	رتیف ۴۹	مجموعه مرجع DMU4 DMU52 DMU56	رتبه بندی ۰.۴۸۵	نوع کارایی ۵۵	میزان کارایی ۰.۴۸۵	واحد تصمیم‌گیرنده DMU63	رتیف ۴۰
DMU4 DMU34 DMU52 DMU56	رتبه بندی ۰.۳۳۱	نوع کارایی ۵۵	میزان کارایی ۰.۳۳۱	واحد تصمیم‌گیرنده DMU61	رتیف ۶۸	مجموعه مرجع DMU4 DMU34 DMU52	رتبه بندی ۰.۳۰۸۷	نوع کارایی ۵۵	میزان کارایی ۰.۳۰۸۷	واحد تصمیم‌گیرنده DMU21	رتیف ۵۹	مجموعه مرجع DMU11 DMU56	رتبه بندی ۰.۳۴۸۲	نوع کارایی ۵۵	میزان کارایی ۰.۳۴۸۲	واحد تصمیم‌گیرنده DMU10	رتیف ۵۰	مجموعه مرجع DMU56 DMU59	رتبه بندی ۰.۴۸۳	نوع کارایی ۵۵	میزان کارایی ۰.۴۸۳	واحد تصمیم‌گیرنده DMU37	رتیف ۴۱
DMU4 DMU52 DMU56	رتبه بندی ۰.۳۵۹	نوع کارایی ۵۵	میزان کارایی ۰.۳۵۹	واحد تصمیم‌گیرنده DMU45	رتیف ۶۹	مجموعه مرجع DMU4 DMU52 DMU56	رتبه بندی ۰.۳۰۲۷	نوع کارایی ۵۵	میزان کارایی ۰.۳۰۲۷	واحد تصمیم‌گیرنده DMU32	رتیف ۶۰	مجموعه مرجع DMU4 DMU56	رتبه بندی ۰.۳۴۱۷	نوع کارایی ۵۵	میزان کارایی ۰.۳۴۱۷	واحد تصمیم‌گیرنده DMU47	رتیف ۵۱	مجموعه مرجع DMU34 DMU56	رتبه بندی ۰.۳۷۵۶	نوع کارایی ۵۵	میزان کارایی ۰.۳۷۵۶	واحد تصمیم‌گیرنده DMU42	رتیف ۴۲
DMU34 DMU52	رتبه بندی ۰.۳۳۷	نوع کارایی ۵۵	میزان کارایی ۰.۳۳۷	واحد تصمیم‌گیرنده DMU41	رتیف ۷۰	مجموعه مرجع DMU4 DMU56	رتبه بندی ۰.۳۶۶۸	نوع کارایی ۵۵	میزان کارایی ۰.۳۶۶۸	واحد تصمیم‌گیرنده DMU60	رتیف ۶۱	مجموعه مرجع DMU4 DMU52 DMU56	رتبه بندی ۰.۳۳۲	نوع کارایی ۵۵	میزان کارایی ۰.۳۳۲	واحد تصمیم‌گیرنده DMU51	رتیف ۵۲	مجموعه مرجع DMU56 DMU68	رتبه بندی ۰.۴۷۱۲	نوع کارایی ۵۵	میزان کارایی ۰.۴۷۱۲	واحد تصمیم‌گیرنده DMU43	رتیف ۴۳
DMU34 DMU56	رتبه بندی ۰.۳۹۲	نوع کارایی ۵۵	میزان کارایی ۰.۳۹۲	واحد تصمیم‌گیرنده DMU6	رتیف ۷۱	مجموعه مرجع DMU34 DMU52	رتبه بندی ۰.۳۵۷	نوع کارایی ۵۵	میزان کارایی ۰.۳۵۷	واحد تصمیم‌گیرنده DMU35	رتیف ۶۲	مجموعه مرجع DMU56 DMU68	رتبه بندی ۰.۳۳۳	نوع کارایی ۵۵	میزان کارایی ۰.۳۳۳	واحد تصمیم‌گیرنده DMU62	رتیف ۵۳	مجموعه مرجع DMU34 DMU52	رتبه بندی ۰.۴۶۶۲	نوع کارایی ۵۵	میزان کارایی ۰.۴۶۶۲	واحد تصمیم‌گیرنده DMU18	رتیف ۴۴
DMU4 DMU52 DMU56	رتبه بندی ۰.۳۰۷۳	نوع کارایی ۵۵	میزان کارایی ۰.۳۰۷۳	واحد تصمیم‌گیرنده DMU14	رتیف ۷۲	مجموعه مرجع DMU4 DMU56	رتبه بندی ۰.۳۳۲	نوع کارایی ۵۵	میزان کارایی ۰.۳۳۲	واحد تصمیم‌گیرنده DMU50	رتیف ۶۳	مجموعه مرجع DMU52 DMU56	رتبه بندی ۰.۳۳۰۲	نوع کارایی ۵۵	میزان کارایی ۰.۳۳۰۲	واحد تصمیم‌گیرنده DMU13	رتیف ۵۴	مجموعه مرجع DMU11 DMU56	رتبه بندی ۰.۴۶۸۸	نوع کارایی ۵۵	میزان کارایی ۰.۴۶۸۸	واحد تصمیم‌گیرنده DMU20	رتیف ۴۵
DMU4 DMU52	رتبه بندی ۰.۳۸۷	نوع کارایی ۵۵	میزان کارایی ۰.۳۸۷	واحد تصمیم‌گیرنده DMU3	رتیف ۷۴	مجموعه مرجع DMU4 DMU52 DMU56	رتبه بندی ۰.۳۸۸	نوع کارایی ۵۵	میزان کارایی ۰.۳۸۸	واحد تصمیم‌گیرنده DMU75	رتیف ۷۵	مجموعه مرجع DMU34 DMU52	رتبه بندی ۰.۳۴۳	نوع کارایی ۵۵	میزان کارایی ۰.۳۴۳	واحد تصمیم‌گیرنده DMU74	رتیف ۷۳	مجموعه مرجع DMU4 DMU52	رتبه بندی ۰.۳۰۶۵	نوع کارایی ۵۵	میزان کارایی ۰.۳۰۶۵	واحد تصمیم‌گیرنده DMU55	رتیف ۷۳

منبع: یافته‌های پژوهش

پس از رتبه‌بندی شرکت‌ها، از میان شرکت‌های مورد بررسی، شرکت ۹ با رتبه ۵/۱۵۲۱ به‌عنوان کاراترین واحد تصمیم‌گیرنده و شرکت ۳ با رتبه ۰/۲۸۷۷ به‌عنوان ناکاراترین واحد تصمیم‌گیرنده معرفی می‌شود. با استفاده از این نتایج، می‌توان به‌طور نسبی گفت:

- واحد تصمیم‌گیرنده ۹ که به‌عنوان کاراترین شرکت در مدل تعیین شده است، همان واحدی است که بهترین کیفیت را از نظر بازپرداخت سود و اصل تسهیلات دارد و از کمترین ریسک در سرمایه‌گذاری برخوردار است. این شرکت دارای بالاترین درجه اعتباری می‌باشد.
- واحدهای تصمیم‌گیرنده ۹، ۵۹، ۱۱، ۵۶، ۵۲، ۴، ۶۸، ۳۴ و ۵۳ که بر روی مرز کارا تحلیل پوششی داده‌ها قرار دارند و مقدار کارایی فنی آن‌ها ۱ است، دارای دارایی‌هایی با قدرت نقدشوندگی عالی هستند و به‌طور مطلوبی بدهی‌ها را مدیریت می‌کنند. وضعیت اعتباری این شرکت‌ها مشخص و از نظر اعتباری در سطح بسیار بالایی قرار دارند. این شرکت‌ها تقریباً ۱۲٪ کل متقاضیان مورد بررسی را شامل می‌شوند.
- واحدهای تصمیم‌گیرنده ۵۸، ۷۰ و ۱ که مقدار کارایی فنی آن‌ها به‌طور تقریبی ۰/۹ می‌باشد، شرکت‌هایی هستند که از نظر نقدشوندگی دارایی‌ها و مدیریت بدهی‌ها در شرایط مطلوبی قرار دارند و سهم خوبی از بازار را به خود اختصاص داده‌اند، اما حاشیه امنیت کمتری نسبت به شرکت‌های کارا داشته و خطرپذیری آن‌ها قدری بیشتر است.
- واحدهای تصمیم‌گیرنده ۱۹ و ۷ که مقدار کارایی فنی آن‌ها تقریباً ۰/۸ محاسبه شده است، شرکت‌هایی هستند که از نظر نقدینگی دارایی‌ها و مدیریت بدهی‌ها از شرایط رضایت‌بخشی برخوردارند، اما دلایلی دال بر بروز مشکلات موقتی در آینده وجود دارد.
- واحدهای تصمیم‌گیرنده ۶۷، ۵۴، ۴۰، ۴۹ و ۱۷ که مقدار کارایی فنی آن‌ها تقریباً ۰/۷ برآورد شده است، شرکت‌هایی با دارایی‌های نقدینگی کم و بدهی‌های نسبتاً کمی هستند. این شرکت‌ها در بین شرکت‌های دارای وضعیت اعتباری مطمئن و شرکت‌های دارای علائمی از ریسک قرار دارند. از نظر حد حفاظتی، دارای حاشیه حمایت قابل قبولی هستند؛ اما از نظر مقابله با مشکلات، نسبت به شرکت‌های قبلی مستعدتر بوده و الگوهای جریان نقدینگی آن‌ها دلالت بر نوعی بی‌ثباتی دارد.
- واحدهای تصمیم‌گیرنده ۳۰، ۲۳، ۳۶، ۲۷، ۱۶ و ۲۴ که مقدار کارایی فنی آن‌ها به‌طور تقریبی ۰/۶ محاسبه شده است، همان شرکت‌هایی هستند که دارایی‌هایی با نقدشوندگی

بسیار کم داشته و نیاز به توجه خاص و ارزیابی جدی از سوی بانک دارند. ظرفیت و پوشش بدهی این شرکت‌ها محدود بوده و دارای برخی ضعف‌های مدیریتی هستند. کاهش قابل توجه درآمد، تقاضای مداوم برای لغو قراردادها، افزایش درخواست تسهیلات و افزایش وابستگی به بدهی‌های بانکی از خصایص این شرکت‌هاست.

• واحدهای تصمیم‌گیرنده ۱۵، ۲۸، ۲۲، ۷۲، ۵، ۸، ۶۵، ۵۷، ۷۶، ۷۳، ۳۶ و ۳۷ که ۱۵٪ از واحدهای مورد بررسی را شامل می‌شوند، مقدار کارایی تقریبی ۰/۵ دارند. این واحدها همان شرکت‌هایی هستند که از نظر تضمین بازپرداخت اصل و فرع تعهدات در شرایط مطلوبی قرار نداشته و فاقد مشخصه‌های یک سرمایه‌گذاری مطلوب بوده‌اند. این واحدها به دلیل ضعف مدیریتی، نیاز به نظارت مستمر از سوی بانک دارند.

• واحدهای تصمیم‌گیرنده ۱۲، ۳۹، ۶۳، ۳۷، ۴۲، ۴۳، ۱۸، ۲۰، ۴۸، ۶۴، ۲۹، ۶۹، ۱۰، ۴۷، ۵۱، ۶۲، ۱۳، ۷۱، ۲۵، ۳۸، ۳۳، ۲۱ و ۳۲ که ۳۰٪ واحدهای مورد بررسی را شامل می‌شوند، مقدار کارایی فنی آن‌ها تقریباً ۰/۴ است. این شرکت‌ها برنامه نامنظمی در بازپرداخت اصل و فرع تعهدات داشته، فاقد منابع مالی کافی و اطلاعات اعتباری مناسب هستند و در اغلب موارد نکول شده و در حالت ورشکستگی قرار دارند.

• واحدهای تصمیم‌گیرنده ۶۰، ۳۵، ۵۰، ۷۵، ۴۴، ۴۶، ۲، ۲۶، ۶۱، ۴۵، ۴۱، ۶ و ۱۴ که ۱۷٪ واحدهای مورد بررسی را شامل می‌شوند، دارای کارایی فنی تقریباً ۰/۳ هستند. این شرکت‌ها در بازپرداخت اصل و بهره تسهیلات دریافتی شرایط نامطلوبی دارند. تسهیلات اعطایی به این گروه غیرقابل بازگشت بوده و به‌عنوان دارایی فعال بانک در نظر گرفته نمی‌شود، چراکه ارزش بسیار کمی دارد. این مسئله به معنای عدم جبران تسهیلات نیست، بلکه حتی در صورت بازگشت جزئی در آینده، میزان آن بسیار ناچیز خواهد بود.

• واحد تصمیم‌گیرنده ۳ با کارایی فنی تقریباً ۰/۲ به‌عنوان ناکارترین شرکت در مدل تحلیل پوششی داده‌ها تعیین شده است. این شرکت بالاترین درجه از قصور در بازپرداخت تسهیلات را داشته و با بیشترین ریسک اعتباری مواجه است. شرکت ۳ به‌عنوان بی‌ثبات‌ترین مشتری حقوقی شناخته می‌شود.

## ۶- نتیجه‌گیری و پیشنهادهای سیاستی

بانک‌ها به‌عنوان نهادهای کلیدی در ساختار اقتصادی، نقش به‌سزایی در جمع‌آوری منابع مالی و تخصیص آن به بخش‌های مختلف اقتصادی ایفا می‌کنند. این فرایند نه‌تنها به رشد

و توسعه اقتصادی کشورها کمک می‌کند، بلکه به ارتقای رفاه اجتماعی نیز می‌انجامد. با این حال، بانک‌ها در سایه مشکلات سیاست‌گذاری و فشارهای دولتی، با چالش‌های جدی در وضعیت مالی خود مواجه هستند و این امر مانع از آن می‌شود که بتوانند به تحلیل مؤثر ریسک‌ها بپردازند. ارزیابی ریسک اعتباری و رتبه‌بندی اعتباری در بانک‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است؛ زیرا تسهیلات اعطایی، به‌عنوان منبع اصلی درآمد این نهادها، به کیفیت و قابلیت وصول مرتبط است. عدم بازپرداخت وام‌ها، ناتوانی در تأمین سرمایه کافی و فقدان تنوع در منابع درآمدی می‌تواند به ورشکستگی بانک‌ها منجر شود. از این رو، برای پیشگیری از این خطرات، لازم است بانک‌ها به ارزیابی مستمر ریسک اعتباری بپردازند و از ابزارهای اعتبارسنجی برای کاهش ریسک‌های مرتبط با اعطای تسهیلات بهره‌برداری کنند.

با توجه به اهمیت ارزیابی ریسک اعتباری، این پژوهش به بررسی و شناسایی شاخص‌های مؤثر بر ریسک اعتباری متقاضیان حقوقی تسهیلات بانکی از طریق نظرسنجی از خبرگان دانشگاهی و بانکی پرداخته است. پس از تعیین ماهیت شاخص‌ها به‌عنوان ورودی یا خروجی، ارزیابی آن‌ها در مدل CCR با فرض بازده ثابت نسبت به مقیاس و به‌صورت ورودی‌محور انجام شده است و معیار اصلی برای دسته‌بندی واحدهای تصمیم‌گیرنده، کارایی فنی آن‌ها بوده است. شایان ذکر است، از آنجایی که اکثر متغیرهای به‌کاررفته در این تحقیق، نسبت‌های مالی هستند (که بیانگر مقیاس شرکت‌ها نمی‌باشند)؛ از این رو، امکان محاسبه کارایی مقیاس میسر نبوده است. همچنین، به دلیل عدم دسترسی به اطلاعات قیمتی ورودی‌ها و خروجی‌ها، کارایی تخصیصی نیز قابل ارزیابی نیست. بر این اساس، رتبه‌های اعتباری بر اساس رویکرد نهاده‌محور و فرض بازدهی ثابت نسبت به مقیاس تولید محاسبه شده‌اند. نتایج به‌دست‌آمده حاکی از آن است که از ۷۶ شرکت مورد بررسی، تنها ۹ شرکت (حدود ۱۲٪) در زمره واحدهای کارا قرار دارند و به‌عنوان الگوهای مرجع برای بنگاه‌های ناکارا معرفی می‌گردند. این بنگاه‌ها می‌توانند با پیروی از شرکت‌های کارا به مرز کارایی دست یابند. برای رتبه‌بندی شرکت‌های کارا، از مدل اندرسون-پیترسون بهره‌گرفته شده است. یافته‌ها نشان می‌دهد که شرکت ۹ با رتبه ۵/۱۵۲۱، کاراترین واحد و شرکت ۳ با رتبه ۰/۲۸۷۷، ناکاراترین واحد است. این نتایج، به‌روشنی اهمیت روش تحلیل پوششی داده‌ها را در ارزیابی کارایی و ریسک اعتباری متقاضیان تسهیلات نمایان می‌سازد و نقش حیاتی آن را در پایداری و موفقیت مالی نهادهای بانکی تأکید می‌کند.

از آنجایی که روش تحلیل پوششی داده‌ها، با ارائه ضرایبی به‌عنوان یک الگوی مرجع، به

متقاضیان ناکارا کمک می‌کند تا کارایی فنی خود را بهبود بخشند؛ پیشنهاد می‌شود مشتریان ناکارا از ترکیب نهاده‌هایی استفاده کنند که بنگاه‌هایی که در مرز کارا قرار دارند، به کار می‌برند. این اقدام بهبود کارایی فنی آن‌ها را تسهیل خواهد کرد. با استقرار پایگاه داده‌ها و سیستم اطلاعاتی که حاوی داده‌های مالی و مدیریتی مشتریان بانک می‌باشد، امکان برآورد ریسک اعتباری به وجود می‌آید. این داده‌ها باید متغیرهایی در پیش‌بینی ریسک اعتباری باشند. پایگاه اطلاعاتی باید به‌طور مداوم به‌روزرسانی شده تا دقت برآورد ریسک به حداکثر برسد. با پیاده‌سازی و عملی شدن چنین سیستمی، احتمال وقوع عدم بازپرداخت تسهیلات دریافتی کاهش می‌یابد و به‌نوعی از هزینه‌های اضافی بانک کاسته می‌شود. در نتیجه، هزینه اعطای تسهیلات کاهش می‌یابد.

بنابراین، یکی از مسائل اساسی در نظام بانکی کشور، نبود یک بانک اطلاعاتی جامع است. از این‌رو، برای تضمین جریان صحیح و شفاف اطلاعات، اجرای سیستم‌های پیشرفته نرم‌افزاری و سخت‌افزاری بسیار حائز اهمیت است. با اجرای سیستم ارزیابی ریسک اعتباری و تخصیص رتبه‌بندی به مشتریان، سیستم بانکی کشور قادر خواهد بود تا میزان و نوع وثیقه‌ای که از هر مشتری دریافت می‌کند را بر اساس ریسک هر شرکت تعیین کند. به‌طور ساده، یک رابطه یک‌طرفه بین ریسک اعتباری، نوع و میزان وثیقه وجود دارد؛ به این معنی که هرچه ریسک یک مشتری کمتر باشد، میزان وثیقه دریافتی از او کاهش می‌یابد. می‌توان انواع وثایق را بر اساس اهمیت و رتبه‌بندی به سپرده‌های سرمایه‌گذاری شده، اوراق بهادار، املاک، سفته‌ها و چک‌ها تقسیم کرد. در حالت عادی، شرکت‌ها معمولاً وثایقی مانند چک و سفته دریافت می‌کنند. با افت رتبه‌های اعتباری، نوع وثیقه دریافتی به ترتیب از چک و سفته به املاک، اوراق بهادار و سپرده‌های سرمایه‌گذاری تغییر می‌کند. به‌طور مشابه، می‌توان در مورد میزان وثایق دریافتی نیز بحث کرد؛ به عبارت دیگر، بر اساس میزان ریسک اعتباری هر مشتری، نوع و میزان وثیقه باید به‌گونه‌ای تعیین شود که بتواند ریسک آن‌ها را پوشش دهد.

برای ایجاد رقابت سالم و افزایش کارایی بانک، پیشنهاد می‌شود نرخ سود در تمامی بخش‌های اقتصادی به‌صورت آزاد، به‌جای نرخ‌های دستوری، در نظر گرفته شود. برای این منظور، ابتدا بانک مرکزی موظف است از طریق ایجاد بازار پولی بین‌بانکی در بخش ریالی، نرخ‌های سود مبنا را تعیین کند. سپس بانک‌ها موظفند از این نرخ به‌عنوان نرخ سود بدون ریسک استفاده کنند و با استفاده از مدل‌های رتبه‌بندی اعتباری مشتریان و محاسبه ریسک، نرخ سود تسهیلات را تعیین کنند. درنهایت، برای تضمین عملکرد صحیح بانک‌ها، پیشنهاد

می‌شود نظام بانکی کشور، شرکت‌های دریافت‌کننده تسهیلات را رتبه‌بندی کند و بانک مرکزی مسئول نظارت بر اجرای صحیح عملکرد بانک‌ها باشد.

### **تعارض منافع**

تعارض منافع وجود ندارد.

### **حامی مالی**

مقاله با حمایت مالی پژوهشکده امور اقتصادی تدوین شده است.

## References

- Aboulhasani Koumeleh, S.Z., & Aboulhasani Koumeleh, S.M. (2014). Ranking Bank Branches Using the Anderson-Petersen Model and Proposals for More Accurate Ranking. In Proceedings of the 6th International Conference on Data Envelopment Analysis, Islamic Azad University, Lahijan Unit. (In Persian)
- Ahn, H., & Le, M.H. (2014). An Insight in to the Specification of the Input-Output Set for DEA-Based Bank Efficiency Measurement. *Management Review Quarterly*, 64, 3-37.
- Altman, E. I. (1968). Financial Ratios, Discriminant Analysis and the Prediction of Corporate Bankruptcy. *Journal of Finance*, 23(4), 589-609.
- Andersen, P., & Petersen, N. C. (1993). A Procedure for Ranking Efficient Units in Data Envelopment Analysis. *Management Science*, 39(10), 1261-1264.
- Cava, P.B., Salgado, A.P., & Branco, A.M. de F. (2016). Evaluation of Bank Efficiency in Brazil: A DEA Approach. *RAM. Revista de Administração Mackenzie*, 17(4), 62-84.
- Charnes, A., Cooper, W.W., & Rhodes, E. (1978). Measuring the Efficiency of Decision-Making Units. *European Journal of Operational Research*, 2(6), 429-444.
- Farrell, M.J. (1957). The Measurement of Productive Efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society: Series A (General)*, 120(3), 253-281.
- Førsund, F.R., Lovell, C.A.K., & Schmidt, P. (1980). A Survey of Frontier Production Functions and of Their Relationship to Efficiency Measurement. *Journal of Econometrics*, 13(1), 5-25.
- Ghorbani, M., Farzinvash, A., & Abdoli, G. (2011). Credit Rating of Corporate Customers of Industry & Mine Bank: Using Neural Network. M.A. thesis, University of Tehran. (In Persian)
- Hemmati, A. (2021). Advanced Macroeconomics. Noore Elm Publisher. (In Persian)
- Hamati Ahoosee, M., & Fateh Far, N. (2018). Factors Affecting Credit Risk of Banks in Iran. In Proceedings of the National Conference on New Perspectives in Accounting, Management and Entrepreneurship, Karaj. (In Persian)

- Isazadeh, S., & Oryani, B. (2010). Credit Risk Rating of the Bank's Customers by Data Envelopment Analysis: Case Study the Branches of Keshavarzi Bank. *QJERP*, 18 (55), 59-86. (In Persian)
- Izadikhah, M., Shamsi, M., Sheikhan, A., & Ghafouri, F. (2022). A New Hybrid Approach Based on Fitch Ranking and Data Envelopment Analysis to Evaluate the Credit Performance of the Bank's Legal Clients. *Journal of Decisions and Operations Research*, 6(4), 553-569. (In Persian)
- Jahanshahloo, G., Hosseinzadeh Lotfi, F., & Nikoomaram, H. (2008). Data Envelopment Analysis and Its Applications. Islamic Azad University Press. (In Persian)
- Kohi, H., & Gholami, R. (2012). Ranking of Reditworthiness of Legal Entity Customers in the Industrial Sector Using Data Envelopment Analysis (DEA). *Quantitative Studies in Management*, 10, 98-116. (In Persian)
- Lutsenko, I. (2016). Definition of Efficiency Indicator and Study of Its Main Function as an Optimization Criterion. *East European Journal of Advanced Technologies*, 6 (2), 24-32.
- Mehrara, M., & Bohloolvand, E. (2015). Factors Affecting Credit Risk of Banks in Iran. *Economic Studies and Policies*, 11(2), 27-56. (In Persian)
- Pirayesh, R., & Mousavi, S.Z. (2016). Credit Risk Ranking of Legal Customers in Commercial Banks Using Data Envelopment Analysis (DEA). The Fourth National Conference on Management, Economics, and Accounting. <https://civilica.com/doc/518167>. (In Persian)
- Pitera, R., Karaosmanoglu, E., Salamov, F., Baghirov, A., & Gasimova, Y. (2023). Comparison of the Efficiency of Domestic and Foreign Banks with Data Envelopment Analysis: In the Case of the Poland Banking System (2016-2022 period). *In Traders International Trade Academic Journal*, 6(1), 75-96.
- Rahmani, T. (2021). Money (A Textbook on Money and Banking). Tehran: Noor Elm Press. (In Persian)
- Soori, A., Esmaeili, B., & Nobakht, V. (2021). Providing a Model for Tail Risk Estimation Using Extreme Value Mixture Models (Parametric, Semi-Parametric and Non-Parametric). *Financial Knowledge of Securities Analysis*, 14(51), 81-95. [magiran.com/p2378179](http://magiran.com/p2378179). (In Persian)
- Ullah, S., Majeed, A., & Popp, J. (2023). Determinants of Bank's Efficiency in

an Emerging Economy: A Data Envelopment Analysis Approach. *PLOS ONE*, 18(3), e0281663.

Xie, Z. (2023). Research on Stress Test of Bank Credit Risk in International Trade Based on DEA Model. *Financial Engineering and Risk Management*, 6(1), 79-84.

Yeh, Q.J. (1996). The Application of Data Envelopment Analysis in Conjunction with Financial Ratios for Bank Performance Evaluation. *Journal of the Operational Research Society*, 47(8), 980-988.