

مدل سازی پیش بینی کارایی بانک های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از تحلیل پوششی داده ها و الگوریتم های فرا ابتکاری در هوش مصنوعی: کاربردهای ضمنی در تأمین مالی صنعت لاستیک ایران

Efficiency Prediction Modeling of Banks Listed on the Tehran Stock Exchange Using Data Envelopment Analysis and Metaheuristic AI Algorithms: Implicit Applications in Financing the Iranian Rubber Industry

چکیده

اولین گام در راه بهبود کارایی ارائه روشی برای پیش بینی کارایی بین واحدها در این زمینه است. نهادهای مالی از دیرباز نقش به سزایی در توسعه و رشد اقتصادی کشورها داشته و بانک ها به عنوان یکی از مهم ترین نهادهای مالی، نقش پررنگ تری نسبت به سایر نهادها در امر توسعه داشته اند. هدف پژوهش حاضر، ارزیابی و پیش بینی کارایی بانک ها با استفاده از تحلیل پوششی داده ها و الگوریتم های فرا ابتکاری در هوش مصنوعی است. در ابتدا با استفاده از مدل تحلیل پوششی داده ها و با در نظر گرفتن جمع کل دارایی ها، تعداد شعب، تعداد کارکنان، هزینه مالی، هزینه اداری و سطح تحصيلات کارکنان به عنوان ورودی های مدل و سود و زیان خالص، مانده تسهیلات اعطایی، درآمد سپرده گذاری ها، سپرده دیداری، درآمد تسهیلات اعطایی و درآمد کارمزد به عنوان متغیرهای خروجی مدل به بررسی کارایی بانک های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران در سال های ۱۳۹۱ تا ۱۴۰۱ پرداخته شد و در مرحله بعد، از شبکه عصبی مصنوعی و الگوریتم ژن شناختی برای پیش بینی کارایی بانک ها استفاده شد. نتایج ارزیابی نشان داد که مدل شبکه عصبی پرسپترون چند لایه دارای دقت بالاتری در پیش بینی کارایی بانک ها است. همچنین، تحلیل حساسیت شبکه عصبی نشان می دهد این مدل دارای قدرت پیش بینی کنندگی مطلوبی است و متغیرهای مستقل درآمد کارمزد ها، درآمد تسهیلات اعطایی و سود و زیان خالص، به ترتیب بیشترین تأثیر را در کارایی بانک ها دارند. از آنجاکه یکی از چالش های اصلی صنعت لاستیک ایران تأمین مالی و دسترسی به منابع بانکی است، نتایج حاصل از پیش بینی و ارزیابی کارایی بانک ها می تواند در راستای بهبود تخصیص منابع مالی به این صنعت مؤثر واقع شود؛ لذا مدل ارائه شده، کاربرد مستقیم در تحلیل توانمندی بانک ها برای پشتیبانی مالی صنعت لاستیک دارد.

کلمات کلیدی: کارایی بانک ها، مدل DEA دومرحله ای، شبکه عصبی مصنوعی، الگوریتم های فرا ابتکاری هوش مصنوعی.

نوع مقاله: پژوهشی

محمد کاشانی پور^۱، محمدرضا فتحی^۲، سید امیر علی عرب زاده^۳

۱- دانشیار، گروه مدیریت مالی، دانشکدگان فارابی دانشگاه تهران، قم، ایران

۲- دانشیار، گروه مدیریت صنعتی و فناوری، دانشکدگان فارابی دانشگاه تهران، قم، ایران

۳- دانشجوی دکتری حسابداری، دانشکده حسابداری و مدیریت دانشگاه پردیس کیش، دانشگاه تهران، کیش، ایران

Reza.fathi@ut.ac.ir

ایمیل نویسندگان و عهده دار مکاتبات:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۳/۰۸

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۵/۱۲

مقدمه

(فلاحنژاد^{۱۰}، ۲۰۲۳).

باتوجه به اینکه بانکها به عنوان مهم ترین نهاد بازار پولی نقش بسیار مهمی را در اقتصاد هر کشور داشته و باتوجه به نقش آنها و همچنین، بازتاب سریع سیاست های این بخش در کل اقتصاد کشور، اندازه گیری کارایی و شناخت نوع کارایی آنها از اهمیت خاصی برخوردار است. صنعت بانکداری کارا میتواند در دستیابی به رشد و توسعه اقتصادی مؤثر باشد، به همین دلیل کارایی صنعت بانکداری از جمله موضوعاتی به شمار می آید که علاوه بر مردم، مدیران بانکها و مسئولان اقتصادی کشور نیز به آن توجه دارند (مسکروپور امیری ویدالله زاده طبری، ۱۳۹۳). باتوجه به افزایش رقابت در نظام بانکی ایران و اهمیت نقش بانکها در تأمین مالی صنایع، شناخت و پیش بینی کارایی بانکها ضرورت اساسی پیدا میکند. آمارها نشان می دهد که برخی بانکها با وجود منابع مشابه، بازدهی بسیار متفاوتی دارند. در صنعت لاستیک ایران که با چالش های سرمایه گذاری و دسترسی محدود به تسهیلات بانکی مواجه است، این تفاوت عملکرد بانکها تأثیر مستقیمی بر رشد و توسعه دارد؛ لذا لازم است مدلی جامع جهت اندازه گیری و پیش بینی کارایی بانکها باهدف بهینه سازی تخصیص منابع طراحی شود. روش سنتی تحلیل پوششی داده ها تنها بر عملکرد فعلی و تاریخی تکیه دارد و قادر به پیش بینی کارایی آینده نیست. برای غلبه بر این محدودیت در ادبیات مالی، اغلب از کاربرد مدل های دومرحله ای DEA استفاده می شود (امروزنژاد و یانگ^{۱۱}، ۲۰۱۸). اصطلاح "مدل دومرحله ای"^{۱۲} برای تعریف مدل های مختلفی که شامل تحلیل های کارایی به روش DEA در مرحله اول و برخی تکنیک های دیگر (پارامتریک یا غیر پارامتریک) در مرحله دوم می شود (پالکووا^{۱۳}، ۲۰۱۹). در این پژوهش از ترکیب مدل DEA و الگوریتم های فراابتکاری در هوش مصنوعی برای برآورد کارایی استفاده شده است.

استفاده کنندگان صورت های مالی و سرمایه گذاران بر اساس اطلاعات مالی تصمیم به خرید اوراق بهادار می گیرند. اعتبار دهندگان نیز عمدتاً در زمان پرداخت وام به اطلاعات مالی

تاریخ بحران اقتصادی به بحران مالی به عنوان شکست واسطه های مالی تبدیل شد. بانک به عنوان واسطه مالی بین جامعه و مؤسسه با نقش نهادهای سپرده گیر که عمدتاً در وام دهی تجاری دخیل هستند، طبقه بندی می شود. اعتماد، اطمینان و سلامت نظام بانکی ممکن است منجر به عملکرد کارآمد بانکها برای بقا و رقابت در بین صنعت شود (زیتون و بنجلون^۱، ۲۰۱۲)؛ بنابراین، نظام بانکی کارآمد ممکن است عملکرد روان نظام پرداخت کشور و اجرای مؤثر سیاست پولی را تضمین کند (گلاتی و موسنر^۲، ۲۰۱۱). بخش مالی هر کشوری در روند توسعه اقتصادی آن جایگاه اصلی را به خود اختصاص می دهد. بین توسعه بخش های واقعی و مالی، به ویژه در زمینه واسطه گری مالی یک رابطه مثبت وجود دارد. بخش مالی، برای توسعه هر اقتصادی بسیار مهم است، از آنجایی که بانکها بازیگران کلیدی در بازار مالی بسیاری از کشورهای جهان هستند، به طور کلی ثبات و کارایی نظام بانکی به طور قابل توجهی بر دستگاه مالی و اقتصاد تأثیر می گذارد (کورنیو و همکاران^۳، ۲۰۲۲). کارایی بانکها در استقرار نظام های مالی سالم در کشورها ضروری است. در این راستا انتظار میرود مدیران بانکها به سؤالات مطرح شده در مورد عملکرد مالی بانکها پاسخ صحیح دهند که بدون بررسی کارایی شعب تحت نظارت آنها عملاً غیرممکن است. در بیشتر پژوهش های پیشین (از جمله؛ بودا و همکاران^۴، ۲۰۲۰؛ کاسو و ثناسولیس^۵، ۲۰۰۶؛ کوهل و همکاران^۶، ۲۰۱۹؛ شی و همکاران^۷، ۲۰۱۰؛ شیونگ و همکاران^۸، ۲۰۱۸)، از تحلیل پوششی داده ها برای ارزیابی استفاده شده است (ژانگ و همکاران^۹، ۲۰۲۴). تعداد زیادی از عوامل ارزیابی در تحلیل کارایی شعب مالی، منجر به افزایش تعداد واحدهای کارآمد و در نتیجه کاهش قدرت تمایز می شود. از این رو، با در نظر گرفتن یک دیدگاه روشمند، روشی گام به گام برای انتخاب عوامل مؤثر در کارایی بانکها بر اساس تأثیر هر عامل یا شاخص بر کارایی کل دستگاه از جمله مسائل مهم صنعت بانکداری است

1. Zeiton and Benjelloun
6. Kohi et al.
11. Emrouznejad and Yang

2. Galati and Moessner
7. Shi et al
12. Two-stage model

3. Korneyev et al.
8. Xiong et al
13. Paleckova

4. Boda et al
9. Zhang et al

5. Casu and Thanassoulis
10. Fallahnejad

مبانی نظری پژوهش

بانک‌ها مؤثرترین مؤسسات مالی هستند که نقش غالب در توسعه اقتصادی هر کشوری دارند. این نقش را میتوان به‌عنوان پیوندهای واسطه‌ای بین واحدهای مازاد و کسری در دستگاه مالی خلاصه کرد. کارایی بانک‌ها یکی از حیاتی‌ترین و ضروری‌ترین نسبت‌ها است؛ زیرا نشان‌دهنده توانایی بانک‌ها در کنترل هزینه‌های عملیاتی و در نتیجه دستیابی به بالاترین سطوح سود است. علاوه بر این، بهره‌وری بالاتر بانک‌ها را در برابر ضربه‌ها مقاوم‌تر می‌کند که تأثیر مثبت و معناداری بر رشد آنها و کل اقتصاد دارد (اسوس و پاون^۱، ۲۰۲۲). از این‌رو، صنعت بانکداری یکی از پیچیده‌ترین صنایع و یکی از کمک‌های اصلی به اقتصاد یک کشور است. از آنجاکه قلب و شریان اصلی اقتصاد کشور با بانک‌ها گره‌خورده، بدیهی است رشد و پیشرفت صحیح بانک‌ها موجب افزایش کارایی آنها شده که این امر موجب شکوفایی اقتصاد و کمک به فرار از بحرانهای مالی می‌شود (پارادی، روات و ژو^۲، ۲۰۱۱).

کارایی بانک‌ها: کارایی بانک‌ها موضوع موردتوجه ذی‌نفعان مختلف مانند تنظیم‌کننده‌ها، مشتریان، سرمایه‌گذاران و عموم مردم بوده است (دویگون - فتحی و پاسیورس^۳، ۲۰۱۰). از این‌رو، کارایی بانک‌ها موضوعی حیاتی است که نیاز به بحث کامل در ادبیات دارد (اسوس و پاون، ۲۰۲۲). به طور سنتی، مدیران بانک از چندین نسبت برای تجزیه و تحلیل جنبه‌های مختلف عملیات بانکی استفاده میکردند. اما نسبت‌های مالی برآورد عملکرد کلی بانک‌ها را در معرض اطلاعات محدودی قرار می‌دهند. درحالی‌که، اندازه‌گیری کارایی از رویکردهای مرزی برخلاف رویکردهای نسبت، امکان اندازه‌گیری عینی عملکرد را در محیط‌های عملیاتی پیچیده فراهم می‌کند (پریتی و روی^۴، ۲۰۲۰). برگر و همفری^۵ (۱۹۹۲) به این نتیجه رسیدند که رویکرد مرزی می‌تواند یک امتیاز کارایی عددی عینی و رتبه‌بندی شرکت‌ها همراه با سازوکار بهینه‌سازی

نیاز دارند. این اطلاعات می‌تواند در قالب یک مدل، وضعیت مالی بانک‌ها را پیشبینی کند. با پیشبینی به‌موقع کارایی بانک‌ها، میتوان مانع از سوخت شدن سرمایه سهام‌داران و همچنین افزایش کارایی بانک‌ها شد و این کار، نه‌تنها سودآوری آنها، بلکه افزایش رفاه عمومی را به دنبال خواهد داشت و از هدررفتن منابع مالی جلوگیری می‌کند. درحالی‌که با استفاده از صورت‌های مالی نمیتوان به طور مستقیم کارایی یک بانک را طی سال‌های آتی پیشبینی کرد. با استفاده از مدل‌هایی که با روش علمی - تجربی ایجاد و تعریف گردیده و در سایر کشورها اجرا شده است، می‌توان کارایی بانک‌ها را چند سال بعد پیشبینی نمود. استفاده از مدل‌های پیشبینی کارایی، راهنمای خوبی برای مدیران و سرمایه‌گذاران و وام‌دهندگان دولت خواهد بود تا قبل از تصمیم‌گیری اطلاعات لازم به آنها داده شود.

در حال حاضر، بانک‌های ایرانی با چالش‌هایی نظیر افزایش مطالبات غیرجاری، کاهش بهره‌وری کارکنان، تمرکز بالا در اعطای تسهیلات و ناکارآمدی در نسبت سود به هزینه روبه‌رو هستند. به‌عنوان مثال، میانگین نسبت مطالبات غیرجاری در بانک‌های بورسی در سال ۱۴۰۱ حدود ۱۳٪ بوده است. از سوی دیگر، صنعت لاستیک ایران با کمبود نقدینگی و نرخ بهره بالا در اعطای تسهیلات مواجه است. این مسئله نیازمند شناخت دقیق‌تر از عملکرد بانک‌ها و میزان کارایی واقعی آنها در حمایت از بخش تولید است. باتوجه به نقش کلیدی بانک‌ها در تأمین مالی صنایع، این پژوهش با تمرکز بر تأثیر ساختار عملکردی بانک‌ها بر توان ارائه تسهیلات به صنعت لاستیک ایران طراحی شده است. صنعت لاستیک به‌عنوان یکی از صنایع مادر و حیاتی در زنجیره تأمین خودروسازی و حمل‌ونقل نیازمند ساختار اعتباری کارا است. از این‌رو، ارزیابی عملکرد و پیش‌بینی کارایی بانک‌ها در این مطالعه، باهدف کمک به بهینه‌سازی سیاست‌های مالی در این صنعت انجام شده است.

1. Assous and Paun

2. Paradi, Rouatt, & Zhu

3. Duygun-Fethi & Pasiouras

4. Preeti & Roy

5. Berger & Humphrey

اقتصادی در محیط‌های عملیاتی پیچیده ارائه دهد؛ بنابراین به‌طور کلی، برای سنجش کارایی بنگاه‌ها رویکردهای بازده مرزی در دودسته روش‌های پارامتریک و غیرپارامتریک قابل طبقه‌بندی است. تحلیل پوششی داده‌ها (DEA)^۱ به‌عنوان یکی از رویکردهای مرزی غیرپارامتری، ابزار تجزیه و تحلیل کارایی عالی و قوی با طیف گسترده‌ای از کاربردها شناخته می‌شود. در دودسته اخیر، کاربردهای متعدد منتشر شده از DEA برای اندازه‌گیری کارایی بانک‌ها و شعب وجود داشته است که انگیزه بیشتری برای توسعه و بهبود تکنیک‌های DEA داشته است (فوکویاما و وبر^۲، ۲۰۱۰).

به‌طور کلی، اندازه‌گیری کارایی مرزی به فارل^۳ (۱۹۵۷) برمیگردد. وی مدلی را پیشنهاد کرد که می‌تواند از یک بخش به کل اقتصاد اعمال شود. نه تنها تکنیکی را برای اندازه‌گیری کارایی کلی توسعه داد، بلکه کارایی را نیز به اجزای آن تقسیم کرد. مدل CCR چارنز و همکاران^۴ (۱۹۷۸) برای اولین بار دیدگاه فارل را عملی کرد و مدل را به‌عنوان تحلیل پوششی داده نام برد (اکن و کله^۵، ۲۰۱۱).

مدل DEA دومرحله‌ای: رویکردهایی که در آن از دو روش تحلیل استفاده می‌شود، با DEA در مرحله اول و برخی تکنیک‌های دیگر (پارامتریک یا غیرپارامتریک) در مرحله دوم، مدل‌های DEA دومرحله‌ای نامیده می‌شود. ادبیات مدل‌های DEA دومرحله‌ای به این اشاره دارد که مرحله دوم خارج از فرایند تولید است. این در واقع رویه‌ای است که محقق اتخاذ کرده است که در آن شاخص‌های کارایی در مرحله اول از طریق DEA محاسبه می‌شوند و متعاقباً از این شاخص‌ها برای تقویت تکنیک دیگری استفاده می‌شود که ممکن است با در نظر گرفتن امکانات مختلف در دسترس محقق در مرحله دوم، نوعی رگرسیون (مثلاً حداقل مربعات معمولی^۶ یا رگرسیون کوتاه شده بوت استرپ^۷)، یک فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)^۸ یا یک شبکه عصبی مصنوعی (ANN)^۹ باشد (هنریکس و همکاران^{۱۰}، ۲۰۲۰).

شبکه عصبی مصنوعی^{۱۱} (ANN): جدا از اندازه‌گیری عملکرد

عملیاتی بانک‌ها با استفاده از رویکردهای DEA، امروزه بخش بانکی بیشتر به تحلیل‌های پیش‌بینی گرایش دارد تا عملکرد آینده خود را شناسایی کند و رقابت‌پذیری خود را از قبل بهبود بخشد (پریتی و روی^{۱۲}، ۲۰۲۰). تحقیقات نشان داده‌شده که شبکه‌های عصبی برای پیش‌بینی مجموعه داده‌های آینده مؤثر هستند. تعداد فزاینده‌ای از محققین در تلاش هستند تا از شبکه‌های عصبی به‌عنوان ابزاری مؤثر برای بهینه‌سازی روش‌های DEA استفاده کنند. اکثر این مطالعات شبکه‌های عصبی مصنوعی (ANN) را برای پیش‌بینی کارایی آینده انتخاب می‌کنند (شعبان‌پور و همکاران^{۱۳}، ۲۰۱۷، ژانگ و وانگ^{۱۴}، ۲۰۱۹).

مدل‌سازی شبکه عصبی یک تکنیک هوشمند است که فرایندی مشابه مغز انسان را دنبال می‌کند. مانند سایر مدل‌های طبقه‌بندی، عامل‌های یک مدل شبکه عصبی باید قبل از اینکه شبکه برای اهداف پیش‌بینی استفاده شود، تخمین زده شوند. در معماری‌های شبکه عصبی، روش‌های یادگیری و عامل‌های متعددی وجود دارد. به‌طور کلی، معماری شبکه می‌تواند بازخورد^{۱۵}، پیش‌خورد یا فید فوروارد^{۱۶} باشد (چن و شی^{۱۷}، ۲۰۰۶).

الگوریتم‌های فراابتکاری^{۱۸} در هوش مصنوعی: در فرایندهای تصمیم‌گیری همواره بهینه‌سازی نقش مهمی را ایفا کرده است. به گفته دب و همکاران^{۱۹} (۲۰۰۶)، استوارت و همکاران^{۲۰} (۲۰۰۴) و ویلالتا کالدرون و همکاران^{۲۱} (۲۰۱۰) الگوریتم‌های فراابتکاری، اصول تکامل طبیعی را برای جستجوی جواب بهینه تقلید می‌کنند (سدیدی و درواری، ۱۳۹۶). معیارهای مختلفی می‌تواند برای طبقه‌بندی الگوریتم‌های فراابتکاری استفاده شود. مانند طبقه‌بندی مبتنی بر یک جواب و مبتنی بر جمعیت که الگوریتم‌های مبتنی بر یک جواب در حین فرایند جستجو یک جواب را تغییر می‌دهند. درحالی‌که در الگوریتم‌های مبتنی بر جمعیت در حین جستجو، یک جمعیت از جواب‌ها در نظر گرفته می‌شود. از الگوریتم‌های مبتنی بر جمعیت می‌توان به الگوریتم

1. Data Envelopment Analysis
6. Ordinary Least Squares
10. Henriques et al
15. feedforward

2. Fukuyama & Weber
7. Bootstrapped Truncated Regression
11. Artificial Neural Network
16. Chen and Shih

3. Farrell
17. Meta Heuristic

4. Charnes et al. (Charnes Cooper-Rhodes)
8. Analytical Hierarchy Process
12. Shabanpour et al
18. Deb et al

5. Eken and Kale
9. Artificial Neural Network
13. Zhang and Wang
14. Feedback
19. Stewart et al
20. Villalta-Calderon et al.

ژن‌شناختی (GA)^۱ اشاره کرد (واعظ قاسمی و همکاران، ۱۳۹۶). طبیعی عمل می‌کنند (وزیری و همکاران، ۱۴۰۳).

الگوریتم فراابتکاری ژن‌شناختی از نظریه تکامل داروین الهام گرفته شده است و امروزه به طور گسترده در حل مسائل بهینه‌سازی و فرایندهای یادگیری به کار می‌رود (شتا و ترابیه^۲، ۲۰۰۶). به عبارت دیگر الگوریتم‌های ژن‌شناختی، تکنیک‌های جست‌وجوی تصادفی هستند که بر اساس انتخاب طبیعی و نسل‌شناسی

پیشینه پژوهش

در مطالعه حاضر جهت اندازه‌گیری و پیش‌بینی کارایی بانک‌ها به برخی از تحقیقات پیشین در زمینه موردنظر توجه شده است. جدول (۱) خلاصه برخی از این پژوهش‌ها را نشان می‌دهد.

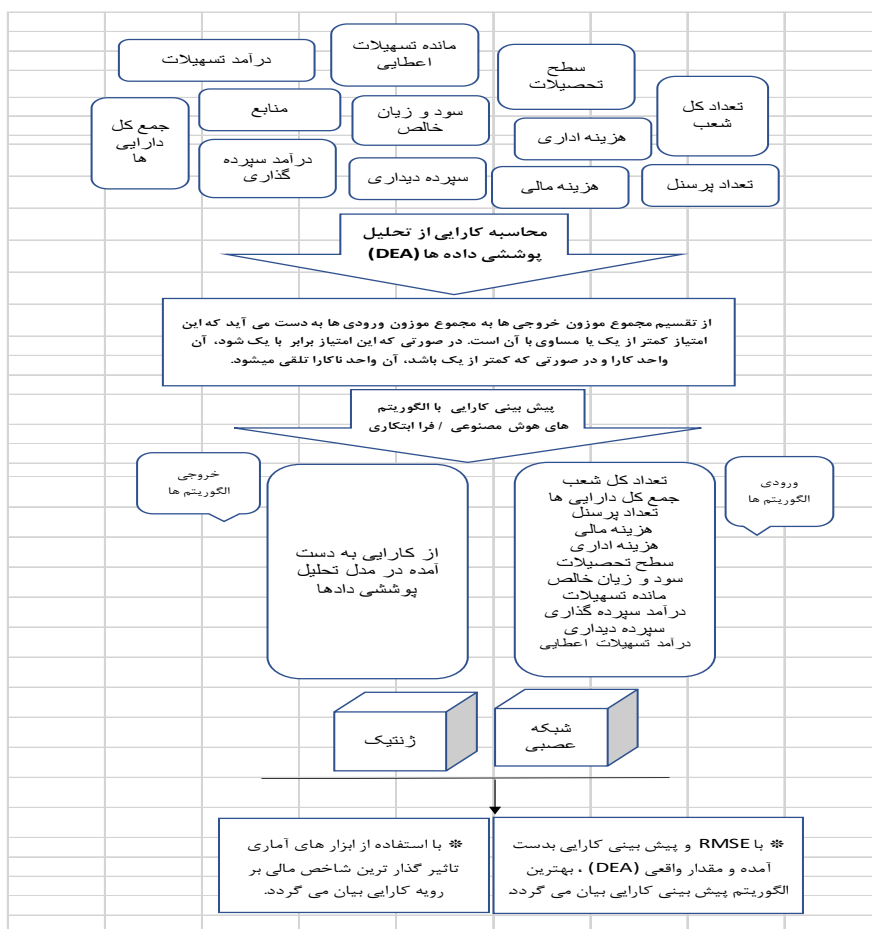
جدول ۱: خلاصه تحقیقات پیشین در زمینه پژوهش

محقق	عنوان	سال	عوامل و روش
تقوی‌فرد، حبیبی و مهدی‌زاده	سنجش عملکرد بانک‌ها با استفاده از مدل DEA دومرحله‌ای	۱۴۰۰	کارایی درآمدی که هدف کلی بانک است ناشی از ترکیب کارایی سطح شعب با کارایی سطح سرپرستی است
وهابی، برادران کاظم‌زاده و رستگار	ارزیابی کارایی شعب بانکی با استفاده از روش تحلیل پوششی بوت استرپ سه سطحی	۱۴۰۰	اقدام به تفکیک عملیات شعب، به سه سطح، کارایی عملیاتی، کارایی اعتباردهی و کارایی سودآوری شده است
هادی و همکاران	رویکرد دومرحله‌ای تحلیل پوششی داده‌ها برای اندازه‌گیری عملکرد شعب بانک با فعالیت چندگانه	۱۴۰۱	کارایی هر شعبه محاسبه و سپس باتوجه به فعالیت‌های تولید، بانکداری الکترونیکی و واسطه‌گری، دستورالعمل‌های بهبود ارائه شد
وزیری، دهدار و عبدلی	بررسی سودمندی الگوریتم‌های فراابتکاری در بهینه‌سازی ریسک یکپارچه نظام بانکی	۱۴۰۳	متغیرهای تحقیق شامل ریسک یکپارچه که به دنبال حداقل کردن آن است (تابع هدف) و متغیر بازدهی که در پی حداکثرسازی آن است
همتجو، دلبری و طالبی‌ارده	استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها برای مقایسه عملکرد بانک‌های پذیرفته شده در بورس	۱۴۰۳	مدل تحلیل پوششی داده‌ها جهت محاسبه کارایی نسبی بانک‌ها و مدل اندسون - پیترسون جهت مقایسه بانک‌های کارا و ناکارا
بخنو، حیدری و کیوانی	ارزیابی کارایی و بهره‌وری بانک‌ها با استفاده از مدل تحلیل پوششی داده‌ها به روش چندمرحله‌ای و مالیم کوئیست	۱۴۰۳	از مدل تحلیل پوششی داده‌ها میزان کارایی و از شاخص مالیم کوئیست میزان بهره‌وری بانک دولتی فعال در سطح استان آذربایجان غربی بررسی شدند
خانال و بهاتا	ارزیابی کارایی کارکنان در بانک‌های تجاری نپال توسط تحلیل پوششی داده‌ها	۲۰۱۵	کارایی نسبی کارکنان از پاداش، عملکرد مالی و رفتارهای مخاطره‌آمیز با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها، شاخص بهره‌وری و تحلیل رگرسیون
هنریکس و همکاران	تحلیل پوششی داده‌های دومرحله‌ای در بانک‌ها و جهت‌گیری‌های آینده	۲۰۲۰	زمینه اقتصادی، منطقه جغرافیایی، ویژگی‌های روش‌شناختی، و نوع مدل‌ها، داخلی یا خارجی را بررسی می‌کند
پریتی و روی	مدل‌سازی عملکرد در دستگاه بانکی: تحلیل پوششی داده‌ها - رویکرد شبکه عصبی	۲۰۲۰	مدل DEA غیرشعاعی غیرجهت‌دار اتخاذ شده است
میلنکوویچ و همکاران	تحلیل دومرحله‌ای DEA کارایی بانک در کشورهای بالکان غربی	۲۰۲۲	بخش اول کارایی عملکرد میانی بانک‌ها و بخش دوم تحلیل تأثیر اندازه بانک، نوع بانک و فعالیت ادغام و تملک بر روی کارایی
آرمسترانگ و صمد	برآورد کارایی و پیش‌بینی ورشکستگی بانک‌های ایالات متحده آمریکا با تحلیل پوششی داده‌ها	۲۰۲۲	از کارایی فنی تصحیح شده با استفاده از تحلیل پوششی داده‌های بوت استرپ به عنوان معیار کیفیت مدیریت استفاده می‌کند
کورنیو و همکاران	ارزیابی کارایی نظام‌های بانکی اروپایی	۲۰۲۲	روش DEA به عنوان ابزار ارزیابی کارایی نظام‌های بانکی
ژانگ و همکاران	پیش‌بینی کارایی مؤسسات تحقیقاتی	۲۰۲۴	رویکرد ترکیبی از تحلیل پوششی داده‌ها و شبکه عصبی

محقق	عنوان	سال	عوامل و روش
جواکیم، میگل و سیلوا	به کارایی بانک‌های پرتغالی: تحلیل پوششی داده‌ها	۲۰۲۴	رویکرد دومرحله‌ای: مرحله ۱، تحلیل پوششی داده‌ها در کارایی و مرحله ۲ بوت استرپ در سنجش رابطه کارایی بانک و عوامل تعیین‌کننده آن
اسلاتینس	بررسی کارایی بانک‌های ترکیه: مدل DEA	۲۰۲۴	کارایی بانک‌ها بر اساس مدل CCR خروجی‌محور

تهران می‌پردازد. از آنجاکه استفاده از مدل‌های پیش‌بینی کارایی، راهنمای خوبی برای مدیران و سرمایه‌گذاران و وام‌دهندگان دولت خواهد بود تا قبل از تصمیم‌گیری اطلاعات لازم به آنها داده شود، انتظار بر این است که مدیران و سرمایه‌گذاران با استفاده از نتایج این مطالعه بتوانند سیاست‌های خود را در جهت تأثیر آن بر بهبود تصمیم‌گیری پیگیری نمایند. مدل مفهومی باتوجه به مراحل تحقیق، به صورت شکل ۱، ترسیم شده است.

در گذشته، بسیاری از مطالعات به اندازه‌گیری کمی عملکرد بانک‌ها با توسعه چندین مدل DEA متوسل شده‌اند؛ اما مطالعات کمی از تکنیک‌های هوش مصنوعی مانند ANN برای پیش‌بینی عملکرد عملیاتی دستگاه بانکی استفاده کرده‌اند. این مطالعه به ارائه مدلی برای پیش‌بینی کارایی با تأکید بر تحلیل حساسیت اثر متغیرهای مالی تحلیل پوششی داده‌ها و الگوریتم‌های فراابتکاری هوش مصنوعی در بانک‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار



شکل ۱: مدل مفهومی پژوهش

روش‌شناسی پژوهش

روش‌شناسی پژوهش باتوجه‌به پیاز پژوهش^۱ ساندرز و همکاران^۲ (۲۰۰۹)، طراحی و لایه‌های آن به‌قرار زیر گزارش شده است:

فلسفه پژوهش: نخستین لایه از پیاز پژوهش تعیین فلسفه پژوهش یا پارادایمی است که نشان‌دهنده جهان‌بینی و نوع نگاه پژوهشگر است. از نظر فلسفه پژوهش، تحقیق حاضر عملگرا یا عملی^۳ است، چرا که از هر دوی مأخذ کمی و کیفی جهت گردآوری داده بهره گرفته است.

رویکرد پژوهش: بر اساس جهان‌بینی فلسفی، پژوهشگر می‌تواند برای مطالعه پدیده موردنظر از رویکرد قیاسی^۴ یا استقرایی^۵ استفاده نماید. از نظر رویکرد پژوهش، تحقیق حاضر استقرایی است، چرا که تحقیق با مشاهده و جمع‌آوری داده‌ها شروع می‌شود و به سمت توصیف و تحلیل می‌رود.

راهبرد پژوهش: منظور از راهبرد پژوهش همان روش تحقیق است. این تحقیق از نظر روش پژوهش از نوع تحقیقات توصیفی است و از نظر هدف در زمره پژوهش‌های کاربردی است و روش تحلیل مبتنی بر مدلسازی ریاضی است.

انتخاب پژوهش: منظور از انتخاب‌های پژوهشی، نوع داده‌های پژوهش است. این تحقیق از نظر نوع داده‌های پژوهش کمی است، چرا که داده‌های اولیه (متغیرهای مالی و سازمانی بانک) به‌صورت کمی و عددی استخراج شده‌اند.

بازه زمانی پژوهش: تحقیق فعلی در میان بانک‌هایی انجام گرفته است که در بورس اوراق بهادار تهران طی سال‌های ۱۳۹۱ تا ۱۴۰۱ پذیرفته شده‌اند.

روش گردآوری: داده‌های اولیه با استفاده از روش کتابخانه‌ای از گزارش‌های سالانه بانک‌های مزبور استخراج شده‌اند.

در پژوهش حاضر، برای بررسی کارایی بانک‌های ایران، از بین کلیه بانک‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران در بازه زمانی ۱۳۹۱ تا ۱۴۰۱، با استفاده از روش نمونه‌گیری

قضاوتی، ۱۴ بانک انتخاب شده‌اند. ملاک انتخاب بانک‌ها در دسترس بودن داده‌های صورت‌های مالی حسابرسی شده طی ۱۱ سال اخیر، تنوع در نوع مالکیت (دولتی و خصوصی) و سهم بازار تسهیلات‌دهی آن‌ها بوده است. وضعیت موجود بانک‌ها بر اساس نسبت‌های مالی کلیدی و کارایی DEA محاسبه شده و وضعیت مطلوب بر اساس مرز کارا در مدل DEA تعیین شده است.

روش تجزیه و تحلیل

این پژوهش دارای چندین مرحله تحلیل است که در ادامه این مراحل شرح داده شده است.

محاسبه کارایی توسط تحلیل پوششی داده‌ها از رویکرد CCR خروجی‌محور: با استفاده از مدل CCR خروجی‌محور تحلیل پوششی داده‌ها و ورودی و خروجی‌های معرفی شده، کارایی در سال‌های گذشته توسط برنامه‌نویسی در پایتون محاسبه شده و خروجی آن در اکسل ذخیره شد. در این راستا، کلیه بانک‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران انتخاب شدند و از شاخص‌های تعداد شعب، جمع کل دارایی‌ها، تعداد کارکنان، هزینه مالی، هزینه اداری و سطح تحصیلات کارکنان به‌عنوان متغیرهای ورودی و از شاخص‌های سود و زیان خالص، مانده تسهیلات اعطایی، درآمد سپرده‌گذاری‌ها، سپرده دیداری، درآمد تسهیلات اعطایی و منابع درآمد کارمزد به‌عنوان متغیرهای خروجی مدل تحلیل پوششی داده‌ها برای ۱۴ بانک طی سال‌های ۱۳۹۱ تا ۱۴۰۱ استفاده شد.

باتوجه‌به اینکه هدف پژوهش ارائه مدل پیش‌بینی برای کارایی بانک‌ها و سنجش رابطه متغیرهای حسابداری و کارایی بانک‌ها است، لذا از روش تحلیل پوششی داده‌ها دومرحله‌ای و از رویکرد مدل CCR خروجی‌محور استفاده شده است. این مدل بر اساس مفروضات بازده به مقیاس ثابت طراحی شده است و هدف آن حداکثرسازی خروجی‌ها برای یک سطح معین از ورودی‌ها است. دلیل انتخاب مدل CCR خروجی‌محور آن است که بانک‌ها

1. Research Onion

2. Saunders et al.

3. Pragmatism

4. Deductive

5. Inductive

خروجی‌های تحلیل پوششی داده‌ها، از طریق روش شبکه عصبی پرسپترون چندلایه در نرم‌افزار SPSS28 برای مدل‌سازی پیشبینی کارایی، استفاده شد. شبکه‌های عصبی ابزاری قدرتمند برای تجزیه و تحلیل داده‌ها و مدل‌سازی روابط غیرخطی، با درجه صحت بالا هستند که از سه بخش اصلی لایه ورودی^۲، لایه‌های پنهان^۴ و لایه خروجی^۵ تشکیل شده‌اند (تقی‌زاده مهرجردی و همکاران، ۱۳۹۲). یادگیری شبکه عصبی پرسپترون چندلایه از طریق یک فرایند یادگیری به نام «پس انتشار خطا»^۶ انجام می‌شود. این شبکه‌های عصبی را می‌توان برای پیشبینی مسائل بر پایه داده‌های موجود استفاده کرد. مراحل طراحی شبکه عصبی به‌قرار ذیل است (لی و ژونگ^۷، ۲۰۱۲).

مرحله ۱ طراحی معماری شبکه: این مرحله شامل تعیین تعداد لایه‌های موجود در شبکه، تعداد نرون‌های هر لایه، تعیین برگشت‌پذیر بودن یا نبودن شبکه و... است که با توجه به نوع مسئله تعیین می‌گردد.

مرحله ۲ تعیین نوع تابع فعال^۸: می‌توان برای اینکه خروجی خاصی تولید شود از یک تابع تبدیل استفاده کرد. این تابع بازه وسیعی از مقادیر ورودی را به مقدار خاصی نگاشت می‌کند. انواع مختلفی از توابع انتقال عصبی (فعال‌ساز) از جمله: تابع سیگموئید^۹، تابع تانژانت هایپربولیک^{۱۰}، تابع سافت مکس^{۱۱} در لایه‌های پنهان و خروجی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

مرحله ۳ آموزش شبکه: الگوریتم‌های یادگیری، روندهایی هستند که توسط آنها وزنهای شبکه تنظیم می‌گردد.

پیاده‌سازی الگوریتم ژن‌شناختی در هوش مصنوعی: در این پژوهش پیاده‌سازی الگوریتم ژن‌شناختی در هوش مصنوعی با پایتون انجام شد. الگوریتم ژن‌شناختی یکی از روش‌های بهینه‌سازی و در دسته الگوریتم‌های جستجوی تصادفی قرار دارد و برای حل مسائل بهینه‌سازی پیچیده و چندبعدی استفاده می‌شود (دلوی و همکاران، ۱۳۹۴). جهت بهینه‌سازی کارایی، در گام نخست کارایی بانک‌ها با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها استخراج و در گام بعدی

دارای میزان ثابتی از منابع هستند، ولی خروجی حداکثری از آنها خواسته می‌شود؛ بنابراین خروجی‌هایشان به فعالیت و نحوه تخصیص منابع به بخش‌های مختلف است. مدل CCR خروجی محور پس از تعیین مرز کارا، مشخص می‌کند که بنگاه در کجای این مرز قرار دارد و برای رسیدن به مرز کارا چه ترکیبی از نهاده‌ها و ستاده‌ها را باید انتخاب کند. در تحلیل پوششی داده‌ها، کارایی یک واحد تصمیم‌گیرنده به‌عنوان نسبت خروجی‌های تولید شده به ورودی‌های مصرف شده تعریف می‌شود. در این تحلیل، واحدهایی که بهترین عملکرد را دارند، مرجع قرار می‌گیرند و دیگر واحدها با این واحدهای کارا مقایسه می‌شوند. در مدل با فرض اینکه n واحد تصمیم‌گیری با m ورودی و s خروجی وجود داشته باشد، کارایی نسبی هر یک از واحدها با حل مدل برنامه‌ریزی کسری به دست می‌آید (بال و همکاران^۱، ۲۰۱۰):

$$\max \theta = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{r0}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{i0}}$$

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \leq 1 \quad j = 1, 2, \dots, n$$

$$u_r \geq 0, \quad r = 1, 2, \dots, s$$

$$v_i \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, m$$

که در مدل بالا y_{rj} مقدار خروجی r ام برای واحد تصمیم‌گیری j ام، x_{ij} مقدار ورودی i ام برای واحد تصمیم‌گیری j ام، U_r وزن تخصیص داده‌شده به خروجی r ام؛ V_i وزن تخصیص داده‌شده به ورودی i ام و θ به‌عنوان امتیاز کارایی واحد تحت ارزیابی است. در مدل فوق امتیاز کارایی هر واحد تحت بررسی از تقسیم مجموع موزون خروجی‌ها به مجموع موزون ورودی‌ها به دست می‌آید که این امتیاز کمتر از یک یا مساوی با آن است. در صورتی که این امتیاز برابر با یک شود، آن واحد کارا و در صورتی که کمتر از یک باشد، آن واحد ناکارا تلقی می‌شود.

مدل‌سازی پیشبینی کارایی از طریق شبکه عصبی پرسپترون چندلایه (MLP)^۲: با استفاده از ورودی و

1. Bal et al
7. Li & Zhong

2. Multi Layer Perceptron
8. Activation Function

3. Input Layer
9. Sigmoid

4. Hidden Layers
10. Tangent Hyperbolic (Tanh)

5. Output Layer
11. Softmax

با بهره‌گیری از روش بهینه‌سازی الگوریتم ژن‌شناختی اقدام به بهینه‌سازی ضرایب اهمیت (هر گروه از متغیرهای مستقل) برای بانک‌های می‌شود.

الگوریتم ژن‌شناختی به‌طور کلی دارای مراحل:

- ۱- ایجاد جمعیت اولیه^۱
 - ۲- ارزیابی^۲ میزان کیفیت یا برازندگی هر کروموزوم بر اساس نزدیک بودن به جواب بهینه با استفاده از تابع برازندگی یا تناسب^۳
 - ۳- انتخاب^۴ کروموزوم‌ها بر اساس میزان برازندگی‌شان،
 - ۵- ترکیب^۵ ژن‌های دو کروموزوم برای ایجاد نسل جدید،
 - ۶- جهش^۶ برخی از ژن‌های کروموزوم‌های جدید با احتمال کم به‌صورت تصادفی،
 - ۷- جایگزینی^۷ کروموزوم‌های نسل جدید،
 - ۸- شرایط توقف^۸ الگوریتم است.
- ارزیابی و مقایسه عملکرد مدل‌ها: به‌منظور مقایسه دو مدل ابتدا ضریب همبستگی بین مدل الگوریتم ژن‌شناختی و شبکه عصبی پرسپترون چندلایه در نرم‌افزار SPSS بررسی و در نهایت عملکرد مدل‌ها توسط خطای برازش مورد ارزیابی و مقایسه قرار گرفت.

یافته‌های پژوهش

مطالعه حاضر، در تلاش است، مدلی برای پیش‌بینی کارایی بانک‌ها با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها و الگوریتم‌های فراابتکاری در هوش مصنوعی، ارائه دهد. نتایج یافته‌های این پژوهش در ادامه بیان شده است:

نتایج محاسبه کارایی بانک‌ها بر اساس تحلیل پوششی داده‌ها محاسبه کارایی بانک در مدل تحلیل پوششی داده‌ها توسط داده‌های اولیه (متغیرهای مالی و سازمانی بانک) صورت می‌گیرد که به‌عنوان متغیرهای مدل ۶ ورودی و ۶ خروجی، از گزارش‌های سالانه منتشر شده بانک‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران طی سال‌های ۱۳۹۱ تا ۱۴۰۱

استخراج شده و در نرم‌افزار اکسل ذخیره شده است. در ادامه، داده‌های متغیرهای مدل (ورودی‌ها و خروجی‌ها) از فایل اکسل در نرم‌افزار پایتون بارگذاری شده و سپس تحلیل پوششی داده‌ها بر اساس مدل پایه و رویکرد CCR خروجی محور انجام شده است.

باتوجه به مفهوم کارایی در رویکرد CCR خروجی‌محور؛ اگر کارایی واحدی کمتر از یک باشد ناکاراست و اگر کارایی واحدی برابر یک بوده و کمبودی در خروجی و مازادی در ورودی نداشته باشد، کارایی پارتو^۹ است (واحد‌های دارای کارایی پارتو، در مرز تولید یا هزینه قرار دارد و از کارایی کامل برخوردار است). اما اگر کارایی واحدی برابر یک بوده و کمبودی در خروجی یا مازادی در ورودی داشته باشد، واحد دارای کارایی ضعیف است که ناکارا به حساب می‌آید. بانک‌های کارا به تفکیک سال - بانک در شکل ۱ نشان داده شده است. باتوجه به اینکه در تحلیل پوششی داده‌ها، وزن‌های محاسبه شده، مطلوب‌ترین وزن‌ها برای حداکثر کارایی واحدها است، انتظار می‌رود کارایی همه واحدها معادل یک به دست آید، اما نتایج چنین نیست و تفاوت‌های قابل‌ملاحظه‌ای در کارایی واحدها مشاهده می‌شود. در سال‌های ارزیابی، بانک ملت در میان بانک‌های منتخب دارای بهترین عملکرد است، چون این بانک توانسته است در ۷ سال از ۱۱ سال ارزیابی، حداکثر کارایی؛ یعنی کارایی کامل به دست آورد. همچنین، بانک صادرات برای ۶ سال و بانک تجارت، بانک خاورمیانه و پست‌بانک ایران برای ۵ سال از کارایی کامل برخوردارند. به عبارتی، در تمام این سالها این بانک‌ها توانسته‌اند حداکثر استفاده از منابع خویش را در راستای دسترسی به خروجی‌های عملکرد داشته باشند. سایر بانک‌ها در اکثر سال‌های مورد بررسی در شاخص‌های عملکردی در مقیاس بهینه عمل نمی‌کنند.

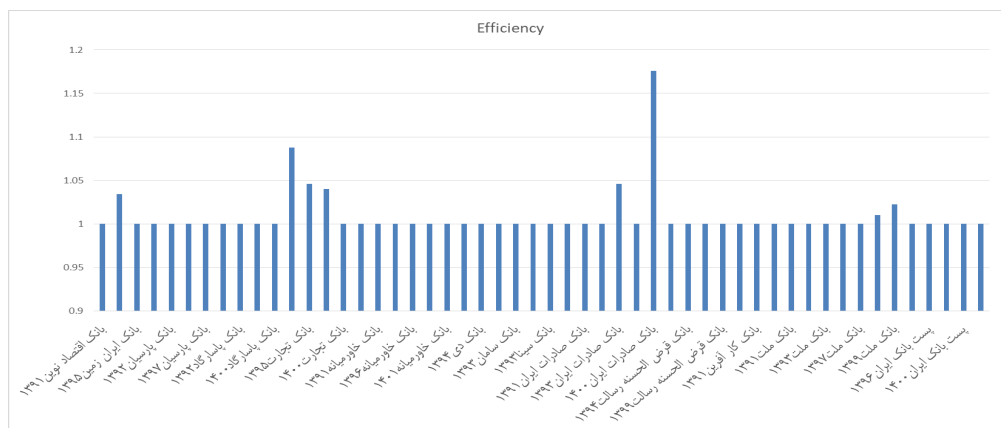
1. Generate Initial Population
6. Mutation

2. Evaluation
7. Replacement

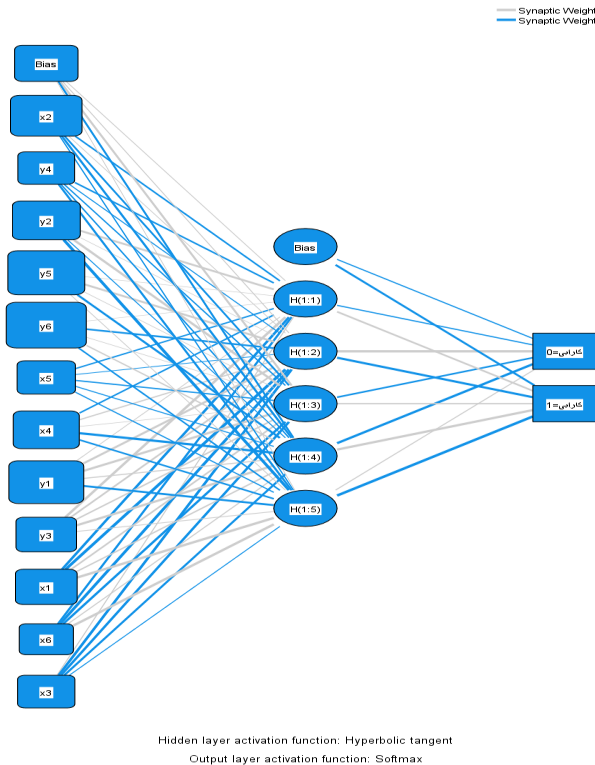
3. Fitness Function
8. Termination Conditions

4. Selection
9. Pareto efficiency

5. Crossover



شکل ۱: بانک‌های کارا از رویکرد CCR خروجی محور



شکل ۲: ساختار شبکه عصبی پرسپترون چندلایه پیشبینی کارایی

نتایج تحلیل شبکه عصبی نشان داد که دقت کل مدل پیشنهادی نمونه آزمایشی در طبقه‌بندی بانک‌های کارا و ناکارا ۷۸/۲ درصد بود. به این معنی که در اینجا ۷۸/۲ درصد از موارد به درستی طبقه‌بندی گردیده‌اند. بانک‌های کارا در شبکه عصبی پرسپترون چندلایه به تفکیک سال - بانک در شکل ۳ نشان داده شده است.

مدل‌سازی پیش‌بینی کارایی از طریق شبکه عصبی پرسپترون چندلایه

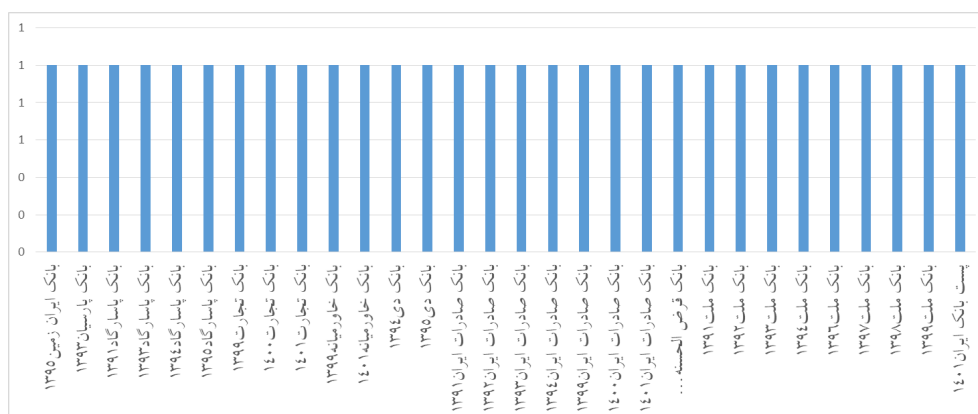
باتوجه به تحقیقات پیشین، شبکه‌های عصبی مصنوعی روبه‌جلو و پس انتشار را می‌توان برای پیش‌بینی مسائل بر پایه داده‌های موجود استفاده کرد (لی و ژونگ، ۲۰۱۲)؛ بنابراین جهت پیش‌بینی کارایی بانک، شبکه عصبی پرسپترون چندلایه با الگوریتم پس انتشار خطا برگزیده شد که در محیط نرم‌افزار SPSS28 اجرا گردید.

شکل ۲، بیانگر ساختار شبکه عصبی پرسپترون چندلایه‌ای است که برای این پژوهش جهت پیش‌بینی کارایی استفاده شده و متشکل از ۳ لایه به ترتیب: ۱ لایه ورودی با ۱۲ متغیر، ۱ لایه پنهان با ۵ واحد و ۱ لایه خروجی با ۲ واحد است.

در لایه ورودی اطلاعات مربوط به ۱۲ متغیر مالی و سازمانی بانک (مستقل) در یازده دوره (سال ۱۳۹۱ تا ۱۴۰۱) به‌عنوان ورودی مدل شبکه در نظر گرفته شده است.

تعداد نورونهای لایه خروجی (متغیر وابسته: کارایی) ۲ واحد است: نظر به اینکه دوطبقه کارا و ناکارا به‌عنوان طبقات هدف موردنظر شبکه بوده است، تعداد نورونهای خروجی شبکه نیز دو گره در نظر گرفته شده است.

تعداد نورونهای لایه پنهان ۵ واحد است: تعداد نورونهای لایه پنهان در حین آموزش از روش سعی و خطا ۵ واحد به‌دست آمده است.



شکل ۳: بانک‌های کارا به تفکیک سال - بانک در شبکه عصبی پرسپترون چندلایه

اولویت	اهمیت نرمال شده (درجه اهمیت)	اهمیت	متغیرهای مستقل
یازدهم	۳۰,۳%	۰,۰۴۵	y ^۴
پنجم	۶۳,۶%	۰,۰۹۴	y ^۲
دوم	۹۰,۷%	۰,۱۳۴	y ^۵
اول	۱۰۰%	۰,۱۴۸	y ^۶
نهم	۳۴,۸%	۰,۰۵۱	x ^۵
ششم	۵۷,۹%	۰,۰۸۶	x ^۴
سوم	۸۴,۶%	۰,۱۲۵	y ^۱
هشتم	۴۱,۷%	۰,۰۶۲	y ^۳
هفتم	۴۵%	۰,۰۶۶	x ^۱
دوازدهم	۲۲,۴%	۰,۰۳۳	x ^۶
دهم	۳۱,۹%	۰,۰۴۷	x ^۳

نتایج پیاده‌سازی الگوریتم ژن‌شناختی در هوش مصنوعی

جهت بهینه‌سازی کارایی، الگوریتم ژن‌شناختی در هوش مصنوعی استفاده شد. در گام نخست کارایی بانک‌ها با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها استخراج و در گام بعدی با بهره‌گیری از روش بهینه‌سازی الگوریتم ژن‌شناختی اقدام به بهینه‌سازی ضرایب اهمیت (هر گروه از متغیرهای مستقل) برای بانک‌ها شد. مراحل پیاده‌سازی الگوریتم ژن‌شناختی در هوش مصنوعی با پایتون انجام شد و نتایج نشان داد که: الگوریتم به طور مؤثر برازندگی را در چند نسل اول بهبود می‌دهد. پس از

تحلیل حساسیت شبکه عصبی: تحلیل حساسیت در

واقع روشی است که در آن با ایجاد تغییر در ورودی‌ها میزان تغییر در خروجی تحلیل می‌شود. این مسئله نشان‌دهنده آن است که کدام ورودی بیشترین تأثیر را بر روی خروجی خواهد داشت. در پژوهش حاضر برای بررسی تأثیر مؤلفه‌های بانکی بر کارایی بانک‌ها، از تحلیل حساسیت در شبکه عصبی استفاده شده است که نشان از اهمیت و اولویت ورود متغیرهای مستقل به شبکه عصبی است و این نکته که به چه میزان مقادیر پیش‌بینی شده توسط شبکه، با تغییر مقادیر متغیر مستقل، تغییر می‌نماید. همانگونه که در جدول ۲ مشخص است، به ترتیب از اولویت اول تا دوازدهم شاخص‌های؛ منابع درآمد کارمزدها (Y۶)، درآمد تسهیلات اعطایی (Y۵)، سود و زیان خالص (Y۱)، جمع کل دارایی‌ها (X۲)، مانده تسهیلات اعطایی (Y۲)، هزینه مالی (X۴)، تعداد شعب (X۱)، درآمد سپرده‌گذاری‌ها (Y۳)، هزینه اداری (X۵)، تعداد کارکنان (X۳)، سپرده دیداری (Y۴)، سطح تحصیلات کارکنان (X۶) بیشترین تأثیر را بر خروجی یعنی کارایی داشته است.

جدول ۲: اهمیت و اولویت ورود متغیرهای مستقل به شبکه عصبی (بر اساس یافته‌های پژوهش)

متغیرهای مستقل	اهمیت	اهمیت نرمال شده (درجه اهمیت)	اولویت
x ^۲	۰,۱۱۰	۷۴,۳%	چهارم

۱	۰.۴۴۵	ضریب همبستگی
	۰.۰۰۰	سطح معنی داری
۱۵۳	۱۵۳	حجم نمونه

در ادامه به منظور ارزیابی عملکرد این مدل‌ها، خطای برازش مدل‌ها ارزیابی و در جدول ۴، مقایسه شده است، مقدار خطا در الگوریتم ژن‌شناختی برابر ۵۵/۵۸۳ است که در مقایسه با روش شبکه عصبی پرسپترون چندلایه دارای خطای بالاتری است؛ بنابراین، مدل شبکه عصبی پرسپترون چندلایه دارای دقت بالاتری در پیش‌بینی کارایی بانک‌هاست.

جدول ۴: مقایسه خطای برازش مدل‌ها (بر اساس یافته‌های پژوهش)

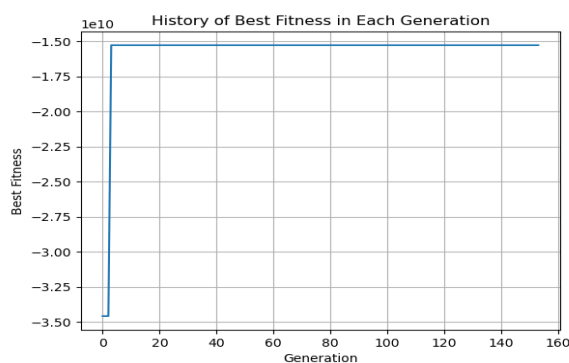
شبکه عصبی	۵۲/۴۶۶
الگوریتم ژن‌شناختی	۵۵/۵۸۳

کاربردهای عملی در تأمین مالی صنعت لاستیک ایران صنعت لاستیک ایران به عنوان یکی از صنایع زیرساختی، وابستگی بالایی به تسهیلات بانکی برای تأمین سرمایه در گردش دارد. بر اساس یافته‌های این پژوهش، بانک‌هایی که کارایی بالاتری دارند (نظیر بانک ملت و بانک صادرات) می‌توانند به عنوان اولویت در برنامه‌ریزی مالی صنعت لاستیک مدنظر قرار گیرند. استفاده از مدل پیشنهادی این پژوهش، به شرکت‌های فعال در این صنعت کمک می‌کند تا در انتخاب بانک مناسب برای اخذ تسهیلات، ریسک کمتری متحمل شوند و بهره‌وری منابع مالی را افزایش دهند.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

مدیریت بانک‌ها همواره باتوجه به شرایط اقتصادی حال و آینده، مجبور به اصلاح و بهبود خدمات بانکی، ارزیابی، بودجه‌بندی، نوآوری در ارائه خدمات رقابت با سایر بانک‌ها و در نهایت، افزایش کارایی در میان واحدهای تحت سرپرستی خود هستند. به این منظور، لازم است از کارایی شعب خود اطلاع داشته باشند و علل کارآمدی و یا ناکارآمدی آنها را

نسل چهارم، الگوریتم به وضعیت پایداری می‌رسد و پیش‌رفت حاصل نمی‌شود. همچنین، بهترین کروموزوم به دست آمده وزنی برای پیش‌بینی متغیر هدف ارائه می‌دهد، اما بهینه‌تر کردن عامل‌های الگوریتم می‌تواند منجر به نتایج بهتری شود. علاوه بر این شکل ۴، نمودار روند تغییرات برازندگی بهترین کروموزوم‌ها در طول زمان (نسل‌ها) را نشان می‌دهد. در این نمودار، محور افقی (X) نشان‌دهنده تعداد نسل‌ها است (از ۱ تا ۱۵۴ نسل). محور عمودی (Y) نشان‌دهنده بهترین برازندگی در هر نسل است. به این معنی که برای هر نسل، بهترین برازندگی کروموزوم‌ها ترسیم می‌شود.



شکل ۴: نمودار روند تغییرات برازندگی بهترین کروموزوم‌ها در طول زمان (نسل‌ها)

ارزیابی و مقایسه عملکرد مدل‌های هوش مصنوعی

به منظور مقایسه دو مدل ابتدا ضریب همبستگی بین مدل الگوریتم ژن‌شناختی و شبکه عصبی پرسپترون چندلایه در نرم‌افزار SPSS بررسی و نتایج جدول ۳، نشان می‌دهد که رابطه بین کارایی در دو روش معنادار و برابر ۴۵ درصد است؛ بنابراین کارایی در بانک‌ها به وسیله روش‌های شبکه عصبی و الگوریتم ژن‌شناختی پیش‌بینی پذیر است.

جدول ۳: ارزیابی روابط در مدل‌ها (یافته‌های پژوهش)

کارایی MLP	کارایی Ga	
۰.۴۴۵	۱	ضریب همبستگی
۰.۰۰۰		سطح معنی داری
۱۵۳	۱۵۳	حجم نمونه

که در مقایسه با روش شبکه عصبی پرسپترون چندلایه دارای خطای بالاتری است. یکی از کاربردهای کلیدی نتایج این پژوهش، ارزیابی توان بانک‌ها در تأمین مالی صنعت لاستیک است. صنعت لاستیک به دلیل وابستگی بالا به سرمایه در گردش و نیاز به تسهیلات بلندمدت، نیازمند بانک‌هایی با عملکرد مالی بهینه است. شناسایی بانک‌های کارا می‌تواند به سیاست‌گذاران و مدیران این صنعت کمک کند تا مسیر تأمین مالی خود را بهینه کنند و از بانک‌هایی با ریسک کمتر و کارایی بیشتر بهره ببرند. در مطالعه حاضر، پیشنهادهایی باتوجه به نتایج ارزیابی مدل‌ها به قرار زیر ارائه می‌گردد:

برای اینکه بتوان چگونگی رسیدن واحدهای تصمیم‌گیری ناکارا را به مرز کارایی رساند، باید از منظر ورودی‌ها و خروجی‌ها یا ترکیب هر دو به مسئله نگاه کرد. بدیهی است برای رساندن واحدها به مرز کارایی با نگاه به ورودی‌ها، باید ورودی‌های آن واحدها تا وقتی که نسبت مجموعه وزندار خروجی‌ها به ورودی‌ها به حد کارایی برسد، کاهش یابد و با نگاه به خروجی‌ها، خروجی‌های آن واحد تا وقتی که نسبت مذکور به حد کارایی برسد، افزایش خواهد یافت.

باتوجه به نتایج، در میان متغیرهای مستقل، به ترتیب: «درآمد کارمزد»، «درآمد تسهیلات اعطایی» و «سود و زیان خالص» بیشترین تأثیر را بر کارایی بانک دارند. باتوجه به اینکه درآمدهای کارمزدی ناشی از فعالیت‌های مستقل از نرخ بهره هستند، می‌توانند نوسانات سوددهی بانک، ناشی از نوسانات رشد و رونق کسب و کار بازار را کاهش دهند و در نتیجه به عنوان ابزاری جهت ثبات بانکی و بهبود رابطه بازدهی - ریسک برای بانک به حساب آید و منجر به افزایش کارایی گردد. درآمد تسهیلات اعطایی نیز بخش مهمی از عملیات هر بانک را شامل می‌شود که از لحاظ اقتصادی حائز اهمیت است. با افزایش درآمدهای اشاره شده، منشأ درآمد بانک افزایش و سبب افزایش کارایی می‌گردد. همچنین، سود و زیان بانک به طور متعارف از کسر

بررسی کنند و با برنامه‌ریزی مناسب به اصلاح و هدایت واحدهای ناکارآمد بپردازند. بدیهی که با انجام این کار، می‌توان انتظار داشت که زیان‌های ناشی از عدم کارایی به حداقل ممکن برسد و در نظام بانکی کشور کارآمدتر شود. هدف از این پژوهش بررسی و پاسخ به این پرسش است که با چه درجه اطمینانی می‌توان پیشبینی کرد که یک شعبه از بانک کارا یا ناکارا خواهد بود و کدام یک از شاخص‌های بانکی در نظر گرفته بیشترین تأثیر را در پیش‌بینی کارایی بانک موردنظر دارند؟ براین اساس یک مدل ریاضی مبتنی بر تحلیل پوششی داده‌ها که یک تکنیک ناپارامتریک کلاسیک است برای ارزیابی کارایی این ساختار ارائه و با بهره‌گیری از رویکرد الگوریتم‌های فراابتکاری، روشی برای پیش‌بینی آن پیشنهاد گردید؛ بنابراین، در این پژوهش از روش تحلیل پوششی داده‌ها برای ارزیابی کارایی و از مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی برای پیش‌بینی کارایی بانک‌ها استفاده شد.

در این راستا، ابتدا داده‌های اولیه از گزارش‌های سالانه بانک‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران طی سالهای ۱۳۹۱ تا ۱۴۰۱ استخراج و در نرم‌افزار اکسل ذخیره شد. سپس تجزیه و تحلیل داده‌ها در چندین مرحله صورت گرفت. در مرحله نخست، با استفاده از مدل DEA و ورودی و خروجی‌های معرفی شده، کارایی در سال‌های گذشته توسط برنامه‌نویسی در پایتون محاسبه شده و خروجی آن در اکسل ذخیره شد. سپس با استفاده از این ورودی و خروجی‌ها، از طریق روش شبکه عصبی پرسپترون چندلایه در نرم‌افزار SPSS28 برای مدل‌سازی پیش‌بینی کارایی، استفاده شد. نتایج تحلیل شبکه عصبی نشان داد که دقت کل مدل پیشنهادی نمونه آزمایشی در طبقه‌بندی بانک‌های کارا و ناکارا ۷۸/۲ درصد بود. به این معنی که در اینجا ۷۸/۲ درصد از موارد به درستی طبقه‌بندی گردیده‌اند. ارزیابی عملکرد مدل‌ها نشان داد که مقدار خطا در الگوریتم ژن‌شناختی برابر ۵۵/۵۸۳ است

نمودن کلیه هزینه‌ها از درآمد حاصل می‌گردد. از آنجایی که منشأ اصلی درآمدها، ستادهای بانک‌ها و منبع هزینه‌ها، داده‌ها هستند، هنگامی سود بانک بالا می‌رود که ستاده‌ها افزایش و داده‌ها کاهش یابند. بدیهی است که این امر موجب بالا رفتن کارایی می‌گردد؛ بنابراین، برای افزایش کارایی پیشنهاد می‌شود بانک‌های منتخب به این شاخص‌ها توجه بیشتری داشته باشند. برای بهبود نتایج تحلیل الگوریتم ژن شناختی، نرخ جهش بالاتر می‌تواند به ایجاد تنوع بیشتر کمک کند و احتمال خروج از بهینه محلی را افزایش دهد. همچنین، ممکن است لازم باشد تابع برازندگی بازبینی شود تا خطاها به درستی وزن دهی شوند. در ضمن، ایجاد یک جمعیت اولیه متنوع‌تر می‌تواند الگوریتم را به نقاط بهینه‌تر هدایت کند. شاید استفاده از راهبردهای پیشرفته جهش یا ترکیب نیز، برای جلوگیری از افت تنوع

ژنتیکی کارساز باشد. همینطور، اگر تغییر قابل توجهی در برازندگی در نسل‌های اولیه رخ نمی‌دهد، محدود کردن تعداد نسل‌ها می‌تواند زمان محاسبات را کاهش دهد. این پژوهش تنها بر بانک‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران تمرکز داشته و ممکن است نتایج آن قابل تعمیم به سایر بانک‌های غیربورسی نباشد. همچنین، اطلاعات مالی مورد استفاده مبتنی بر داده‌های تاریخی بوده و تغییرات ساختاری آتی در صنعت بانکداری در نظر گرفته نشده است. پیشنهاد می‌شود در مطالعات آینده، با افزودن متغیرهای کیفی مانند رضایت مشتریان، ریسک اعتباری و شاخص‌های رفتاری بانک‌ها، مدل دقیق‌تری برای پیش‌بینی کارایی توسعه یابد. همچنین، بررسی تأثیر کارایی بانک‌ها بر صنایع دیگر نیز می‌تواند گسترش منطقی این تحقیق باشد.

منابع

۱. بخنو، محمد؛ حیدری، مجتبی؛ کیوانی، شیروان. (۱۴۰۳)، ارزیابی کارایی و بهره‌وری بانکها با استفاده از مدل تحلیل پوششی داده‌ها به روش چندمرحله‌ای و مالم کوئیست: مطالعه‌ای در مورد بانکهای دولتی استان آذربایجان غربی، چهارمین کنفرانس ملی مدیریت بازرگانی، کارآفرینی و حسابداری ایران، تهران.
۲. تقوی‌فرد، محمدتقی؛ حبیبی، رضا؛ مهدیزاده، حجت. (۱۴۰۰)، سنجش عملکرد بانکها با استفاده از مدل DEA دومرحله‌ای (مطالعه موردی شعبه بانک سپه استان تهران). بررسیهای بازرگانی، ۱۹(۱۰۹)، ۹۹-۱۱۴.
۳. تقیزاده مهرجردی، روح‌الله؛ فاضل یزدی، علی؛ محبی، رضا. (۱۳۹۲)، مدلسازی و پیشبینی کارایی بانکهای دولتی و خصوصی ایران با استفاده از مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی، شبکه عصبی فازی و الگوریتم ژن‌شناختی. مدیریت دارایی و تأمین مالی، ۱(۲)، ۱۲۶-۱۰۳.
۴. دلوی، محمدرضا؛ باقی، ابراهیم؛ عبدالباقی، عبدالمجید؛ کاظمی، جواد. (۱۳۹۴)، کاربرد الگوریتم ژن‌شناختی چندهدفه در بهینه‌سازی پرتفوی تسهیلات بانک (مطالعه موردی تسهیلات اعطایی بانک ملی استان اصفهان). تحقیقات حسابداری و حسابرسی، ۷(۲۷)، ۱۵۹-۱۳۸.
۵. سدیدي، جواد؛ درواری، سیده زهرا. (۱۳۹۶)، ارائه مدل توسعه‌یافته فراابتکاری مبتنی بر الگوریتم ژن‌شناختی چندهدفه جهت مدلسازی تغییر بهینه کاربری اراضی، برنامه‌ریزی و آمایش فضا، ۲۱(۳)، ۳۲۷-۳۰۷.
۶. مسگرپور امیری، فاطمه؛ یداللهزاده طبری، ناصر علی. (۱۳۹۳)، ارزیابی کارایی بانکها با استفاده از تحلیل پوششی داده و بررسی ارتباط آن با نسبتهای مالی. پژوهش‌نامه اقتصاد و کسب‌وکار، ۵(۸)، ۵۱-۴۳.
۷. واعظ قاسمی، محسن؛ مقدس، زهره؛ عسگری، حمید؛ ولیزاده پلنگ سرابی، فلورا. (۱۳۹۶)، مروری بر الگوریتمهای فراابتکاری در تحلیل پوششی داده‌ها. نهمین کنفرانس ملی تحلیل پوششی داده‌ها - توسعه ملی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بروجرد، ۱۵ و ۱۶ شهریور.
۸. وهابی، میثم؛ برادران کاظمزاده، رضا؛ رستگار، محمدعلی. (۱۴۰۰)، ارزیابی کارایی شعب بانکی با استفاده از روش تحلیل پوششی بوت استرپ سه سطحی، فصلنامه اقتصاد مقداری، ۱۸(۳): ۶۴-۳۵.
۹. وزیری، اسکندر؛ دهدار، فرهاد؛ عبدلی، محمدرضا. (۱۴۰۳)، بررسی سودمندی الگوریتمهای فراابتکاری در بهینه‌سازی ریسک یکپارچه نظام بانکی. دانش سرمایه‌گذاری، ۱۳۰۵۰، ۱۸۶-۱۵۹.
۱۰. هادی، علی؛ امیرتیموری، علیرضا؛ کرد رستمی، سهراب؛ محرابیان، سعید. (۱۴۰۱)، رویکرد دومرحله‌ای تحلیل پوششی داده‌ها برای اندازه‌گیری عملکرد شعب بانک با فعالیت چندگانه. پژوهشهای نوین در ریاضی (علوم پایه دانشگاه آزاد اسلامی)، ۸(۳۸)، ۶۷-۸۲.
۱۱. همتجو، بهزاد؛ دلبری، بیتا؛ طالبی ارده، میثم. (۱۴۰۳)، استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها برای مقایسه عملکرد بانکهای پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار، نهمین کنفرانس ملی مدیریت و تجارت الکترونیک، تهران.
12. Assous, H. F., Paun, V.P. (2022). Prediction of Banks Efficiency Using Feature Selection Method: Comparison between Selected Machine Learning Models, Complexity, Hindawi, vol. 2022, 1-15.
13. Armstrang, V., Samad, A. (2022), Bootstrap-DEA management efficiency and early prediction of bank

- failure: Evidence from 2008-2009 U.S. bank failures. *Central Bank Review*, 22(3), 119-127.
14. Bal, H., Örkücü, H.H. and Çelebioğlu, S., (2010). Improving the discrimination power and weights dispersion in the data envelopment analysis. *Computers & Operations Research*, 37(1), 99-107.
 15. Chen W-H., Shih J-Y., (2006), A study of Taiwan's issuer credit rating systems using support vector machines, *Expert Systems with Applications*, 30, 427-435.
 16. Duygun-Fethi, M., Pasiouras, F. (2010). Assessing bank efficiency and performance with operational research and artificial intelligence techniques: A survey, *European Journal of Operational Research*, 204 (2), 189-198.
 17. Eken, M.H., Kale, S. (2011). Measuring bank branch performance using Data Envelopment Analysis (DEA): The case of Turkish bank branches. *African Journal of Business Management*, 5(3), 889-901.
 18. Emrouznejad, A.; Yang, G.L. (2018), A survey and analysis of the first 40 years of scholarly literature in DEA: 1978-2016. *Socio-Economic Planning Sciences*, 61, 4-8.
 19. Fallahnejad, R. (2023), Identifying the Effective Factors in Banking Sector using Data. Envelopment Analysis Considering System Efficiency, 8(1), 157-172.
 20. Fukuyama, H.; Weber, W. L., (2010), A slacks-based inefficiency measure for a two-stage system with bad outputs, *Omega*, Elsevier, 38(5), 398-409.
 21. Galati, G., Moessner, R., (2011), Macroprudential policy – a literature review, BIS, Working Papers 337. Monetary and Economic Department.
 22. Henriques, I. C.; Sobreiro, V. A.; Kimura, H.; Mariano, E. B. (2020), Two-stage DEA in banks: Terminological controversies and future directions, *Expert Systems with Applications*, 161, 113632.
 23. İslatince, N. (2024). A Study on the Efficiency of Turkish Deposit Banks for the Period 2012-2022: DEA Model. *Journal of Management World*, 2025(1), 9-19.
 24. Joaquim, F.S., Miguel, O. C., Silva, N. J., (2024). Portuguese Banks Efficiency: A Data Envelopment Analysis. *Procedia Computer Science*, 237, 277-288.
 25. Khanal, S., Bhatta, B.P., (2015). Evaluating Efficiency of Personnel in Nepalese Commercial Banks: A Data Envelopment Analysis. Available at SSRN 2626082.
 26. Korneyev, M.; Berezhniuk, I.; Dzhyndzhoian, V.; Nebaba N.; Voytov, S. (2022), Efficiency assessment of banking systems' performance. *Banks and Bank Systems*, 17(3), 72-88.
 27. Li, X. L., & Zhong, Y. (2012). An overview of personal credit scoring: techniques and future work, *International Journal of Intelligence Science*, 2, 181-189.
 28. Milenković, N.; Radovanov, B.; Kalaš, B.; Horvat, A. M. (2022), External Two Stage DEA Analysis of

Bank Efficiency in West Balkan Countries. *Sustainability*, 14(2), 978.

29. Paleckova, I. (2019), Cost efficiency measurement using two-stage data envelopment analysis in the Czech and Slovak banking sectors. *Acta Oeconomica*, 69 (3), 445–466.
30. Paradi, J.C., Rouatt, S., Zhu, H. (2011), Two-stage evaluation of bank branch efficiency using data envelopment analysis, *Omega*, 39 (1), 99-109.
31. Preeti, B; Roy, S. (2020), Performance Modelling on Banking System: A Data Envelopment Analysis-Artificial Neural Network Approach. *International Working Conference on Transfer and Diffusion of IT (TDIT)*, Dec 2020, Tiruchirappalli, India, 581-597.
32. Shabanpour, H.; Yousefi, S.; Farzipoor Saen, R. (2017), Forecasting efficiency of green suppliers by dynamic data envelopment analysis and artificial neural networks. *Journal of Cleaner Production*, 142 (2), 1098-1107.
33. Sheta, A., Turabieh, H. (2006). A comparison between genetic algorithms and sequential quadratic programming in solving constrained optimization problems. *International Journal on artificial intelligence and machine learning (AIML)*, 6(1), 67-74.
34. Zeitun, R.; Benjelloun, H. (2012). The Efficiency of Banks and Financial Crisis in a Developing Economy: The Case of Jordan. *International Review of Accounting, Banking & Finance*, 4, 28–60.
35. Zhang, G; Guo, W; Xiong, X; Guan, Z. (2024). A hybrid approach combining data envelopment analysis and recurrent neural network for predicting the efficiency of research institutions, *Expert Systems with Applications*, 238, Part E, 122150.
36. Zhang, Q.; Wang, C. (2019), DEA efficiency prediction based on IG–SVM. *Neural Computing and Applications*, 31, 8369–8378.

Management



Efficiency Prediction Modeling of Banks Listed on the Tehran Stock Exchange Using Data Envelopment Analysis and Metaheuristic AI Algorithms: Implicit Applications in Financing the Iranian Rubber Industry

Mohammad Kashanipour¹, Mohammad Reza Fathi^{*2}, Seyed Amirali Arabzadeh³

1. Associate Professor, Department of Financial Management, Farabi College, University of Tehran, Qom, Iran

2. Associate Professor, Department of Industrial and Technology Management, Farabi College, University of Tehran, Qom, Iran

3. PhD Student in Accounting, Faculty of Accounting and Management, Kish University, University of Tehran, Kish, Iran

*Corresponding author Email: Reza.fathi@ut.ac.ir

Abstract

The first step toward improving efficiency is to provide a method for forecasting efficiency among units in this context. Financial institutions have long played a significant role in the economic development and growth of countries, and banks, as one of the most important financial institutions, have had a more prominent role in development compared to others. The aim of the present study is to evaluate and forecast the efficiency of banks using Data Envelopment Analysis (DEA) and metaheuristic algorithms in artificial intelligence. Initially, DEA was applied by considering total assets, number of branches, number of employees, financial costs, administrative costs, and employees' education level as input variables, and net profit/loss, outstanding loans, deposit income, demand deposits, loan interest income, and fee income as output variables. The efficiency of banks listed on the Tehran Stock Exchange from 2012 to 2022 was examined. In the next phase, an artificial neural network and genetic algorithm were employed to predict bank efficiency. The evaluation results showed that the multilayer perceptron (MLP) neural network model had higher accuracy in forecasting bank efficiency. Additionally, the sensitivity analysis of the neural network indicated that the model has a strong predictive capability, with the independent variables of fee income, loan interest income, and net profit/loss having the greatest impact on bank efficiency, respectively. Since one of the main challenges facing Iran's rubber industry is financing and access to banking resources, the results of forecasting and evaluating bank efficiency can play a significant role in improving the allocation of financial resources to this sector. Therefore, the proposed model has direct applicability in analyzing the capability of banks to support the financial needs of the rubber industry.

Keywords: Bank efficiency, Two-stage DEA model, Artificial neural network, Metaheuristic algorithms in artificial intelligence