فصلنامه علمی- پژوهشی مدیریت دارایی و تأمین مالی
سال اول، شماره دوم، شماره پیاپی (۲) پاییز ۱۳۹۲
تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۵/۱۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۹/۱۸
صص:۱۰۳- ۱۲۶

مدل‌سازی و پیش‌بینی کارایی بانک‌های دولتی و خصوصی ایران با استفاده از مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی، شبکه عصبی فازی و الگوریتم ژنتیک

روح الله تقی زاده مهرجردی[۱]، علی فاضل یزدی[۲*]، رضا محبی[۳]

۱- استادیار و عضو هیأت علمی دانشگاه اردکان
Rtaghizadeh@ardakan.ac.ir
۲-کارشناس ارشد حسابداری دانشگاه آزاد اسلامی واحد یزد
fazel350@yahoo.com
۳-کارشناس ارشد اقتصاد دانشگاه یزد
mohebbi.r65@stu.yazd.ac.ir

چکیده

دستیابی به رشد مستمر و مداوم اقتصادی و به موجب آن توسعه اقتصادی را می‌توان از زمره اهدافی قلمداد نمود که تمام کشورها در پی دستیابی به آنند. در این راستا، بانک‌ها نقش بسیار مهمی در پیشرفت و توسعه اقتصادی هر کشور ایفا می‌نمایند. هم اکنون، با توجه به تعداد قابل توجه بانک‌های دولتی و خصوصی در کشور پیش بینی کارایی آنها اهمیت ویژه ای پیدا کرده است. هدف از این پژوهش، مدل سازی و پیش بینی کارایی بانک‌های دولتی و خصوصی کشور با استفاده از مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی، شبکه عصبی فازی و الگوریتم ژنتیک است. در این پژوهش، ابتدا با استفاده از مدل تحلیل پوششی داده‌ها و با در نظر گرفتن جمع کل دارایی‌ها و تعداد کل شعب به عنوان ورودی‌های مدل و سود و زیان خالص و مانده تسهیلات اعطایی و مطالبات به عنوان متغیرهای خروجی مدل به بررسی کارایی بانک‌ها در بین سال‌های ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۰ پرداخته شد. در مرحله بعد، از رویکرد رگرسیون چند متغیره، شبکه عصبی مصنوعی، شبکه عصبی فازی و الگوریتم ژنتیک برای پیش بینی کارایی بانک‌ها استفاده شده است. نتایج ارزیابی نشان داد که مدل شبکه عصبی فازی نسبت به سایر مدل‌ها دارای بالاترین دقت در پیش بینی کارایی بانک‌هاست. همچنین، بر اساس نتایج تحلیل حساسیت ورودی‌ها به وسیله شبکه عصبی، ورودی سود و زیان خالص به عنوان ورودی که بیشترین تأثیررا در کارایی بانک‌ها دارد، معرفی شده است.

واژه های کلیدی: پیش بینی کارایی بانک‌ها، تحلیل پوششی داده‌ها، شبکه عصبی مصنوعی، شبکه عصبی فازی، الگوریتم ژنتیک.

* نویسنده مسؤول fazel350@yahoo.com

مقدمه

صنعت بانکداری یکی از مهمترین بخش‌های هر اقتصادی محسوب می‌شود، زیرا بانک‌ها به عنوان واسطه منابع پولی در کنار بورس و بیمه از ارکان اصلی بازارهای مالی شمرده می‌شوند. بانکداری در اقتصاد ایران از اهمیت بیشتری برخوردار است، زیرا به دلیل عدم توسعه لازم بازار سرمایه، در عمل این بانک‌ها هستند که عهده دار تأمین مالی بلند مدت نیز هستند. همچنین، در فرآیند آزادسازی بازارهای مالی و پیوند با بازارهای جهانی، کارایی شرط لازم است [۶]. همچنین، تهدیدات و فشارهای ناشی از جهانی شدن و رشد روزافزون موسسات مالی و اعتباری غیر بانکی در سال‌های اخیر، بانک‌ها را بر آن داشته تا برای بقا و رقابت، نسبت به بهبود کارایی خود در بازار داخلی و خارجی اقدام نمایند [۴]. بانک‌ها به عنوان متصدیان بخش پولی اقتصاد و به دلیل سرعت بازتاب سیاست‌های این بخش در کل جامعه، نقش مؤثری در ایجاد و حفظ رشد پایدار اقتصادی در جامعه دارند. این بنگاه‌ها برای ارائه خدمات متنوع‌تر، سریع‌تر و امکان رقابت و ادامه حیات در موج گسترده اطلاع رسانی و توسعه خدمات ویژه بانکی در جهان نیازمند پیش بینی کارایی خود و تجدید سازمان دهی آنها با توجه به نتایج سنجش‌ها از مدل‌های مختلف هستند [۲]. یکی از مسائل عمده علم اقتصاد که در کنار دستیابی به رشد اقتصادی، سهم عمده ای از تلاش‌های دانشمندان این علم را به خود اختصاص داده، دستیابی به کارایی و پیش بینی آن است. روش‌های زیادی برای اندازه گیری کارایی در پژوهشات مطرح شده است، اما در مقایسه بین همه مدل‌های ذکر شده، مدل تحلیل پوششی داده‌ها روش بهتری برای سازماندهی و تحلیل داده‌ها ست، زیرا اجازه می‌دهد که کارایی در طول زمان تغییر کند و به هیچ گونه پیش فرضی در مورد مرز کارایی نیازی ندارد[1] [۳۶]. بنابراین، بیش از سایر دیدگاه‌ها در ارزیابی عملکرد استفاده شده است و روش مناسبی برای مقایسه واحدها در سنجش کارایی به شمار می‌آید. در این پژوهش، در کنار ارزیابی کارایی بانک‌ها با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها، از مدل‌های رگرسیون چند متغیره، شبکه عصبی مصنوعی، شبکه عصبی فازی و الگوریتم ژنتیک نیز برای پیش-بینی عملکرد کارایی بانک‌ها استفاده شده است. روش-های آماری و اقتصادسنجی، در حوزه پیش‌بینی از محدودیت‌هایی برخوردار هستند؛ از جمله اینکه ممکن است در این گونه روش‌ها، فرم تبعی متغیرهای مستقل و وابسته در صورت عدم شناخت کافی به درستی تصریح نشود. همچنین، بیشتر الگوهای سری زمانی، خطی است و بنابراین، در تشریح رفتارهای غیرخطی ناتوان است.

در پژوهش‌های اخیر، از شبکه‌های عصبی مصنوعی، شبکه عصبی فازی و الگوریتم ژنتیک به طور متداول به عنوان ابزار تقریبی غیرخطی استفاده شده است، به طوری که می‌توان با استفاده از آن بر مشکلات فوق چیره شد. این مدل‌ها می‌توانند روابط خطی و غیرخطی بین داده‌ها و ستانده‌ها را بر اساس داده‌های آموزش تشخیص داده و روابط ریشه‌ای بین آنها را کشف کنند و سپس روابط کشف شده را به سایر داده‌ها تعمیم دهند؛ به طوری که با طراحی مناسب معماری شبکه عصبی و انتخاب داده‌های آموزش مناسب، می‌توان به ساختاری دست پیدا کرد که توانایی پیش بینی سری‌های زمانی را داشته باشد.

بنابراین، در این پژوهش از روش تحلیل پوششی داده‌ها برای ارزیابی کارایی و از مدل‌های رگرسیون

1.Wu et al.

چند متغیره، شبکه عصبی مصنوعی، شبکه عصبی فازی و الگوریتم ژنتیک برای پیش‌بینی کارایی بانک‌های دولتی و خصوصی کشور استفاده شده است.

مبانی نظری و پیشینه پژوهش

کارایی بانک‌ها

کارایی معطوف به حداکثر کردن نتیجه، توسط سازمان یا نهاد اقتصادی است و با مفاهیمی مانند اثربخشی و بهره‌وری مرتبط بوده و در عین حال نیز با این مفاهیم متفاوت است. تحقیق در چگونگی به دست آوردن حداکثر نتیجه از منابع محدود، ماهیت علم اقتصاد است و تخصیص بهینه منابع محدود نیز هدف این علم به شمار می‌رود. کارایی نیز در ساده‌ترین بیان، حداکثر ساختن نتیجه، در مقیاس اقتصاد خرد و کلان است. بدین ترتیب، پژوهش در باب کارایی، از جمله در سطح بنگاه‌ها، یکی از مهمترین پژوهش‌های اقتصاد به شمار می‌رود [۶]. بانک‌ها به عنوان مهمترین نهاد بازار پولی نقش بسیار مهمی را در اقتصاد هر کشور داشته و با توجه به نقش آنها و همچنین، بازتاب سریع سیاست‌های این بخش در کل اقتصاد کشور، اندازه گیری کارایی و شناخت نوع کارایی آنها از اهمیت خاصی برخوردار است، زیرا افزایش کارایی بانک‌ها نه تنها سودآوری آنها، بلکه افزایش رفاه عمومی را به دنبال خواهد داشت. اندازه گیری کارایی و بهره‌وری، اساسی‌ترین گام برای ارتقای کارایی و بهره‌وری است؛ بدین معنی که دقیقاً مشخص می‌شود چه منابعی صرف شده و در قبال آن چه چیزی به دست آمده [۱۴]. به همین علت، ارزیابی کارایی بانک‌ها در اقتصاد ایران موضوع این پژوهش قرار گرفته است.

پیشینه پژوهش

امیریوسفی و حافظی (۱۳۸۵) در پژوهشی به بررسی کارایی در شبکه بانک‌های دولتی استان اصفهان پرداختند. بررسی نتایج اندازه‌گیری کارایی در شبکه بانک‌های دولتی استان اصفهان با داده‌های مقطعی سال ۱۳۸۲ نشان می‌دهد که دراین سال، چهار بانک ملی، مسکن، رفاه و توسعه صادرات بانک‌هایی کارا و پنج بانک صادرات، ملت، سپه، تجارت و کشاورزی بانک‌هایی ناکارا بوده‌اند. حسین زاده بحرینی و همکاران (۱۳۸۷) در پژوهشی به محاسبه و مقایسه کارایی بانک‌های خصوصی و دولتی ایران با استفاده از مدل تحلیل پوششی داده‌ها پرداختند. نتایج پژوهش نشان می‌دهد که کارایی اقتصادی بانک‌های دولتی بیشتر از بانک‌های خصوصی است که علت آن نیز پایین بودن میزان کارایی تخصصی بانک‌های خصوصی به علت تازه تاسیس بودن و نیز دیدگاه‌های مدیریتی متفاوت این نوع بانک‌ها در استفاده از نهاده های تولید است. ابراهیمی و همکاران (۱۳۸۷) در پژوهشی به بررسی کارایی بانک‌های اسلامی در کشورهای مختلف جهان با استفاده از مدل تحلیل پوششی داده‌ها پرداختند. نتایج پژوهش نشان می‌دهد که با فرض بازده ثابت نسبت به مقیاس بانک اسلامی بین‌المللی قطر، بانک ملی سودان و بانک خیبر پاکستان کاراتر و با فرض بازده متغیر نسبت به مقیاس، بانک اسلامی قطر، بانک اسلامی بین‌المللی قطر و بانک اسلامی عربی آلبانی کاراتر از بانک‌های دیگر شناخته شدند. ایران‌زاده و برقی (۱۳۸۸) در پژوهشی به رتبه بندی و ارزیابی عملکرد شعب مرکزی بانک صنعت و معدن در سراسر کشور در سال ۱۳۸۶ با استفاده از روش تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی[1] پرداختند. نتایج حاصل از رتبه بندی شعب به این روش و مقایسه آن با نتایج حاصل از رتبه بندی به روش تاکسونومی نشان دهنده دقت بالای

1.PCA

رتبه بندی به روش تجزیه و تحلیل مؤلفه های اصلی است. رجبی (۱۳۸۹) در پژوهشی به ارزیابی عملکرد بانک‌های تجاری ایران با استفاده از مدل تحلیل پوششی داده های پنجره ای در بازه زمانی ۱۳۸۵-۱۳۷۰ پرداخت. نتایج پژوهش نشان می‌دهد که بانک ملی و بانک رفاه نسبت به سایر بانک‌ها کاراتر بوده، عملکرد بهتری را نشان می‌دهند. نامداری و همکاران (۱۳۸۹) در پژوهشی با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها به بررسی کارایی ده بانک دولتی در ایران برای دوره ۱۳۸۶-۱۳۸۲ با رویکردی بر منابع انسانی آنها پرداختند. نتایج حکایت از آن دارد که بانک‌های دولتی ایران در محدوده بازدهی فزاینده به مقیاس قرار دارند. رستمی و همکاران (۱۳۹۰) با به‌کارگیری منطق تاپسیس[1] در تحلیل پوششی داده‌ها به ارزیابی عملکرد مالی بانک‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران پرداختند. نتایج نشان داد که از دید واحد تصمیم گیری ایده آل، بانک کارآفرین، ملت و پارسیان کمترین فاصله و بانک صادرات بیشترین فاصله را با ایده آل داشته و از دید واحد تصمیم گیری ضد ایده آل، بانک صادرات کمترین فاصله و بانک کارآفرین بیشترین فاصله را با ضد ایده آل دارند. محرابیان و همکاران (۱۳۹۰) در پژوهشی، از مدل ترکیبی شبکه عصبی و تحلیل پوششی داده‌ها به عنوان دو روش ناپارامتریک برای ارزیابی کارایی شعب بانک استفاده کرده‌اند. داده‌ها مربوط به ۴۰ شعبه بانک در سال‌های ۱۳۸۶ و ۱۳۸۷ جمع آوری و میزان کارایی هر یک از شعب محاسبه گردیده است. نتایج پژوهش نشان می‌دهد که رتبه بندی شعب در این دو روش دارای نتایج تقریباً مشابهی است. طحاری مهرجردی و همکاران (۱۳۹۰) در پژوهشی اساس مدل سازی تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها تشکیل داده، ولی به منظور افزایش دقت در ارزیابی عملکرد واحدهای تصمیم گیری و شناسایی دقیق واحدهای کارا و ناکارا، از یک مدل که از ترکیب تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها و برنامه ریزی آرمانی طراحی و ساخته شده است، استفاده کرده اند و عملکرد واحدها از منظر این مدل سنجیده شده است. نتایج حاصل از آن توانایی بالاتر مدل ترکیبی را در تفکیک واحدهای بانکی نسبت به مدل‌های پایه ای نشان می‌دهد. سهیلی و همکاران (۱۳۹۰) به بررسی و برآورد کارایی عقود مبادله ای و مشارکتی ۵۲ شعبه بانک ملت استان کرمانشاه به روش تحلیل پوششی داده‌ها پرداختند. نتایج حاصل از مقایسه عقود نشان دهنده آن است که ۴۰ درصد شعب در حالت برآورد کارایی تسهیلات مبادله ای و ۳۵ درصد شعب در حالت برآورد کارایی تسهیلات مشارکتی روی مرز کارایی قرار داشته، کارآمد هستند. وب[2] (۲۰۰۳) به بررسی سطح کارایی بانک‌های بزرگ تجاری در انگلستان در دوره ۱۹۹۵- ۱۹۸۲ با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها پرداخته است. وی به این نتیجه رسیده که میانگین ناکارایی بانک‌های انگلستان در سطح پایینی قرار دارد و در دوره زمانی مد نظر میانگین کارایی روند کاهشی را در همه بانک‌ها طی نموده است. دریک و هال[3] (۲۰۰۳) در پژوهشی به تجزیه و تحلیل کارایی بانک‌های ژاپنی با استفاده از مدل تحلیل پوششی داده‌ها پرداخته اند. به اعتقاد آنها مسأله وام‌ها آثار بسیاری بر کارایی بانک‌ها در ژاپن دارد و بدهی‌های بسیار بالا تأثیر زیادی بر موج ادغام بانک‌های بزرگ در ژاپن داشته است. ریزمن و

1 .TOPSIS

2 .Webb
3.Drake& Hall

همکاران[1] (۲۰۰۳) با کاربرد روش تحلیل پوششی داده‌ها، تأثیر حذف نظارت دولت بر کارایی یازده بانک تجاری تونس در طول دوره ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۱ را مطالعه کرد. نتیجه پژوهش نشان می‌دهد که حذف نظارت دولت بر کارایی کلی بانک‌های تونسی اثر مثبت داشته است. هالکوز و سلاموریس[2] (۲۰۰۴) با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها به ارزیابی عملکرد بخش بانکداری یونان می‌پردازند. نتایج نشان می‌دهد که روش تحلیل پوششی داده‌ها می‌تواند به عنوان جایگزین و نیز مکمل روش‌های تحلیل نسبت‌های مالی برای ارزیابی عملکرد سازمان به کار گرفته شود. اسکالی و براون[3] (۲۰۰۴) در پژوهشی به بررسی کارایی در بانک‌های اسلامی با روش تحلیل پوششی داده‌ها در دوره ۱۹۹۸ – ۲۰۰۲ پرداختند. در این مطالعه ۲۱ بانک اسلامی از ۱۳ کشور به عنوان نمونه انتخاب شدند. نتیجه پژوهش نشان می‌دهد با توجه به شاخص تی اف پی، اندونزی و یمن به عنوان پیشرفته‌ترین کشورها و آسیا به عنوان بهترین منطقه عملیاتی شناخته می‌شوند. اشیمد و همکاران[4] (۲۰۰۴) با ترکیب تحلیل پنجره ای داده‌ها با شاخص مالم کوئیست برای ارزیابی تغییرات بهره‌وری در صنعت بانکداری کانادا در دوره (۲۰۰۰- ۱۹۸۱) پرداختند. نتیجه به دست آمده، نشان داده است که در هر دو حالت شاخص مالم کوئیست پایه و تحلیل پنجره ای یک مرز کارایی دوره ای تعریف می‌شود. شهوث و بتال[5] (۲۰۰۶) با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها، کارایی هزینه در ۲۴ موسسه بانکداری اسلامی را بررسی کردند. آنها با معرفی سه متغیر میزان سرمایه، سود انباشته و سپرده‌ها به عنوان متغیر ورودی و میزان اعتبارات و دارایی‌ها به عنوان دو متغیر خروجی به بررسی کارایی هزینه بانک‌ها پرداختند. سوفیان و زخبیری[6] (۲۰۰۷) در مقاله ای با عنوان «کارایی بانکداری سنگاپور و ارتباط آن با بازدهی بورس به کمک تحلیل پوششی داده‌ها» اقدام به بررسی تغییرات کارایی بانک‌های تجاری در دوره (۲۰۰۳- ۱۹۹۳) نموده اند. نتایج بیانگر آن بود که کارایی بانک‌های تجاری سنگاپور به طور متوسط ۹۵/۴٪ است. کائو و لیو[7] (۲۰۰۹) از روش تحلیل پوششی داده‌ها برای اندازه اندازه گیری کارایی بانک‌های تجاری تایوان استفاده کردند. آنها در پژوهش خود نحوه اندازه گیری کارایی هر واحد تصمیم گیرنده را با استفاده از شبیه سازی کامپیوتری مورد بحث قرار می‌دهند. فوجی و همکاران (۲۰۱۳) در پژوهشی به بررسی کارایی و بهره‌وری بانک‌های داخلی و خارجی در کشور هند با استفاده از رویکرد ترکیبی پرداختند. نتایج پژوهش نشان می‌دهد که بانک‌های داخلی در مقایسه با بانک‌های خارجی از کارایی پایین‌تری برخوردارند.

همان‌طور که در مطالعات بالا مشاهده می‌شود، با توجه به اهمیت موضوع در بیشتر موارد به محاسبه کارایی بانک‌ها با استفاده از مدل‌های مختلف پرداخته شده و در هیچ یک از این مطالعات به مدل سازی و پیش بینی کارایی بانک‌ها پرداخته نشده است. از این رو، در این پژوهش سعی بر آن است تا با کاربرد مدل‌های هوش مصنوعی؛ یعنی مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی، شبکه عصبی فازی و الگوریتم ژنتیک کارایی بانک‌های دولتی و خصوصی ایران پیش بینی و با مدل‌های سنتی مقایسه شود.

1.Reisman et al
2 .Halkos & Salamouris
3. Brown & Skully
4.Asmild et al
5.Shahooth & Battall

6 .Sufian & Zulkhibri
7 .Kao & Liu

روش پژوهش

منظور از روش پژوهش و پژوهش، ارائه مهارت‌ها و تجربه‌هایی است که دست‌یابی به هدف را آسان‌تر و عملی‌تر می‌سازد و با صرف وقت کمتر، نتایج بیشتری به دست می‌آید. پژوهش حاضر در زمره پژوهشات کاربردی است. روش به کار گرفته شده، روش تحلیل مبتنی بر مدل سازی ریاضی است. از آنجا که الگوریتم‌های شبکه های عصبی مبتنی بر داده هستند، آماده سازی داده‌ها یک گام مهم و در واقع کلید موفقیت در استفاده از شبکه عصبی است. هر چقدر تعداد داده‌ها بیشتر باشد، می‌توان در خصوص تقریب ساختار نهفته در مدل، اطمینان بیشتری حاصل نمود [۱۸]. در این پژوهش، از کارایی به دست آمده در مدل تحلیل پوششی داده‌ها با استفاده از نرم افزار WINQSB، به عنوان متغیر خروجی مدل‌های پیش بینی و از داده‌های جمع کل دارایی‌ها، تعداد کل شعب، سود و زیان خالص و مانده تسهیلات اعطایی و مطالبات (ورودی‌ها و خروجی‌های مدل تحلیل پوششی داده‌ها) به عنوان متغیرهای ورودی مدل‌های پیش بینی استفاده شد که بازه زمانی این متغیرها، از سال ۱۳۸۶ تا سال ۱۳۹۰ است و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزارهای Minitab و Neuro solution صورت گرفته است. این پژوهش دارای چندین مرحله است که در مرحله نخست داده‌ها به دو دسته داده‌های تست و آموزش تقسیم بندی شدند. سپس از الگوریتم‌های شبکه عصبی مصنوعی، شبکه عصبی فازی و الگوریتم ژنتیک برای پیش‌بینی کارایی بانک‌ها استفاده گردید. در مرحله نهایی با استفاده از شاخص‌های ارزیابی مدل‌ها، نتایج الگوریتم‌های مختلف ارزیابی و مدل کارا و مناسب برای پیش‌بینی کارایی بانک‌های دولتی و خصوصی کشور تعیین گردید.

تحلیل پوششی داده‌ها

این مدل یک تکنیک ناپارامتریک کلاسیک و مبتنی بر برنامه‌ریزی ریاضی است که برای مقایسه ارزیابی کارایی مجموعه‌ای از واحدهای تصمیم‌گیری مشابه به کار می‌رود و مزیت قابل توجه آن، بی نیازی آن به تعیین مشخصات پارامتریک (همچون تابع تولید) برای به دست آوردن امتیازات کارایی است (سیرپولوس و تزقیدس[1]، ۲۰۱۰). 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 زیر به دست می‌آید (مهرگان، ۱۳۸۵؛ بال و همکاران[2]، ۲۰۱۰):

$$Max\ z = \frac{\sum_{r=1}^{s} u_r y_{r0}}{\sum_{i=1}^{m} v_i x_{i0}}$$
$$\frac{\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij}} \leq 1 \quad j = 1, 2, \dots, n$$
$$u_r \geq 0, \quad r = 1, 2, \dots, s$$
$$v_i \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, m$$

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 داده شده به خروجی r ام؛ v_i وزن تخصیص داده شده به ورودی i ام و z به عنوان 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 باآن 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.

شبکه عصبی مصنوعی

شبکه های عصبی مصنوعی مدل‌های ریاضی‌ای هستند که نحوه عملکرد مغز انسان را تقلید می‌کنند و توانایی آنها در استخراج الگوها در داده های مشاهده

1. Siriopoulos & Tziogkidis
2. Bal et al.

شده بدون نیاز به داشتن مفروضاتی در مورد روابط بین متغیرهاست [۲۴]. آنها توابعی جامع و انعطاف پذیر و ابزاری قدرتمند برای تجزیه و تحلیل داده‌ها و مدل-سازی روابط غیر خطی، با درجه صحت بالا هستند. یکی از متداول‌ترین شبکه‌های عصبی مورد استفاده، شبکه عصبی پرسپترون چند لایه[1] است. پرسپترون چند لایه، ترکیب استانداردی از ورودی‌ها، واحدهای عصبی خطی و غیر خطی و خروجی‌هاست. خروجی تمام واحدهای پردازش از هر لایه به تمام واحدهای پردازش لایه بعدی انتقال داده می‌شود. واحدهای پردازش لایه ورودی همگی خطی هستند، ولی در لایه مخفی از نرون‌ها با تابع تانژانت سیگموئید[2]، هایپربولیک[3] یا هر تابع غیر خطی و پیوسته مشتق پذیر دیگری می‌توان استفاده کرد. در این مورد، نیلسون (۱۹۸۷) اثبات کرد که در شبکه‌های عصبی با یک لایه مخفی با تابع سیگموئید $f(x) = \frac{1}{1+e^x}$ در لایه میانی و تابع خطی در لایه خروجی قادر به تقریب تمامی توابع مورد نظر با هر درجه تقریب خواهد بود، مشروط به این که به اندازه کافی نرون در لایه مخفی وجود داشته باشد. این قضیه به تقریب ساز جهانی[4] معروف است [۱۷].

شبکه عصبی فازی

سیستم استنتاج شبکه عصبی فازی از الگوریتم‌های شبکه عصبی و منطق فازی به منظور طراحی نگاشت غیر خطی بین فضای ورودی و خروجی استفاده می‌کند. این سیستم از قدرت زبانی سیستم فازی با قدرت عددی یک شبکه عصبی در مدل سازی فرایندهای پیچیده بسیار قدرتمند است [۱۰]. اگرچه شبکه های عصبی مصنوعی و سیستم‌های فازی با یکدیگر از نظر ساختاری متفاوت هستند، اما اگر به نقاط ضعف و قوت آنها نگریسته شود، مشاهده می‌گردد که این دو سیستم دارای ماهیت مکمل نسبت به یکدیگرند. بنابراین، با ترکیب سیستم‌های فازی و شبکه های عصبی مصنوعی، قابلیت‌های یادگیری شبکه‌های عصبی وارد سیستم‌های فازی خواهد شد. مدل شبکه عصبی فازی[5] اولین بار توسط ژانگ در سال ۱۹۹۳ معرفی شد. شبکه عصبی فازی دارای ویژگی‌هایی، از جمله: قدرت یادگیری، هزینه کردن، طبقه‌بندی، نوشتن و تدوین کردن است. همچنین، دارای این مزیت بوده که اجازه استخراج قوانین فازی از داده های متعدد و تخصصی را داده، به گونه‌ای متناسب قوانین پایه و اساسی را می‌سازد. ساختار نرون فازی، همانند نرون فضای قطعی است؛ با این تفاوت که همه یا بعضی از اجزا و پارامترهای آن در قالب منطق فازی بیان می‌شوند. برای تبدیل یک نرون معمولی به نرون فازی، راه های گوناگونی وجود دارد که استفاده از هر کدام از آنها ما را به انواع مختلفی از نرون های فازی می‌رساند. مطالعات اخیر بیانگر قدرت و توانایی شبکه عصبی فازی در مدل سازی فرآیندهای متعدد و مختلف است.

فرض کنید که سیستم استنتاج فازی دارای دو ورودی x, y و یک خروجی z است. آن گاه سیستم فازی مورد استفاده با دو قانون زیر است:

- قانون ۱: $if\ x\ is\ A_1, y\ is\ B_1 then\ F_1 = P_1 + q_1 y + r_1$
- قانون ۲: $if\ x\ is\ A_2, y\ is\ B_2 then\ F_2 = P_1 + q_2 y + r_2$

مدل شبکه عصبی فازی انتخاب شده شامل پنج لایه است:

1 .Multi Layer Perceptron
2 .Tangent Sigmoid
3 .Hyperbolic
4.Universal Approximation
5 .Adaptive-Network-based Fuzzy Inference Systems (ANFIS)

لایه ۱: گره‌های موجود در این لایه سری‌های فازی در ارتباط با بخش مقدم قوانین فازی را ارائه می‌دهند. این لایه دارای پارامترهایی است که موقعیت بخش مرکزی و اصلی هر سری فازی را کنترل می‌کند. در این مطالعه از تابع عضویت گوسی برای تعیین درجات عضویت استفاده شده است.

لایه ۲: هر گره در این لایه موظف به محاسبه نتایج ورودی‌های خود است. خروجی لایه به صورت $W_i = M_{Ai}(x) \times M_{Bi}(y)\ i = 1,2$ تعریف می‌شود که در این رابطه M_{Bi} و M_{Ai} سری‌هایی به صورت فازی هستند که به ترتیب برای متغیرهای $\mathrm{y, x}$ تعریف شده‌اند. در این لایه مقدار فعال‌سازی قوانین خاص فازی مشخص می‌شود.

لایه ۳: در این لایه بخش نسبت درجه فعالیت مربوط به هر یک از قوانین فازی نرمال می‌شدند. رابطه مربوط در این لایه بدین شرح است:

$$W$$

لایه ۴: گره‌های موجود در این لایه دیگر به صورت تطبیق پذیر درآمده، هر تابع موجود گره‌ها یک مدل درجه اول با پارامترهای حاصله ارائه می‌دهد. خروجی حاصله از این لایه به صورت زیر نشان داده می‌شود:

$$O_i^* = w_i^* f_i = w_i^*(p_i x + q_i y + r_i)$$

خروجی لایه سوم سری پارامتری w_i $\{p_i, q_i, r_i\}$

لایه ۵: لایه پنجم، لایه خروجی بوده که در آن هر گره دیگر به مرحله تکمیل خود رسیده و در این لایه خروجی، گرهی که با علامت Σ مشخص شده، خروجی کلی و نهایی را به عنوان حاصل جمع تمامی ورودی‌ها محاسبه می‌کند.

$$O_i^5 = \sum_i w_i^* f_i = \frac{\sum_i w_i f_i}{w_i}$$

برای بهینه نمودن مدل شبکه عصبی فازی لازم است پارامترهای مقدماتی در لایه اول و پارامترهای حاصله در لایه چهارم تعریف شوند. پارامترهای لایه اول به عنوان بخش مرکزی و دامنه تابع عضویت مقدم مطرح می‌شوند. پارامترهای لایه چهارم با سری $\{p_i, q_i, r_i\}$ که متناظر با ضریب‌های حاصله از معادله تابع گوسی هستند، تعریف می‌شوند. همچنین، الگوریتم آموزش هیبرید برای تعیین پارامترهای شبکه عصبی فازی پیشنهاد شده است.

نحوه آموزش شبکه عصبی به صورت یادگیری با ناظر است. بنابراین، هدف آن است که با آموزش شبکه‌ها، توابع ناشناخته بیان شده توسط داده‌های آموزشی را دریافت کند و یاد بگیرد و بتواند متناسب با ارزش پارامترهای ورودی، خروجی را تعیین نماید. به همین علت، در ساختار شبکه عصبی فازی از الگوریتم آموزش هیبرید استفاده می‌شود[۱] [۳۷].

الگوریتم ژنتیک

الگوریتم ژنتیک[۲] یک روش جستجوی اتفاقی بر اساس سازوکار انتخاب طبیعی و ژنتیک طبیعی است. الگوریتم ژنتیک، اصل بقای بهترین را بر روی جمعیتی از راه حل‌های ممکن یک مسأله، برای تولید راه حل‌های بیشتر و بهتر اعمال می‌کند [۱۶]. در این روش، ابتدا برای تعدادی ثابت که جمعیت نامیده می شوند مجموعه‌ای از داده‌ها و پارامترهای هدف به صورت

1.Zhang et al.
2.Genetic Algorithm(GA)

اتفاقی تولید می شود و افراد در برابر این مجموعه از داده‌ها آزمایش شده، مناسب‌ترین آنها باقی می مانند و نسل جدید را شکل می‌دهند و این فرآیند برای نسل‌های بعدی تا ارضای معیار همگرایی تکرار می‌شود.

مراحل ترکیب و توسعه مدل تلفیقی شبکه عصبی و الگوریتم ژنتیک برای پیش‌بینی کارایی بانک‌ها به شرح ذیل است [۹]:

مرحله ۱: تعداد جمعیت موجود در هر نسل و تعداد نسل حداکثر در مرحله اول مشخص می‌شود و در این مرحله یک جمعیت اولیه تصادفی به وجود می‌آید.

مرحله ۲: در این مرحله شاکله شبکه عصبی مصنوعی با استفاده از مقادیر ژن‌های موجود در هر جمعیت ایجاد شده تعیین می‌گردد.

مرحله ۳: شبکه طراحی شده با استفاده از داده‌های نرمال شده ورودی آموزش می‌بینند و بعد از آموزش شبکه، مراحل واسنجی و آموزش شبکه نیز در این گام صورت می‌گیرد.

مرحله ۴: پس از انجام پیش‌بینی با استفاده از شبکه طراحی شده معیار میانگین مجذور خطا محاسبه می‌شود. با محاسبه این معیار، تابع هدف مسأله که در این پژوهش حداقل کردن میانگین مربعات خطا ست، تعیین می‌شود.

مرحله ۵: به منظور ایجاد نسل پس از عملگرهایی نظیر عملگرهای ژنتیکی و تکاملی مانند ترکیب و جهش ژنی و نیز چرخه رولت برای انتخاب نسل بعد در الگوریتم ژنتیک استفاده می‌شود. در این مرحله از نخبه گرایی نیز استفاده می‌شود که با استفاده از آن برخی از بهترین‌های جمعیت نسل حاضر به نسل بعد منتقل می‌شود.

مرحله ۶: در این مرحله جمعیت جدید ایجاد شده جایگزین جمعیت قبلی شده تا نسل جدید به وجود آید. در این مرحله به شماره نسل مقدار ۱ اضافه می‌شود و تا زمانی که شماره نسل به مقدار ماکزیمم خود برسد، مراحل فوق تکرار می‌شوند.

شاخص‌های ارزیابی مدل‌ها

نتیجه پیش‌بینی مدل‌ها توسط شاخص‌های عملکرد مختلفی سنجیده می‌شود، چون هیچ گونه اجماع کلی بر روی بهترین معیار عملکرد، برای ارزیابی مدل پیش بینی وجود ندارد [۳۷]. در این پژوهش، به منظور ارزیابی عملکرد مدل‌های رگرسیون چند متغیره، شبکه عصبی فازی، شبکه عصبی ژنتیک و شبکه عصبی مصنوعی از پارامترهای ضریب کفایت (R^2) و خطای مجذور میانگین مربعات خطا (RMSE) که از روابط زیر قابل محاسبه اند، استفاده گردید [۱۱]:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(Z_0 - Z_p)^2}$$

که: Z_0 مقادیر پیش بینی شده، Z_p مقادیر مشاهداتی، Z_{ave} متوسط مقادیر مشاهداتی و n تعداد داده‌ها ست.

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{N}(y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^{N}(y_i - \bar{y}_i)^2}$$

که: y_i مقادیر اندازه گیری شده، $\hat{y}_i$ مقادیر پیش بینی شده، $\bar{y}_i$ میانگین مقادیر اندازه گیری شده و N تعداد داده‌ها ست.

متغیرهای ورودی و خروجی مدل‌ها

جدول ۱ و ۲ ورودی‌ها و خروجی‌های مدل تحلیل پوششی داده‌ها و الگوریتم‌های شبکه عصبی انتخابی را نشان می‌دهد:

جدول۱: ورودی و خروجی مدل تحلیل پوششی داده‌ها

ورودی	X1	تعداد کل شعب
	X2	جمع کل دارایی‌ها
خروجی	Y1	سود و زیان خالص
	Y2	مانده تسهیلات اعطایی و مطالبات

جدول۲: ورودی و خروجی الگوریتم‌های شبکه عصبی

ورودی	تعداد کل شعب
	جمع کل دارایی‌ها
	سود و زیان خالص
	مانده تسهیلات اعطایی و مطالبات
خروجی	کارایی واحدها بر اساس مدل تحلیل پوششی داده‌ها

یافته‌های پژوهش

محاسبه کارایی بانک‌ها بر اساس مدل تحلیل پوششی داده‌ها

در این پژوهش، با بررسی پیشینه و مطالعات گذشته و لحاظ کردن نظرهای خبرگان، دو شاخص ورودی و دو شاخص خروجی اولیه برای ارزیابی کارایی بانک‌ها انتخاب شدند. در به‌کارگیری روش تحلیل پوششی داده‌ها بعضی محدودیت‌ها وجود دارد؛ برای مثال، یکی از این محدودیت‌ها این است که هر چه تعداد متغیرهای مسأله بیشتر باشد، مدل‌های پایه از قدرت تمایز کمتری میان واحدهای کارا و غیرکارا برخوردارند و همچنین، زمانی که تعداد واحدهای سازمانی از میزان مشخصی کمتر باشد، قدرت تمایز مدل‌های پایه‌ای تحلیل پوششی داده‌ها کاهش می‌یابد (مهرگان، ۱۳۸۵). بنابراین، با توجه به اینکه تعداد بانک‌های منتخب این پژوهش ۱۹ واحد بود و این تعداد جامعه پژوهش را تشکیل می‌داد و امکان افزایش واحدهای دیگر به این مجموعه نبود، سعی شد با کاهش تعداد متغیرهای ورودی و خروجی مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها، بر این مسأله فائق شویم. بنابراین، دو شاخص تعداد کل شعب و جمع کل دارایی‌ها به عنوان ورودی‌های مدل تحلیل پوششی داده‌ها و شاخص‌های سود و زیان خالص و مانده تسهیلات اعطایی و مطالبات به عنوان خروجی مدل تحلیل پوششی داده‌ها انتخاب شدند.

در مرحله بعد با در نظر گرفتن اطلاعات مربوط برای هر یک از بانک‌ها و با به‌کارگیری روش CCR خروجی محور تحلیل پوششی داده‌ها، به تعیین کارایی برای هر یک از این بانک‌های منتخب اقدام شد که خلاصه نتایج آن در جدول ۳ آمده است. دلیل انتخاب خروجی محور آن است که بانک‌ها دارای میزان ثابتی از منابع هستند، ولی خروجی حداکثر از آنها خواسته می‌شود. بنابراین، خروجی‌هایشان به فعالیت‌ها و نحوه تخصیص منابع به بخش‌های مختلف بستگی دارد.

جدول۳: کارایی بانک‌های دولتی و خصوصی برای سال‌های ۸۶-۹۰

ردیف	بانک	۱۳۸۶	۱۳۸۷	۱۳۸۸	۱۳۸۹	۱۳۹۰
۱	ملی	۰/۷۴۴	۰/۷۱۰	۰/۷۱۴	۰/۷۱۰	۰/۷۰۳
۲	ملت	۰/۸۰۲	۰/۷۲۶	۰/۶۷۷	۰/۸۴۰	۰/۸۴۱
۳	صادرات	۰/۴۹۵	۰/۴۹۱	۰/۴۸۹	۰/۵۳۹	۰/۵۵۲
۴	سپه	۰/۸۳۷	۰/۷۵۰	۰/۷۰۷	۰/۷۵۶	۰/۷۵۲
۵	رفاه	۰/۶۷۷	۰/۹۲۰	۰/۶۰۸	۰/۵۹۳	۰/۴۹۰
۶	تجارت	۰/۵۵۱	۰/۵۸۳	۰/۶۲۷	۰/۴۴۰	۰/۵۰۶
۷	مسکن	۰/۹۷۹	۱	۱	۰/۸۷۰	۰/۹۸۸
۸	کشاورزی	۰/۸۱۲	۰/۷۹۶	۰/۷۷۸	۰/۸۳۳	۰/۸۱۵
۹	صنعت و معدن	۱	۱	۱	۱	۱
۱۰	توسعه صادرات	۰/۲۷۹	۰/۵۰۳	۰/۳۷۶	۰/۲۶۷	۰/۷۲۷
۱۱	اقتصاد نوین	۱	۰/۷۱۳	۰/۹۸۲	۰/۸۸۳	۰/۶۱۱
۱۲	پارسیان	۰/۷۸۴	۰/۷۷۲	۰/۸۹۸	۰/۷۵۴	۰/۷۷۲
۱۳	سامان	۰/۷۳۳	۰/۷۷۷	۰/۸۷۱	۰/۷۷۷	۰/۷۲۸
۱۴	کارآفرین	۰/۹۷۳	۰/۸۰۸	۰/۸۷۳	۰/۸۳۶	۰/۸۷۵
۱۵	پاسارگاد	۱	۰/۸۶۹	۰/۸۵۹	۰/۸۰۵	۰/۸۰۴
۱۶	پست بانک	۰/۴۶۱	۰/۶۷۷	۰/۷۰۱	۰/۷۵۵	۰/۷۷۱
۱۷	سرمایه	۰/۸۵۸	۰/۶۲۹	۰/۵۸۸	۰/۸۹۶	۰/۷۳۷
۱۸	سینا	۱	۰/۹۳۵	۰/۹۴۶	۱	۰/۸۹۸
۱۹	قرض‌الحسنه مهر	۰/۵۵۳	۱	۱	۰/۷۹۵	۰/۶۵۱

ماخذ: یافته‌های پژوهش

همان طور که از نتایج جدول ۳ مشخص است، میزان کارایی بانک‌ها در بین سال‌های مورد نظر بین بازه صفر و یک قرار دارد. بانک‌های دارای کارایی یک را بانک‌های کارا و بانک‌های دارای کارایی پایین‌تر از یک را ناکارا تلقی می‌کنیم. با توجه به این که در تحلیل پوششی داده‌ها، وزن‌های محاسبه شده، مطلوب‌ترین وزن‌ها برای حداکثر کردن کارایی واحدها هستند، انتظار می‌رود کارایی همه واحدها معادل یک به دست آید، اما در جدول می‌بینیم که چنین نیست و تفاوت‌های قابل ملاحظه‌ای در کارایی واحدها مشاهده می‌شود. برای تمام سال‌های ارزیابی، تنها بانک صنعت و معدن است که در میان بانک‌های منتخب دارای بهترین عملکرد است، چون این بانک توانسته است در تمام سال‌های ارزیابی حداکثر کارایی؛ یعنی کارایی کامل به دست آورد. به عبارتی، در تمام این سال‌ها این بانک توانسته است حداکثر استفاده از منابع خویش را در راستای دسترسی به خروجی‌های عملکرد داشته باشد. سایر بانک‌ها در اکثر یا تمام سال-های مورد بررسی در شاخص‌های عملکردی در مقیاس بهینه عمل نمی‌کنند. برای اینکه بتوان چگونگی رسیدن واحدهای تصمیم گیری ناکارا را به مرز کارایی نشان داد، باید از دو منظر ورودی‌ها یا خروجی‌ها یا ترکیب این دو به مسأله نگاه کرد. بدیهی است برای رساندن واحدها به مرز کارایی با نگاه به ورودی‌ها، باید ورودی‌های آن واحدها تا وقتی که نسبت مجموعه وزن دار 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. در نگاه خروجی‌ها، تا حدی ورودی‌ها کاهش می‌یابند و مقداری هم خروجی‌ها افزایش خواهند یافت. در نگاه ورودی‌ها برای یافتن میزان کاهش ورودی‌ها، مقدار کارایی به دست آمده از مدل‌های مختلف تحلیل پوششی داده‌ها در مقادیر اولیه ورودی‌ها ضرب می‌شود. طبیعی است برای واحدهای تصمیم گیری کارا که کارایی آنها به صورت عدد یک است، تغییر در ورودی‌ها نخواهیم داشت و بقیه واحدها که مقدار کارایی آنها کمتر از یک است، با ضرب شدن در مقادیر اولیه ورودی‌ها، مقدار ورودی‌های پیشنهادی را کاهش می‌دهند. در نگاه خروجی‌ها نیز برای یافتن میزان افزایش خروجی‌ها، معکوس کارایی به دست آمده از مدل‌های مختلف تحلیل پوششی داده-ها در مقادیر اولیه خروجی‌ها ضرب می‌شود. در اینجا نیز برای واحد تصمیم‌گیری کارا تغییری در خروجی‌ها نخواهیم داشت و بقیه واحدها که کارایی آنها کمتر از یک است، با ضرب شدن معکوس کارایی در مقادیر اولیه خروجی‌ها، مقدار خروجی پیشنهادی را افزایش می‌دهند.

نتایج رگرسیون چند متغیره

با استفاده از رگرسیون چند متغیره، محقق می‌تواند رابطه خطی و غیرخطی موجود بین مجموعه ای از متغیرهای مستقل با یک متغیر وابسته را به شیوه ای مطالعه نماید که در آن، رابطه موجود بین متغیرهای مستقل نیز ملاحظه گردد. در این پژوهش در ابتدا، داده‌ها را به دو دسته تقسیم کرده، به طوری که ۸۰٪ داده‌ها برای آموزش و مابقی داده‌ها؛ یعنی ۲۰٪ برای اعتبارسنجی اختصاص داده شد. برای این منظور، دو دسته داده به طور تصادفی تعیین گردید. برای تعیین رگرسیون چند متغیره پارامتر مورد مطالعه، رابطه رگرسیونی مربوطه با استفاده از داده‌های آموزش تعیین گردید. این رابطه سپس بر روی داده‌های آزمون اعمال شد و ضریب تعیین ۰/۳۱۹۹ به دست آمد. مقادیر

ضـرایب رگرسـیونی دارای احتمـال کـوچکتر ۰/۰۰۱ اسـت. همچنـین، جـدول تجزیـه واریـانس نیـز بـرای بین پارامترهای ورودی است (جدول ۱). در نمودار (۱) دیـاگرام پـراکنش در داده‌هـای تسـت بـرای مـدل رگرسیون آورده شده است.

$$y = 0.758 - 0.000017\ x1 - 0.000002\ x2 + 0.000017\ x3 + 0.000003\ x4$$

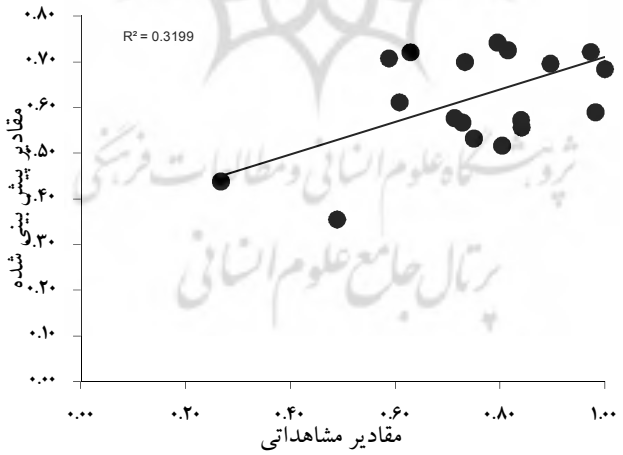
رگرسـیون محاسـبه گردیـد کـه نتـایج از معنـادار بـودن معادله برازش داده شده حکایت دارد ($p<0.001$). در نهایت، پراکنش مقادیر خطـا محاسـبه شـد، کـه نشـان-دهنده صـحت مـدل رگرسـیونی و عـدم همراسـتایی در

که در معادله بالا X1: سـود و زیـان خـالص، X2: مانـده تسـهیلات اعطـایی و مطالبـات، X3: جمـع کـل دارایی‌ها، X4 تعداد کل شعب و Y: کارایی بانک‌هـا (خروجـی مـدل تحلیـل پوششـی داده‌هـا) اسـت.

جدول ۱: نتایج تجزیه واریانس برای رگرسیون

منابع	درجه آزادی	مجموع مربعات	اف فیشر	احتمال
رگرسیون	۴	۰/۲۷	۱۶/۲۷	<۰/۰۰۱
باقیمانده خطا	۷۱	۰/۰۲		
کل	۷۵	۰/۲۹		

ماخذ: یافته‌های پژوهش



نمودار۱: نمودار پراکنش برای مقادیر مشاهده و پیش بینی شده با استفاده از روش رگرسیون (یافته‌های پژوهش)

نتایج شبکه عصبی مصنوعی

در طراحی مدل شبکه عصبی، در واقع بایـد انـدازه مجموعـه یـادگیری و آزمایشـی، نرمـال کـردن داده‌هـا، تعداد لایه‌های پنهان شبکه، تعداد نـرون‌هـای هـر لایـه، الگوریتم‌های یادگیری، تابع تبدیل، تابع عملکـرد، نـرخ یادگیری و تعداد تکرارها مشخص گردد. در تعیین ایـن موارد، روش‌های سیستماتیکی وجـود نـدارد، بنـابراین، بهترین طراحی شبکه با اسـتفاده از تجربـه و آزمـایش و

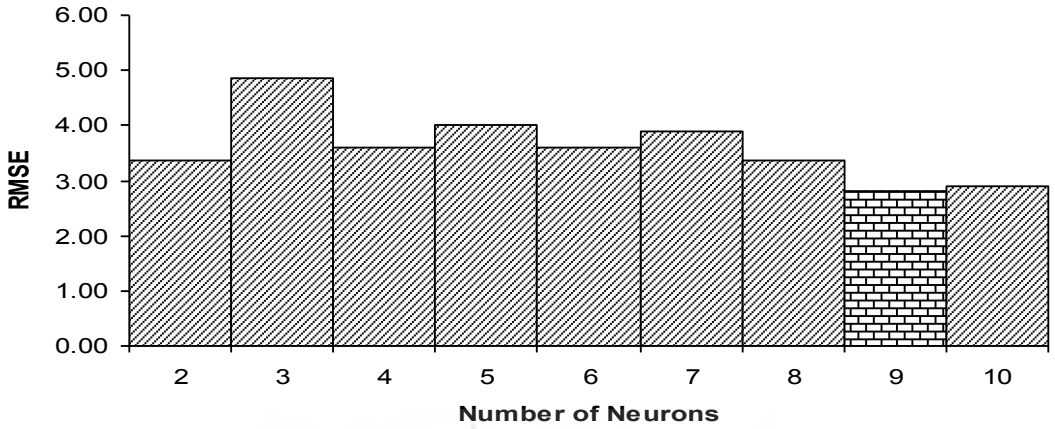
خطا به دست می‌آید. در این پژوهش، پس از تعیین مجموعه داده‌های تست و آموزش، داده‌های ورودی به شبکه با استفاده از رابطه ۶ استانداردسازی[1] شد. در صورتی که داده‌ها به صورت خام وارد شبکه شود، به علت تغییرات زیاد داده‌ها، تأثیر متفاوتی بر روی شبکه گذاشته، به طوری که برخی از نرون‌های خیلی زود به حد آتش رسیده، در حالی که برخی دیگر از نرون‌ها حتی به آستانه فعالیت نیز نرسیده‌اند و این باعث خواهد شد که توان پیش‌بینی مدل پایین آید [۱۷]. لذا در ابتدا، داده‌ها با استفاده از رابطه زیر استاندارد شده؛ یعنی بین یک دامنه عددی که معمولاً (۰/۱ و ۰/۹) است، قرار می گیرند (سرمدیان و همکاران، ۱۳۸۹).

$$y = 0.8 \times \frac{X_i - X_{min}}{X_{max} - X_{min}} + 0.1$$

که در آن: X_{min} کوچک‌ترین داده و X_{max} بزرگترین داده سری داده‌های ورودی است. با استفاده از این رابطه، داده‌های ورودی بین ۰/۱ و ۰/۹ قرار می‌گیرد.

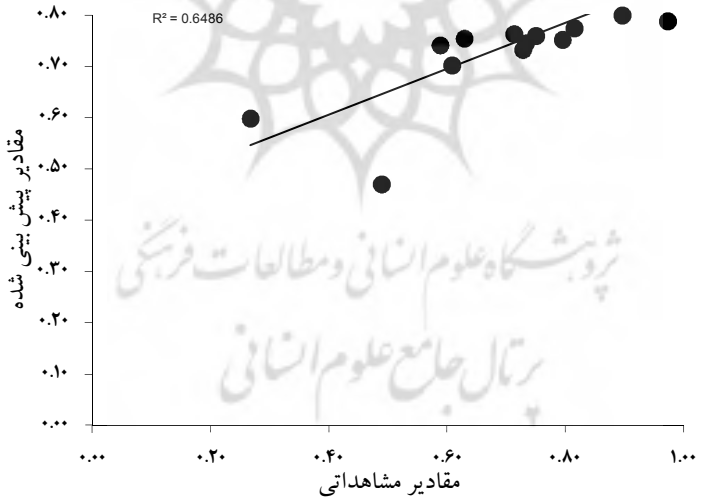
در این پژوهش شبکه با یک لایه مخفی که دارای تابع فعال‌سازی سیگموئید $f(x) = \frac{1}{1+e^x}$ در لایه مخفی و تابع فعال‌سازی خطی در لایه خروجی و تعداد نرون های آن از یک تا ۱۰ نرون متغیر بوده و بهترین تعداد نرون به صورت سعی و خطا تعیین گردید. همچنین، به علت کارایی، سادگی و سرعت بالا در این پژوهش، از الگوریتم آموزشی لونبرگ مارکوارت استفاده شد. برای پیش‌بینی مصرف انرژی، ورودی‌های شبکه جمعیت، تعداد خودرو و تولید ناخالص داخلی بود. برای این ویژگی مقادیر RMSE در شکل (۱) ارائه شده است. با توجه به شکل ملاحظه می‌شود حداقل مقدار RMSE مربوط به شبکه با نه نرون در لایه مخفی است. همان طور که در شکل دیده می‌شود، تغییرات RMSE دارای روند مشخصی نیست، چون شبکه عصبی یک مدل جعبه سیاه است و وزن‌ها به طور تصادفی انتخاب می‌شوند، نمی‌توان این روند موجود را به طور کامل توضیح داد. فقط باید با سعی و خطا بهترین ساختار را به دست آورد. اما توجیهی که می‌توان بیان کرد، این است که با پیچیده‌تر شدن مدل شبکه عصبی بیش از حد آموزش می‌بینند و قادر به برازش مناسب بر روی داده‌های جدید است.

1. Normalization



شکل۱: مقادیر RMSE برای تعداد نرون متفاوت(یافته‌های پژوهش)

درنمودار (۲) پراکنش داده‌های تست برای مدل شبکه عصبی با ساختار ۱-۹-۳ که بهترین عملکرد را به خود اختصاص داده، آورده شده است.



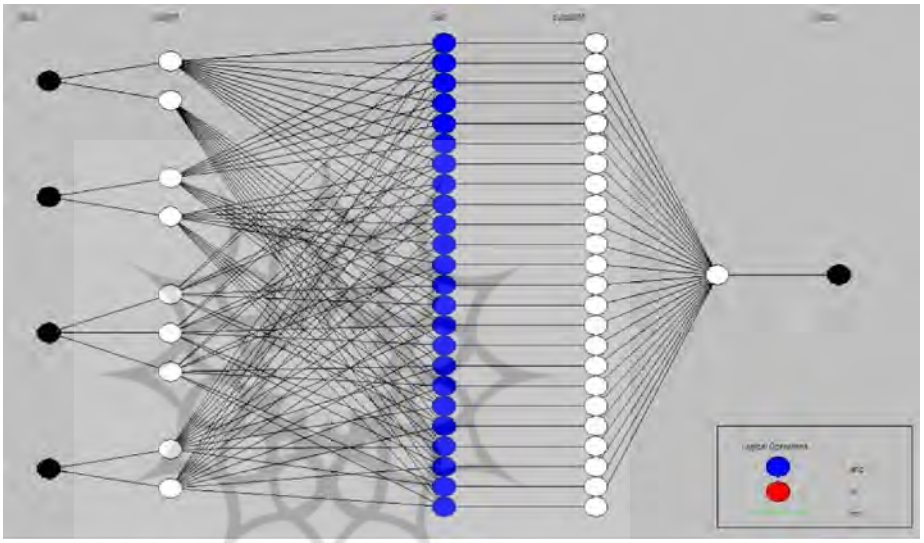
نمودار ۲: نمودار پراکنش برای مقادیر مشاهده و پیش بینی شده با استفاده از روش شبکه عصبی(یافته‌های پژوهش)

نتایج شبکه عصبی فازی(نرفازی)

در طراحی مدل شبکه های عصبی فازی این پژوهش، از شبکهٔ عصبی چند لایهٔ پسخور، الگوریتم یادگیری پس انتشار خطا و سیستم استنتاج فازی ساگنو[1] و تابع خروجی خطی و برای غیرفازی نمودن از تابع میانگین وزنی استفاده شد. برای طراحی سیستم بهینهٔ شبکه‌های عصبی فازی، از طریق تغییر مداوم تعداد لایه‌ها و تعداد نرون های لایهٔ پنهان، توپولوژی مناسب شبکهٔ عصبی بررسی شد و از طریق تغییر مداوم توابع

1. Sugeno

عضویت مختلف و تعداد توابع عضویت، سیستم مناسب پایگاه استنتاج فازی طراحی شد. این شبکه دارای چهار تابع عضویت برای هر متغیر ورودی است (شکل ۲) و سایر پارامترهای آن عبارتند از: تعداد مراحل آموزش = ۱۰۰۰، تولرانس خطا =۰، نرخ‌های یادگیری برای لایه اول و دوم = ۰/۰۵، و پارامترهای شبکه با استفاده از سعی و خطا تعیین شد. در ضمن، ۸۰ درصد از داده‌ها به عنوان داده های آموزشی و ۲۰ درصد از داده‌ها به عنوان داده های آزمایشی و اعتبارسنجی انتخاب شده‌اند. در نمودار (۳) دیاگرام پراکنش در داده‌های تست برای مدل نروفازی آورده شده است. با توجه به این شکل ملاحظه می‌شود، بهترین خط برازش داده شده دارای زاویه ای نزدیک به ۴۵ درجه است که نشان دهنده دقت بالای برآورد توسط مدل شبکه عصبی فازی در تخمین پارامتر مورد بررسی است.

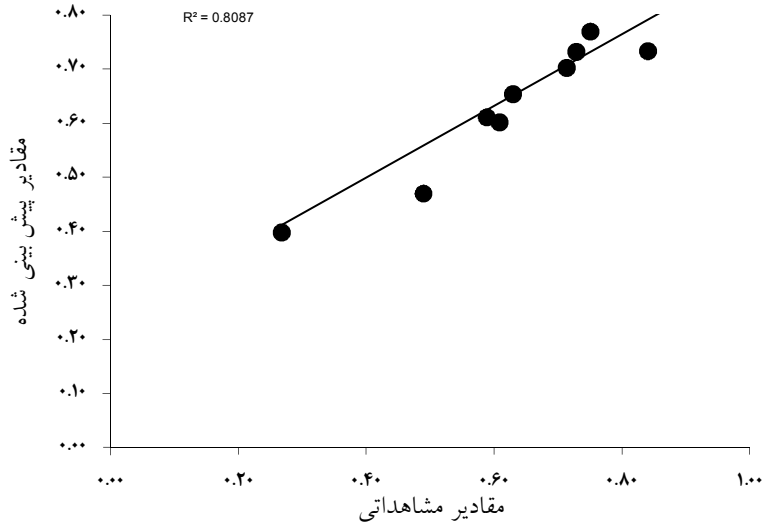


شکل۲: ساختار شبکه عصبی فازی(یافته‌های پژوهش)

جدول ۲: ویژگی‌های مدل شبکه عصبی فازی انتخابی برای پیش‌بینی کارایی بانک‌ها

	روش دفازی-کردن	روش یادگیری	نوع تابع عضویت	تکرار	تعداد توابع عضویت
کارایی بانک‌ها	میانگین وزنی	پسخور	مثلثی	۱۰۰۰	۴

ماخذ: یافته‌های پژوهش



نمودار۳: نمودار پراکنش برای مقادیر مشاهده و پیش بینی شده با استفاده از روش شبکه عصبی فازی(یافته‌های پژوهش)

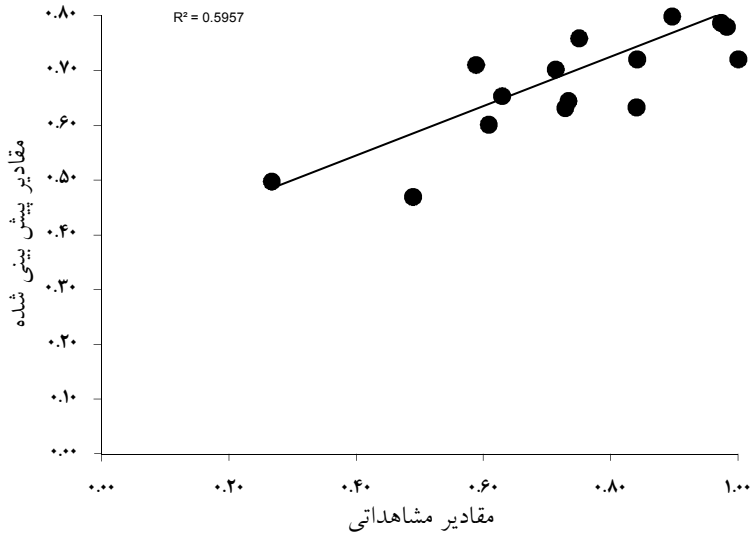
نتایج مدل ترکیبی شبکه عصبی و الگوریتم ژنتیک

در روش الگوریتم ژنتیک انتخاب جمعیت‌های اولیه تصادفی مختلف و تأثیرگذار در پدیده (که به عنوان داده‌های آموزشی از آنها یاد می‌شود) به منظور آموزش ماهیت‌ساز و کار حاکم بر پدیده سبب پیچیدگی الگو و افزایش حافظه درگیر خواهد شد. با توجه به جدول (۳)، در این تحقیق اندازه جمعیت ۱۰، تولید نسل ۵ و تکرار برابر با ۱۱۰۰ دور در نظر گرفته شده است. در نمودار (۴) دیاگرام پراکنش در داده‌های تست برای مدل شبکه عصبی ژنتیک آورده شده است.

جدول ۳: مشخصات مدل ترکیبی شبکه های عصبی و الگوریتم ژنتیک انتخابی برای پیش‌بینی کارایی بانک‌ها

	تعداد نرون	تکرار	اندازه جمعیت	تولید نسل	زمان تکامل
الگوریتم ژنتیک	۴	۱۱۰۰ دور	۱۰	۵	۵ دقیقه

ماخذ: یافته‌های پژوهش



نمودار۴: نمودار پراکنش برای مقادیر مشاهده و پیش بینی شده با استفاده از روش شبکه عصبی ژنتیک(یافته‌های پژوهش)

خلاصه نتایج و ارزیابی مدل‌های پیش بینی

نتایج مربوط به مدل‌های شبکه عصبی فازی، شبکه عصبی ژنتیک، شبکه عصبی و رگرسیون چند متغیره مربوط به پارامتر مورد اندازه‌گیری در جدول ۴ خلاصه شده است. با توجه به این جدول ملاحظه می‌شود در کل، بهترین عملکرد در پیش‌بینی ویژگی مورد مطالعه مربوط به مدل شبکه عصبی فازی است و از لحاظ هر دو معیار، بهتر از شبکه عصبی ژنتیک، شبکه عصبی و رگرسیون چند متغیره است. بعد از مدل شبکه عصبی فازی، مدل شبکه عصبی مصنوعی بهترین عملکرد را به خود اختصاص داده است و پس از آن به ترتیب مدل‌های شبکه عصبی ژنتیک و رگرسیون چند متغیره بهترین عملکرد را به خود اختصاص داده‌اند.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

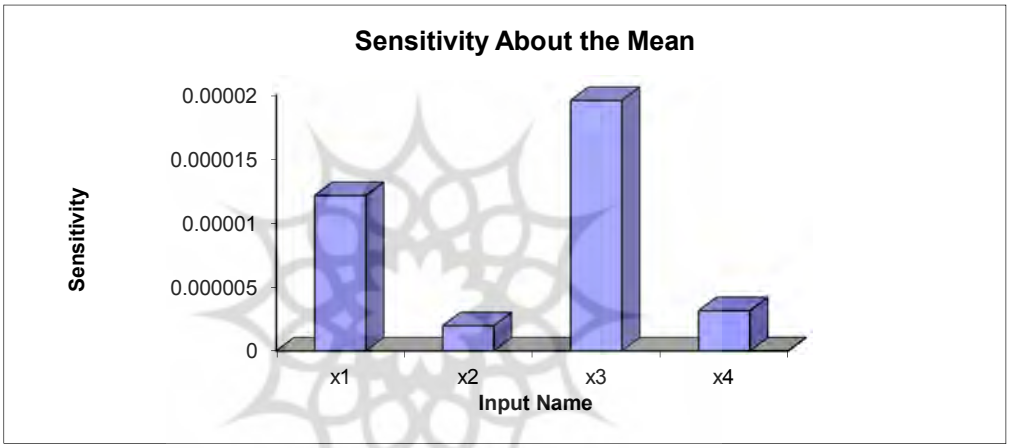
جدول۴: مقادیر واقعی و پیش‌بینی شده کارایی سرمایه فکری و عملکرد مدل‌های مختلف

سال	مقادیر واقعی	رگرسیون چند متغیره	شبکه عصبی مصنوعی	الگوریتم ژنتیک	شبکه عصبی فازی
مسکن(۱۳۸۷)	۱	۰/۶۸۵	۰/۹۴۱	۰/۸۴۱	۰/۹۴۱
سرمایه(۱۳۸۹)	۰/۸۹۶	۰/۶۹۷	۰/۷۹۹	۰/۷۹۹	۰/۸۱۹
کارآفرین(۱۳۸۶)	۰/۹۷۳	۰/۷۲۳	۰/۷۸۷	۰/۷۸۷	۰/۸۰۷
ملت(۱۳۹۰)	۰/۸۴۱	۰/۵۵۷	۰/۸۲۱	۰/۷۲۱	۰/۸۰۱
سپه(۱۳۸۷)	/۷۵۰	۰/۵۳۳	۰/۷۵۹	۰/۷۵۹	۰/۷۶۹
کشاورزی(۱۳۹۰)	۰/۸۱۵	۰/۷۲۶	۰/۷۷۴	۰/۸۷۴	۰/۸۹۴
سامان(۱۳۹۰)	۰/۷۲۸	۰/۵۶۸	۰/۷۳۲	۰/۶۳۲	۰/۷۳۲
قرض‌الحسنه مهر ایران(۱۳۸۹)	۰/۷۹۵	۰/۷۴۳	۰/۷۵۱	۰/۸۰۱	۰/۸۰۱
صنعت و معدن(۱۳۸۶)	۱	۰/۸۳۹	۰/۸۲۱	۰/۷۲۱	۰/۸۲۱
توسعه صادرات(۱۳۸۹)	۰/۲۶۷	۰/۴۳۹	۰/۵۹۸	۰/۴۹۸	۰/۳۹۸
صادرات(۱۳۸۸)	۰/۴۸۹	۰/۳۵۶	۰/۴۷۰	۰/۴۷۰	۰/۴۷۰
ملت(۱۳۸۹)	۰/۸۴۰	۰/۵۷۳	۰/۸۳۳	۰/۶۳۳	۰/۷۳۳
رفاه(۱۳۸۸)	۰/۶۰۸	۰/۶۱۲	۰/۷۰۱	۰/۶۰۱	۰/۶۰۱
سامان(۱۳۸۶)	۰/۷۳۳	۰/۷۰۱	۰/۷۴۵	۰/۶۴۵	۰/۸۴۵
سرمایه(۱۳۸۷)	۰/۶۲۹	۰/۷۲۲	۰/۷۵۴	۰/۶۵۴	۰/۶۵۴
پاسارگاد(۱۳۹۰)	۰/۸۰۴	۰/۵۱۷	۰/۹۰۶	۰/۸۰۶	۰/۸۰۶
اقتصاد نوین(۱۳۸۷)	۰/۷۱۳	۰/۵۷۸	۰/۷۶۲	۰/۷۰۲	۰/۷۰۲
اقتصاد نوین(۱۳۸۸)	۰/۹۸۲	۰/۵۹۱	۰/۸۸۰	۰/۷۸۰	۰/۸۱۰
سرمایه(۱۳۸۸)	۰/۵۸۸	۰/۷۰۹	۰/۷۴۱	۰/۷۱۱	۰/۶۱۱
شاخص‌های ارزیابی مدل‌ها		**۰/۳۲**	**۰/٦٤**	**۰/٦۰**	**۰/۸۰**
	RMSE	**۰/۱٦**	**۰/۱۱**	**۰/۱۲**	**۰/۰۹**

ماخذ: یافته‌های پژوهش

تحلیل حساسیت شبکه های عصبی

تحلیل حساسیت، در واقع روشی است که در آن با ایجاد تغییر در ورودی‌ها میزان تغییر در خروجی تحلیل می شود. این مسأله نشان دهنده آن است که کدام ورودی بیشترین تأثیر را بر روی خروجی خواهد داشت [۲۰]. در پژوهش حاضر برای پاسخ به این سؤال که کدام یک از متغیرهای ورودی (تعداد کل شعب، جمع کل دارایی‌ها، سود و زیان خالص و مانده تسهیلات اعطایی و مطالبات)، بیشترین تأثیر را بر روی خروجی‌ها (کارایی) داشته، از تحلیل حساسیت در شبکه عصبی استفاده شده است. همان گونه که از شکل ۲ مشخص است، به ترتیب شاخص‌های سود و زیان خالص (X3)، تعداد کل شعب (X1)، مانده تسهیلات اعطایی و مطالبات(X4) و جمع کل دارایی‌ها (X2) بیشترین تأثیر را بر خروجی؛ یعنی کارایی داشته است.



شکل۲: تحلیل حساسیت شاخص‌های ورودی با استفاده از شبکه عصبی(یافته‌های پژوهش)

بحث، نتیجه‌گیری و پیشنهادها

یکی از مقتضیات مهم در دستیابی به اهداف چشم انداز بیست ساله کشور و رسیدن به منویات مقام معظم رهبری، افزایش کارایی و استفاده بهینه از منابع واحدهای مختلف در راستای صرفه جویی در منابع و همزمان افزایش سطح خروجی است. بدون افزایش چشمگیر، تنها با حفظ سطح کنونی کارایی دستیابی به اهداف مورد نظر بسیار مشکل و حتی غیرممکن می‌نماید. اولین گام در راه بهبود کارایی ارائه روشی برای پیش بینی کارایی بین واحدها در این زمینه است. نهادهای مالی از دیر باز نقش به سزایی در توسعه و رشد اقتصادی کشورها داشته و بانک‌ها به عنوان یکی از مهمترین نهادهای مالی، نقش پررنگ‌تری نسبت به سایر نهادها در امر توسعه داشته‌اند. عواملی نظیر جهانی شدن، مقررات زدایی، حضور جدی‌تر بانک‌های اسلامی و تخصصی، حرکت به سمت سودآوری بیشتر و پیشرفت‌های فناوری، به همگرایی و فزونی رقابت میان نهادهای مالی رهنمون شده است [۲۲].

در این پژوهش، با استفاده از مدل‌های شبکه عصبی فازی، شبکه عصبی ژنتیک، شبکه عصبی مصنوعی و رگرسیون چند متغیره، کارایی بانک‌های دولتی و خصوصی ایران برآورد گردید. در این راستا،

بانک‌های دولتی و خصوصی کشور به عنوان نمونه انتخاب و از شاخص‌های جمع کل دارایی‌ها و تعداد کل شعب به عنوان شاخص‌های ورودی و از شاخص-های سود و زیان خالص و مانده تسهیلات اعطایی و مطالبات به عنوان متغیرهای خروجی مدل تحلیل پوششی داده‌ها برای ۱۹ بانک طی سال‌های ۱۳۹۰-۱۳۸۶ استفاده شد. سپس به منظور پیش بینی کارایی بانک‌ها از مدل‌های رگرسیون چند متغیره، شبکه عصبی مصنوعی، شبکه عصبی فازی و الگوریتم ژنتیک استفاده شد که چهار شاخص جمع کل دارایی‌ها، تعداد کل شعب، سود و زیان خالص و مانده تسهیلات اعطایی و مطالبات به عنوان ورودی و کارایی (محاسبه شده در مدل تحلیل پوششی داده‌ها) به عنوان خروجی انتخاب شده است. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که در زمینه کارایی، بانک صنعت و معدن بر سایر بانک-های منتخب مزیت دارد. نتایج همچنین حاکی از برتری مدل شبکه عصبی فازی بر مدل رگرسیون چند متغیره، شبکه عصبی مصنوعی و الگوریتم ژنتیک در پیش بینی کارایی است و تحلیل حساسیت شاخص‌های ورودی به وسیله شبکه عصبی، حاکی از این بود که شاخص ورودی سود و زیان خالص، بیشترین تأثیر بر خروجی؛ یعنی کارایی واحدها دارد. در پایان باید اشاره کرد که با توجه به ماهیت تقریبی بودن مقادیر و پارامترهای اندازه‌گیری شده، به نظر می‌رسد کارایی بالاتر مدل شبکه عصبی فازی در پیش بینی کارایی به همین علت باشد. با توجه به جستجوی تصادفی فضای جواب توسط الگوریتم‌های شبکه عصبی برای درون یابی مسائل پیچیده، این مدل با تعداد متغیرهای ورودی بیشتر، به نتایج بهتری منجر شود که این موضوع می‌تواند زمینه پژوهشات آتی باشد. از دیگر پیشنهادها می‌توان به موارد ذیل اشاره کرد:

- ایجاد بسترهای رقابت پذیری در بانک‌های دولتی و خصوصی؛
- از آنجایی که بانک‌های ناکارا از لحاظ شاخص‌های خروجی، مانند سود و زیان خالص و مانده تسهیلات اعطایی و مطالبات در مقیاس بهینه عمل نکردند، لذا مدیران بانک‌های مربوطه باید به هنگام سیاست گذاری‌های خویش به این مهم توجه ویژه داشته باشند، چون بهبود این شاخص‌ها باعث بهبود کارایی آنها خواهد شد.
- یکی از تأثیرگذارترین عامل تغییرات بهره‌وری در بانک‌های منتخب، تغییرات تکنولوژی بوده که آن هم از رشد سالانه اندکی برخوردار است. بنابراین، برای افزایش کارایی و پیشرفت تکنولوژی و در نهایت، افزایش بهره‌وری پیشنهاد می‌شود بانک‌های منتخب به امر آموزش و مشاوره و ترویج فناوری‌های جدید مبادرت ورزند.

منابع

۱- ابراهیمی، سعید؛ بیدرام، رسول و عماد زاده، مصطفی.(۱۳۸۷). «بررسی کارایی بانک‌های اسلامی در کشورهای مختلف جهان (با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها)». *دو فصلنامه علمی-پژوهشی جستارهای اقتصادی*، سال پنجم، ش ۱۰، صص ۱۱۵-۱۳۶.

۲- احمدپور، هادی.(۱۳۸۹).« دیدگاه مبانی، نقش و جایگاه بانکداری اختصاصی در بانکداری نوین»، *فصلنامه تخصصی بانک صادرات ایران*، سال یازدهم، ش ۵۴، صص ۴۰-۴۳.

۳- امیریوسفی، خالد و بهار، حافظی.(۱۳۸۵). «کارایی در صنعت بانکداری (مطالعه موردی: اندازه گیری کارایی در شبکه بانک‌های دولتی استان اصفهان) »

مجله پژوهش ها و سیاست‌های اقتصادی، ش ۳۹ و ۴۰، صص۲۷- ۵۸.

۴- ایران زاده، سلیمان و برقی، امیر.(۱۳۸۸). «رتبه بندی و ارزیابی عملکرد بانک با استفاده از تکنیک تجزیه و تحلیل مؤلفه های اصلی(PCA) مطالعه موردی:(شعب مرکزی بانک صنعت و معدن کشور)» *فصلنامه مدیریت*، سال ششم، ش ۱۴، صص ۴۷-۶۶.

۵- حسین زاده بحرینی، محمدحسین ؛ ناجی میدانی، علی اکبر و چمانه گیر، فرشته.(۱۳۸۷). «مقایسه کارایی اقتصادی بانک‌های خصوصی و دولتی در ایران با استفاده از روش تحلیل پوششی (فراگیر) داده‌ها (DEA)» *مجله دانش و توسعه*، سال پانزدهم، ش ۲۵، صص ۱-۳۰.

۶- حسینی، سید شمس الدین و سوری، امیررضا .(۱۳۸۶). « برآورد کارایی بانک های ایران و عوامل مؤثر بر آن»، *پژوهشنامه اقتصادی*، ش ۷، صص۱۲۷-۱۵۵.

۷- رجبی، احسان.(۱۳۸۹). «مقیاس بهینه فعالیت و پایداری کارایی فنی بانک‌های تجاری ایران با کاربرد تحلیل پنجره ای داده‌ها در دوره (۱۳۸۵-۱۳۷۰)» *مجله دانش و توسعه*، سال هفدهم، ش ۳۴، صص۹۱- ۱۲۵.

۸- رستمی، محمدرضا؛ قاسمی، جواد و اسکندری، فرزانه.(۱۳۹۰). «ارزیابی عملکرد بانک‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار (به کارگیری منطق TOPSIS در تحلیل پوششی داده‌ها)»*مجله حسابداری مدیریت*، سال چهارم، ش ۸، صص۱۹-۳۰.

۹- زارع زاده مهریزی، محبوبه و بزرگ حداد، امید.(۱۳۸۹).« شبیه سازی و پیش بینی آبدهی با استفاده از الگوریتم ترکیبی ANN-GA» *فصلنامه آب و خاک(علوم و صنایع کشاورزی)*، ش ۵، صص ۹۴۲-۹۵۴.

۱۰- سبزی پرور، علی اکبر و بیات ورکشی، مریم.(۱۳۸۹). «ارزیابی دقت روش‌های شبکه عصبی مصنوعی و عصبی فازی در شبیه سازی تابش کل خورشیدی»، *مجله پژوهش فیزیک ایران*، جلد دهم، ش ۴، صص۳۴۷-۳۵۷.

۱۱- سرمدیان، فریدون؛ تقی زاده مهرجردی، روح اله ؛ محمد عسگری، حسین و اکبرزاده، علی.(۱۳۸۹). «مقایسه روش‌های نروفازی، شبکه عصبی و رگرسیون چند متغیره در پیش بینی برخی خصوصیات خاک (مطالعه موردی: استان گلستان)»، *مجله پژوهشات آب و خاک ایران*، دوره چهل و یکم، ش ۲، صص ۲۱۱-۲۲۰.

۱۲- سهیلی، کیومرث؛ الماسی، مجتبی؛ لرستانی، الهام و سپهبان قره بابا، اصغر.(۱۳۹۰). «مقایسه کارایی عقود مبادله ای و مشارکتی به روش تحلیل پوششی داده‌ها(مطالعه موردی بانک ملت استان کرمانشاه)» *دو فصلنامه علمی- پژوهشی جستارهای اقتصادی*، سال هشتم، ش ۱۵، صص۳۹- ۶۰.

۱۳- طحاری مهرجردی، محمد حسین ؛ فرید، داریوش و بابایی میبدی، حمید.(۱۳۹۰). «ارائه یک مدل ترکیبی از تحلیل پوششی داده‌ها و برنامه ریزی آرمانی برای بهبود سنجش کارایی واحد تصمیم گیری (مطالعه موردی: شعب بانک)» *فصلنامه علمی- پژوهشی مطالعات مدیریت صنعتی*، سال هشتم، ش ۲۱، صص ۳۷- ۲۱.

۱۴- طیبی، سید کمیل؛ امیدی نژاد، محمد و مطهری نژاد، عباس.(۱۳۸۸). مقایسه کارایی بانک های خصوصی با بانک های دولتی به روش پارامتری،

پژوهشنامه اقتصادی ایران، ش ۱۳، صص ۱-۲۸.

۱۵- محرابیان، سعید ؛ ساعتی، صابر و مهتدی، علی هادی .(۱۳۹۰). «ارزیابی کارایی شعب بانک اقتصاد نوین با ترکیبی از روش شبکه عصبی و تحلیل پوششی داده‌ها» *مجله پژوهش در عملیات و کاربردهای آن*؛سال هشتم، ش۴، صص ۲۹- ۳۹.

۱۶- مقدس نژاد، فریدون و منتظری پور، آزاده.(۱۳۸۶).« ارایه یک برنامه مدیریت روسازی با استفاده از الگوریتم ژنتیک»*پژوهشنامه حمل و نقل*، سال چهارم، ش ۳، صص ۲۳۵-۲۴۸.

۱۷- منهاج، محمدباقر .(۱۳۸۴). *مبانی شبکه‌های عصبی*، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر، چاپ سوم.

۱۸- منهاج؛ محمدباقر؛ کاظمی، عالیه ؛ شکوری گنجوی، حامد ؛مهرگان، محمدرضا و تقی زاده، محمدرضا.(۱۳۸۹).« پیش بینی تقاضای انرژی بخش حمل و نقل با استفاده از شبکه های عصبی: مطالعهٔ موردی در ایران» *مجله مدرس علوم انسانی*، دوره چهاردهم، ش ۲، صص۲۰۴- ۲۲۰.

۱۹- مهرگان، محمدرضا .(۱۳۸۵). *مدل های کمّی در ارزیابی عملکرد سازمان ها (تحلیل پوششی داده-ها)*، تهران: دانشگاه مدیریت، انتشارات دانشگاه تهران.

۲۰- میرغفوری، سید حبیب اله ؛ اسدیان اردکانی، فائزه و صادقی آرانی، زهرا .(۱۳۹۰). «طراحی مدلی برای ارزیابی و انتخاب پروژه های بهبود شش سیگما با استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی» *مجله مدیریت تولید و عملیات*، دوره دوم، ش۲، صص۳۷- ۵۴.

۲۱- نامداری، روح انگیز و اقبالی، علیرضا و یوسفی، رضا.(۱۳۸۹). «ارزیابی کارایی در بانک‌های دولتی ایران با استفاده از روش DEA»*مجله مطالعات مالی*، ش۷، صص۹۷- ۱۲۱.

۲۲- هیبتی، فرشاد؛ سیدنورانی، محمدرضا و دادخواه، سحر.(۱۳۸۸).« ارزیابی عملکرد بانک‌های خصوصی ایرانی در مقایسه با بانک‌های کشورهای عربی حوزه خلیج فارس»، *پژوهشنامه اقتصادی*، ش۶، صص ۹۱-۱۰۸.

23- Asmild, M; Paradi, J.C. Aggarwall, V; Schaffnit, C. (2004). Combining DEA Window Analysis with the Marmquist Index Approach Industry of the Canadian Banking Industry. Journal of Productivity Analysis.

24-Azadeh, A., Saberi, M., Tavakkoli Moghaddam. R., Javanmardi, L.(2011). An integrated Data Envelopment Analysis–Artificial Neural Network–Rough Set Algorithm for assessment of personnel efficiency, Expert Systems with Applications 38, pp 1364–1373.

25-Bal, H., Orkcu, H.H., Celebioglu, S. (2010). Improving the discrimination power and weights dispersion in the data envelopment analysis. Computers & Operations Research, 37, pp 99–107.

26-Drake, L; Hall, Maximilian J.B. (2003). Efficiency in Japanese Banking: An Empirical Analysis. Journal of Banking & Finance 27, pp 891- 917.

27-Fujii, H & Managi, S & Matousek, R.(2013). Indian bank efficiency and productivity changes with undesirable outputs: a disaggregated approach, journal of banking & finance, volume 38, pp 41-50.

28-Halkos, George E; Salamouris, Ditmitrios. (2004). Efficiency Measurement of the Greek Commercial Banks with the Use of Financial Ratio: a Data Envelopment Analysis Approach. Management Accounting Research, pp 201-224.

29-Kao, Chiang; Liu, Shiang-Tai. (2009). Stochastic Data Envelopment Analysis in Measuring the Efficiency of Taiwan Commercial Banks. European Journal of

Operational Research, pp 312- 322.

30-Kym Brown, R. Viverita; Skully, Michael. (2004). Investing the DEA Malm Quist Efficiency Performance of Islamic Banks., International Islamic Banking and Finance Conference.

31-Reisman, A; Daouas, M.; Oral, M; Rebai, S;Gatoufi, S. (2003). Impact of Deregulation on Technical and Scale Efficiencies of Tunisian Commercial Banks: Window Extended Data Envelopment Analysis. Working Paper, Faculty des Sciences Economics et de Gestation de Tunis.

32-Shahooth, Khalid; Battall, Ahmed Hussein. (2006). Using Data Envelopment Analysis to Measure Cost Efficiency with an Application on Islamic banks. Scientific Journal of Administrative Development,4, pp134- 156.

33-Siriopoulos, C., Tziogkidis, P. (2010). How Do Greek Banking Institutions React After Significant Events? A DEA Approach, Omega Journal, Special Issue in Empirical Research in the EU Banking Sector and the Financial Crisis, 38(5) , pp 294-308.

34-Sufian, F.; Muhd-Zulkhibri A.M. (2007). Singapore Banking Efficiency and Its Relation to Stock Returns: A DEA Window Analysis Approach. International Journal of Business Studie, pp 83- 106.

35-Webb, R.W. (2003). Levels of Efficiency in UK Retail Bank: A DEA Window Analysis. International Journal of the Economics of Business, 10(3), pp 305-322.

36-Wu Dosh, Yang Z, Liang L. (2005) Using DEA-neural network approach to evaluate branch efficiency of a large Canadian Bank, Expert System with application, pp 1-8.

37-Zhang, G., & Hu, M.Y. (1998), Neural Network Forecasting of The British Pound/US Dollar Exchange Rate. Omega, The International journal of management science, 26, pp 495-506.

38-Zhang, G.P. (2003), Time series forecasting using a hybrid ARIMA and neural network model. Neurocomputing, 50, pp 159-175.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی