

Paper Type: Original Article



Compilation a Credit Forecasting Model for Legal Customers of Private Banks Using Meta-Heuristic Algorithms (Case Study: Pasargad Bank Branches in the North, West of Iran)

Mohammadreza Etebari¹, Naser Feghhi Farahmand^{1,*} , Soleyman Iranzadeh¹

¹ Department of Management, Faculty of Management, Economics and Accounting, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran.; etebari_mr@yahoo.com; farahmand@iaut.ac.ir; dr.iranzadeh@yahoo.com.

Citation:



Etebari, M., Feghhi Farahmand, N., & Iranzadeh, S. (2021). Compilation a credit forecasting model for legal customers of private banks using meta-heuristic algorithms (case study: pasargad bank branches in the north, west of iran). *Journal of decisions and operations research*, 8 (3), 330-349.

Received: 28/06/2020

Reviewed: 19/08/2020

Revised: 04/03/2021

Accept: 25/04/2021

Abstract

Purpose: Banks' inability to credit assessment and financial evaluation of customers and forecasting accurately the credit risk of borrowers has devastating effects on the global financial system and economic activity and have been the main causes of global financial crises in recent years. The purpose of this paper is to compile a credit forecasting model for legal customers of private banks by using meta-heuristic algorithms in the branches of Pasargad Bank in the northwest of Iran.

Methodology: This research is base on the purpose of developmental research and based on the method of performing descriptive work. The statistical population of this study is in two sections of banking experts and legal customers of Pasargad Bank in the northwest of the Iran. The statistical sample size for the first community of 58 banking experts including managers, credit officials and heads of branches in with credit work experience in private banks and for the second community, 427 legal clients were selected based on targeted sampling. In order to collect data in this research, a questionnaire and documents of Pasargad Bank have been used. The validity of the questionnaire was investigated as content validity and based on the indicators of content validity ratio and content validity index. The reliability of the questionnaire was assessed using Cronbach's alpha coefficient. In order to analyze the research data, t-test, confirmatory factor analysis, multilayer neural network, genetically trained neural network, trained neural network with particle swarm optimization and trained neural network with differential evolution will be used.

Findings: The research findings show that all four models are able to predict the credit predictions of the legal customers of private banks and the best way to predict the credit predictions of the legal customers of private banks is the neural network trained with differential evolution algorithm with the least amount of error compared to the other three methods.

Originality/Value: In this research by using meta-heuristic algorithms, a new credit forecasting model produce for legal customers of private banks with the least amount of error.

Keywords: Credit forecasting, Neural network algorithm, Genetic algorithm, Differential evolution algorithm, Particle swarm optimization algorithm.



Corresponding Author: farahmand@iaut.ac.ir

doi:10.22105/dmor.2021.247229.1220



Licensee. **Journal of Decisions and Operations Research**. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>).



تدوین مدل پیش‌بینی اعتباری مشتریان حقوقی بانک‌های خصوصی بایره‌گیری از الگوریتم‌های فراابتکاری (مطالعه موردی: شعبه‌های بانک پاسارگاد شمال غرب کشور)

محمد رضا اعتباری^۱، ناصر فقهی فرهنگند^{۱*}، سلیمان ایران زاده^۱
^۱ گروه مدیریت، دانشکده مدیریت، اقتصاد و حسابداری، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران.

چکیده

هدف: عدم توانایی بانک‌ها در اعتبارسنجی و ارزیابی مالی مشتریان و پیش‌بینی دقیق ریسک اعتباری تسهیلات گیرندگان، تأثیرات مخربی بر سیستم مالی جهانی و فعالیت‌های اقتصادی داشته و از اصلی‌ترین دلایل بحران‌های مالی جهانی در سال‌های اخیر بوده‌اند. هدف این تحقیق، تدوین مدل پیش‌بینی اعتباری مشتریان حقوقی بانک‌های خصوصی با بهره‌گیری از الگوریتم‌های فراابتکاری در شعبه‌های بانک پاسارگاد شمال غرب کشور بوده است.

روش‌شناسی پژوهش: این تحقیق براساس هدف پژوهش، توسعه‌ای و براساس روش انجام کار توصیفی می‌باشد. جامعه آماری این تحقیق را دو بخش خیرگان و مدیران بانکی استان آذربایجان شرقی و مشتریان حقوقی بانک پاسارگاد در شمال غرب کشور تشکیل می‌دهند. حجم نمونه آماری برای جامعه اول، ۵۸ خیره بانکی استان اعم از مدیران، مسئولین اعتباری و روسای شعب با سابقه کار اعتباری بانک‌های خصوصی تعیین شده و برای جامعه دوم، براساس نمونه‌گیری هدفمند ۴۲۷ مشتری حقوقی بانک پاسارگاد انتخاب شده است. به منظور جمع‌آوری داده‌ها از پرسشنامه و اسناد و مدارک بانک پاسارگاد بهره گرفته شده و روایی پرسشنامه به صورت روایی محتوا و براساس شاخص‌های نسبت روایی محتوا و شاخص روایی محتوا و پایایی پرسشنامه با استفاده از ضریب آلفای کرونباخ مورد بررسی و تأیید قرار گرفته است. به منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها از آزمون t، تحلیل عاملی تأییدی، شبکه عصبی مصنوعی چند لایه، شبکه عصبی آموزش دیده با الگوریتم ژنتیک، شبکه عصبی آموزش دیده با الگوریتم ازدحام ذرات و شبکه عصبی آموزش دیده با الگوریتم تکامل تفاضلی استفاده شده است. **یافته‌ها:** یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد که هر چهار مدل فوق‌قادر به پیش‌بینی اعتباری مشتریان حقوقی بانک‌های خصوصی هستند و بهترین روش برای پیش‌بینی اعتباری مشتریان حقوقی بانک‌های خصوصی، شبکه عصبی آموزش دیده با الگوریتم تکامل تفاضلی با کمترین مقدار خطا نسبت به سه روش دیگر است.

اصالت/ارزش افزوده علمی: در این مقاله با استفاده از الگوریتم‌های فراابتکاری، مدل جدید پیش‌بینی اعتباری برای مشتریان حقوقی بانک‌های خصوصی با کمترین مقدار خطا ارائه می‌شود.

کلیدواژه‌ها: پیش‌بینی اعتباری، الگوریتم شبکه عصبی، الگوریتم ژنتیک، الگوریتم تکامل تفاضلی، الگوریتم ازدحام ذرات.

۱- مقدمه

تداوم عملکرد بانک‌ها به‌عنوان جزء مهمی از نظام مالی هر کشور و توجه به آن‌ها برای کل سیستم مالی کشور و توسعه صحیح اقتصاد ملی امری ضروری است (جهانگیری^۱، ۲۰۱۹). در حال حاضر، بیشتر درآمد بانک‌های کشور، از تفاوت نرخ سپرده‌ها و تسهیلات حاصل می‌شود. بنابراین کیفیت تسهیلات اعطایی، تأثیر مستقیمی بر عملیات بانکی دارد که منجر به تحقیقات رایج در مورد ریسک اعتباری در نظریه و عمل می‌شود. مشکلات درون بانک‌ها، مانند کیفیت پایین وثایق تسهیلات و تعداد زیاد تسهیلات معوق، به تدریج با افزایش پیچیدگی محیط بازار مالی و توسعه مستمر ابزارهای مالی فرعی از بین می‌رود. ریسک اعتباری، توجه فزاینده‌ی بانک‌های تجاری را به خود

^۱ Jahangiri





جلب کرده است که این امر باید به درستی مدیریت شود. این کار هم برای تقویت مدیریت ریسک بانک‌های تجاری داخلی اهمیت کاربردی دارد و هم به ایجاد یک سیستم نظارتی شدید و امن کمک می‌کند و در نهایت منجر به سرآغاز مسیر رشد می‌شود. در همین حال، تجزیه و تحلیل ریسک اعتباری، الگویی برای اعطای انواع تسهیلات مختلف ارائه می‌کند و ضمن کاهش ریسک اعتبار بانک‌های تجاری، موجب رقابت مطلوب برای آن‌ها می‌شود که بتوانند تحت شرایط اعلامی توسط بانک مرکزی از الزامات متنوع برای اندوخته، توسعه‌ی بهتری داشته باشند. ارزیابی ریسک اعتباری، یک مشکل چالش‌برانگیز است که موجب مطالعات متعددی در چند دهه گذشته شده است. مدیریت خوب این ریسک، عاملی کلیدی برای افزایش سودآوری است. تسهیلات اغلب اصلی‌ترین نوع اعتبارات بانکی هستند (کوه و همکاران^۱، ۲۰۱۴). با توجه به نظریه (روزیکا^۲، ۲۰۱۳)، ریسک اعتباری با میزان بدهی‌های معوق اندازه‌گیری می‌شود. عدم توانایی طلبکاران، برای ارزیابی دقیق ریسک اعتباری وام‌گیرندگان بالقوه، به‌طور کلی، تأثیرات مخربی بر سیستم مالی جهانی و فعالیت‌های اقتصادی دارد. بنابراین اعتبارسنجی و پیش‌بینی مالی، دو مشکل عمده برای بازار مالی هستند. برخی مطالعات اخیر (چاپلینسکا^۳، ۲۰۱۲؛ میلریس^۴، ۲۰۱۲) نشان دادند که رشد بیش از حد اعتبارات و تسهیلات، کیفیت اعتباری ضعیف و مدیریت ریسک اعتباری نامناسب، اصلی‌ترین دلایل بحران‌های مالی جهانی در سال‌های اخیر بوده‌اند.

۲- بیان مسئله

حوزه فعالیت‌های بانکی به گونه‌ای است که ریسک‌های متنوعی را معطوف عملیات بانکی می‌سازد. بانک، اصلی‌ترین نهاد فعال در زمینه ارائه اعتبار است که خود باعث شده تا فعالیت بانک‌ها با ریسک اعتباری مواجه شود. به همین دلیل بانک‌ها به بحث مدیریت پویای ریسک و طراحی مدل‌های درونی مدیریت ریسک توجه ویژه‌ای داشته و ساختار و تشکیلاتی متنوعی را نیز جهت مدیریت بهینه ریسک در بانک‌ها تنظیم کرده‌اند. ریسک اعتباری یکی از اصلی‌ترین ریسک‌هایی است که بانک با آن روبه‌رو است. عدم مدیریت صحیح این ریسک و کنترل آن، بانک را دچار بحران و ورشکستگی می‌کند و از آنجایی که بانک یک نهاد تأثیرگذار در سیستم اقتصادی هر کشوری است، این بحران‌ها کل سیستم اقتصادی و اجتماعی را دچار مشکل می‌کنند (پیرس و همکاران^۵، ۲۰۱۵). ارزیابی ریسک اعتباری یکی از وظایف اصلی جامعه بانکی است (کریچن^۶، ۲۰۱۷). طبق نظر کمیته بال، ریسک اعتباری به‌عنوان پتانسیلی تعریف می‌شود که تسهیلات گیرنده از بانک یا طرف قرارداد نتواند تعهدات خود را طبق شرایط مورد توافق در موعد تعیین شده برآورده سازد (شفکلی^۷، ۲۰۰۷). ارزیابی ریسک اعتباری، یک مشکل چالش‌برانگیز است که موجب مطالعات متعددی در چند دهه گذشته شده است. در این زمینه، توسعه ابزارهای مناسب، مؤثر و کارآمد ارزیابی ریسک اعتباری، برای تمام مؤسسات مالی ضروری است (توماس و همکاران^۸، ۲۰۰۲).

رتبه‌بندی اعتباری، به‌عنوان ابزاری کلیدی برای ارزیابی ریسک اعتباری و اتخاذ تصمیمات مدیریتی شناخته شده است (توماس و همکاران، ۲۰۰۲). روش‌های امتیازدهی اعتباری به‌منظور ارزیابی عوامل عینی و ذهنی مورد استفاده قرار می‌گیرند. برای پیش‌بینی ریسک اعتباری، دسترسی به وضعیت و عملکرد شرکت ضروری است. این اطلاعات، عمدتاً توسط نسبت‌های مالی بدست آمده، اما داده‌های اضافی (مانند فعالیت، اندازه شرکت، سن و غیره) نیز باید در نظر گرفته شوند (آلفارو و همکاران^۹، ۲۰۰۸). نسبت‌های مالی، تکرارشونده‌ترین متغیرهایی هستند که برای ایجاد مدل‌های پیش‌بینی ریسک اعتباری تعیین شده‌اند. در ادبیات تحقیق، یک رابطه عملکردی بین نسبت‌های مالی و ریسک اعتباری و ورشکستگی شرکت، جهت اهداف پیش‌بینی برآورد شده است (فخرحسینی و آقایی میبدی^{۱۰}، ۲۰۲۰). روش‌های پیش‌بینی ریسک اعتباری مبتنی بر نسبت‌های مالی، عمدتاً توسط تحلیلگران سرمایه‌گذاری در برآورد سودآوری آینده شرکت و همچنین توسط محققان، برای پیش‌بینی ورشکستگی شرکت، ارزیابی خطرات بالقوه، کمک به امتیازدهی

¹ Kou et al.

² Ruziqa

³ Chaplinska

⁴ Mileris

⁵ Pires et al.

⁶ Krichene

⁷ Şafakli

⁸ Thomas et al.

⁹ Alfaro et al.

¹⁰ Fakhrhoseini and Aghaei Meybodi



اعتباری و غیره در مدل‌های توسعه داده شده، استفاده می‌شود (کماخم و بوجلبن^۱، ۲۰۱۸). به طور کلی بانک‌ها، مشتریان را با توجه به مشخصات آن‌ها طبقه‌بندی می‌کنند. هنگام طبقه‌بندی، زمینه مالی مشتریان و عوامل فردی مربوط به آن‌ها ارزیابی می‌شود (کریچن، ۲۰۱۷). روش‌های امتیازدهی و رتبه‌بندی اعتباری در دهه ۱۹۵۰، در سراسر جهان گسترش یافتند (آبراموویچ و همکاران^۲، ۲۰۰۳). از طریق این روش‌ها، جمع‌آوری اطلاعات از یک مشتری فرمول‌بندی می‌شود. علاوه بر این، سیستم امتیازدهی، پای‌های برای تصویب و اعطای وام تشکیل می‌دهد. این مدل‌ها شامل روش‌های آماری سنتی (برای مثال روش رگرسیون لجستیک) (استینکرز و گووآرتز^۳، ۱۹۸۹)، مدل‌های آماری غیر پارامتریک (به‌عنوان مثال روش نزدیک‌ترین همسایه^۴ k) (هند و هنلی^۵، ۱۹۹۷) و درختان تصمیم^۶ (داویس و همکاران^۷، ۱۹۹۲) و مدل شبکه‌های عصبی^۸ هستند (ماتوسی و کریچن^۹، ۲۰۱۰؛ دسای و همکاران^{۱۰}، ۱۹۹۶).

مدل‌های شبکه‌های عصبی، به‌عنوان ابزار چند کاربردی برای تجزیه و تحلیل داده‌ها در انواع محیط‌های پیچیده به کار گرفته شده‌اند. در زمینه‌های مالی، شبکه‌های عصبی به‌طور موفقیت‌آمیزی در ورشکستگی و پیش‌بینی عدم پرداخت وام و ارزیابی اعتبار استفاده شده‌اند (وو و وانگ^{۱۱}، ۲۰۰۰؛ آتیآ^{۱۲}، ۲۰۰۱؛ پانگ و همکاران^{۱۳}، ۲۰۰۲؛ اودوم و شاردآ^{۱۴}، ۱۹۹۰؛ وست^{۱۵}، ۲۰۰۰). شبکه‌های عصبی مصنوعی به‌عنوان یک الگوریتم فرا ابتکاری در زمینه مدل‌سازی و پیش‌بینی به‌عنوان شاخ‌های از هوش مصنوعی، مورد توجه بسیار قرار گرفته است که این محبوبیت را می‌توان به توانایی و قابلیت‌های برجسته شبکه‌های عصبی مصنوعی در زمینه مدل‌سازی و پیش‌بینی بویژه در مورد فرآیندهای پیچیده مربوط دانست (کاوایانی و فخرحسینی^{۱۶}، ۲۰۱۹). توانایی در کشف اثرات متقابل بین متغیرها (هورنیک و همکاران^{۱۷}، ۱۹۸۹)، صرفه‌جویی اقتصادی قابل توجه در به‌کارگیری، فراغت از مفروضات و قیود دست و پاگیر مدل‌های کلاسیک (ساکتومیا و تانوکی^{۱۸}، ۲۰۰۵) و توانایی کاهش تأثیر متغیرهای غیر موثر بر مدل از طریق تنظیم پارامترهای داخلی (چگینی و همکاران^{۱۹}، ۲۰۰۸) از جمله ویژگی‌هایی است که موجب شده است تا این الگوریتم هوش مصنوعی را بر دیگر روش‌های کلاسیک مدل‌سازی و پیش‌بینی از جمله رگرسیون برتری دهد. برخی از ضعف‌های شبکه‌های عصبی مصنوعی مانند گیرکردن شبکه در نقطه مینیمم محلی، پایین بودن سرعت همگرایی محاسبات که بر روایی و دقت مدل‌های پیش‌بینی تأثیرگذار است، باعث شده تا محققان به سایر روش‌های هوش مصنوعی نیز توجه نمایند. براساس نتایج مطالعات و تحقیقات انجام شده قبلی الگوریتم‌های فرا ابتکاری در شبکه عصبی مزیت فرار از نقاط مینیمم محلی و نیز عدم وابستگی به ساختار معین شبکه را دارند. بر همین اساس استفاده از آن‌ها می‌تواند جواب‌های مناسب‌تری را نسبت به شبکه عصبی مبتنی بر روش گرادینان مهیا نمایند. بنابراین تدوین مدل‌های مناسب پیش‌بینی اعتباری مشتریان بانکی می‌تواند در مرحله اول از هدر رفت منابع به جهت ارزیابی درست اعتبارگیرندگان جلوگیری کرده و رقابت‌پذیری بانک‌ها را افزایش دهد. در مرحله دوم می‌توان اثرات آن را در اقتصاد کلان مشاهده نموده و به رشد و توسعه مطلوب اقتصادی رسید. بر همین اساس نیز هدف این تحقیق تدوین مدل پیش‌بینی اعتباری مشتریان حقوقی بانک‌های خصوصی با بهره‌گیری از الگوریتم‌های فرا ابتکاری در شعبه‌های بانک پاسارگاد شمال غرب کشور است.

۱-۲- اهمیت و ضرورت پژوهش

در دنیای امروز با پیچیده‌تر شدن محیط فعالیت سازمان‌ها و تغییرات ساختارهای سازمانی در جهت سازگاری هر چه بیشتر با این تحولات و همچنین گسترش رقابت‌ها در سطوح جهانی، عملاً سازمان‌ها در معرض ریسک‌های مختلفی قرار گرفته‌اند. بانک‌ها و

¹ Khemakhem and Boujelbene

² Abramowicz et al.

³ Steenackers and Goovaerts

⁴ k-nearest neighbour

⁵ Hand and Henley

⁶ Classification Trees

⁷ Davis et al.

⁸ Neural Network

⁹ Matoussi and Krichène

¹⁰ Desai et al.

¹¹ Wu and Wang

¹² Atiya

¹³ Pang et al.

¹⁴ Odom and Sharda

¹⁵ West

¹⁶ Kaviani and Fakhrooseini

¹⁷ Hornik et al.

¹⁸ Sukthomya and Tannock

¹⁹ Chegini et al.



مؤسسات مالی و اعتباری نیز از این قاعده مستثنی نیستند؛ چون با توجه به جهانی شدن و ادغام بازارهای مالی و رشد چشمگیر دانش مالی، تنوع و پیچیدگی فعالیت‌های بانکی بیشتر شده است و در عین حالی که فرصت‌های جدیدی را برای بانک‌ها فراهم آورده است، این روند آن‌ها را در معرض ریسک‌ها و مخاطرات مختلفی همچون ریسک‌های مالی و اعتباری، ریسک‌های عملیاتی، ریسک‌های محیطی قرار داده است. علیرغم ابداعات و نوآوری‌های موجود در نظام بانکی، هنوز هم ریسک اعتباری به‌عنوان دلیل عمده عدم موفقیت بانک‌ها محسوب می‌شود که بنا به گفته کارشناسان علت آن این است که معمولاً ۸۰ درصد ترازنامه یک بانک تسهیلات اعطایی به مشتریان است (ون گرونینگ و براجویک براتانویچ^۱، ۲۰۰۹). بانک برای بقای خود و جلوگیری از ورشکستگی نیازمند یک سیستم مدیریت ریسک جامع است تا قادر باشد زیان ناشی از عملیات بانکی را پیش‌بینی و به موقع از آن جلوگیری کند. براساس اصول کمیته بال یکی از موارد مهم مدیریت ریسک در بانک، مدیریت ریسک اعتباری است که به دنبال مهار ریسک اعتباری موجود در سرمایه بانک است. همچنین ثبات دارایی بانک و حصول اطمینان از بازده مناسب یکی دیگر از اهداف مدیریت ریسک اعتباری می‌باشد. با مدیریت این ریسک، بانک قادر خواهد بود تا تعهدات خود را انجام دهد و برای سهامداران ارزش ایجاد کند. یکی از ابزارهای مدیریت ریسک اعتباری، سیستم رتبه‌بندی و امتیازدهی اعتباری است. لذا ضروریست تا یک سیستم رتبه‌بندی و امتیازدهی مناسب برای بانک به جهت جلوگیری از ریسک اعتباری و اثرات آن تدوین شود. از طرفی نیز بررسی تحقیقات قبلی انجام شده در حوزه ریسک اعتباری در ابعاد مختلف نظریه، کاربرد و روش‌های انجام تحقیقات نشان‌دهنده برخی از نقاط ضعف هستند که بررسی هر یک از این حوزه‌ها نشان‌دهنده اهمیت و ضرورت انجام این تحقیق است.

۲-۲- سوالات پژوهش

سوال اصلی و کلی این تحقیق عبارت است از:

- مناسب‌ترین مدل پیش‌بینی اعتباری مشتریان حقوقی بانک‌های خصوصی با بهره‌گیری از الگوریتم‌های فراابتکاری چگونه مدلی است؟
- سوالات ویژه این تحقیق به‌صورت زیر تدوین شده است:
- عوامل موثر بر پیش‌بینی اعتباری مشتریان حقوقی بانک پاسارگاد کدامند؟
- مدل پیش‌بینی اعتباری مشتریان حقوقی بانک پاسارگاد با استفاده از شبکه‌های عصبی چگونه مدلی است؟
- مدل پیش‌بینی اعتباری مشتریان حقوقی بانک پاسارگاد با استفاده از ترکیب شبکه‌های عصبی و الگوریتم‌های فراابتکاری چگونه مدلی است؟
- بهترین مدل پیش‌بینی اعتباری مشتریان حقوقی بانک پاسارگاد بر اساس کمترین مقدار خطا کدام مدل است؟

۲-۳- قلمرو زمانی، مکانی و موضوعی تحقیق

قلمرو مکانی این تحقیق شعبه‌های بانک پاسارگاد منطقه شمال غرب کشور است که در مجموع ۱۷ شعبه بانکی (۱۱ شعبه در استان آذربایجان شرقی، ۲ شعبه در استان آذربایجان غربی، ۲ شعبه در استان اردبیل، یک شعبه در استان زنجان و یک شعبه در استان کردستان) را شامل می‌شود. قلمرو زمانی جمع‌آوری داده‌های این تحقیق در فاصله زمانی بین ۱۳۹۷/۰۸/۳۰ تا ۱۳۹۸/۱۲/۳۰ است. قلمرو موضوعی این تحقیق شامل تشریح مفاهیم ریسک اعتباری، تشریح مفاهیم اعتبارسنجی و امتیازدهی اعتباری و تبیین کاربرد الگوریتم‌های فراابتکاری است.

۳- روش پژوهش

تحقیق حاضر از لحاظ هدف، توسعه‌های و از نظر روش انجام تحقیق، از نوع توصیفی - مدل‌سازی است. جهت‌گیری این تحقیق عمدتاً کمی و رویکرد آن استقرایی است. برای تدوین مدل پیش‌بینی اعتباری مشتریان در فاز کمی از تکنیک‌های مختلفی مانند شبکه عصبی مصنوعی و الگوریتم‌های فراابتکاری (الگوریتم ژنتیک، الگوریتم ازدحام ذرات و الگوریتم تکامل تفاضلی) استفاده شده است. در پژوهش حاضر برای دستیابی به هدف تحقیق و پاسخ به سوالات تحقیق، بعد از بررسی مبانی نظری و ادبیات اقدام به شناسایی عوامل و معیارهای موثر بر پیش‌بینی اعتباری مشتریان حقوقی بانک‌های خصوصی شده که در این مرحله در مجموع ۶۰ معیار مشخص و



شناسایی شد. در مرحله بعدی، با نظرسنجی از خبرگان بانکی هم از بانک پاسارگاد و هم از سایر بانک‌های خصوصی، با استفاده از آزمون میانگین یک جامعه، مهمترین عوامل و معیارهای موثر بر پیش‌بینی اعتباری مشتریان حقوقی بانک‌های خصوصی از بین ۶۰ معیار شناسایی شدند. در مرحله بعد تحلیل عاملی تأییدی، بر روی عوامل باقیمانده انجام گرفته است و بر اساس نتایج این تحلیل، مولفه‌های اصلی استخراج شده‌اند. در ادامه مولفه‌های استخراج شده به‌عنوان ورودی شبکه عصبی مصنوعی چندلایه پرسپترون (*MLP*)، در مدل تدوین شده شبکه عصبی وارد شده‌اند. خروجی شبکه نیز نشان‌دهنده نوع مشتریان بر اساس سابقه اعتباری (تسهیلات جاری، تسهیلات سررسید گذشته، تسهیلات معوق و تسهیلات مشکوک الوصول) بوده است. در نهایت با تنظیمات مختلف (تعداد نوروں‌ها و تعداد لایه‌ها) بر روی این شبکه، مناسب‌ترین حالت شبکه بر اساس کمترین مقدار خطا شناسایی شده است. در مرحله بعدی آموزش شبکه عصبی به الگوریتم-های فرابتکاری مانند ژنتیک، ازدحام ذرات و تکامل تفاضلی سپرده شده و بر اساس هر روش، تنظیمات مناسب براساس پارامترهای هر الگوریتم به شبکه داده شده است. انتهای کار با محاسبه خطای هر مدل و انتخاب بهترین مدل پیش‌بینی اعتباری مشتریان بانک‌های خصوصی همراه بود. فرآیند روش پژوهش و مراحل انجام آن را می‌توان به شرح زیر خلاصه نمود:

۱. بررسی مبانی نظری و ادبیات موضوعی تحقیق.
۲. شناسایی عوامل و معیارهای موثر (۶۰ معیار) در پیش‌بینی اعتباری مشتریان حقوقی بانک‌های خصوصی به شرح معیارهای تعیین شده در جدول ۲.
۳. نظرسنجی از خبرگان بانکی در مورد معیارهای مشخص شده در مرحله قبل با استفاده از پرسشنامه محقق ساخته. در این مرحله با استفاده از عوامل و معیارهای شناسایی شده از مبانی نظری و ادبیات موضوعی تحقیق، پرسشنامه‌ای با طیف پنج گزینه‌ای لیکرت توسط محققان تنظیم و پرسشنامه طراحی شده به‌منظور شناسایی مهمترین عوامل و معیارهای تأثیرگذار بر پیش‌بینی اعتباری مشتریان حقوقی بانک‌های خصوصی در اختیار ۵۸ نفر از خبرگان بانکی در بانک پاسارگاد و سایر بانک‌های خصوصی که براساس نمونه‌گیری هدفمند و گلوله برفی انتخاب شده بودند، قرار گرفت.
۴. تعیین مهمترین عوامل و معیارهای موثر بر پیش‌بینی اعتباری مشتریان حقوقی با استفاده از آزمون میانگین یک جامعه و حذف عوامل غیر موثر. در این مرحله به‌منظور بررسی اینکه آیا عوامل مستخرج از ادبیات تحقیق به‌عنوان عوامل و معیارهای موثر در پیش‌بینی و رتبه بندی اعتباری مشتریان حقوقی تلقی می‌گردند، از آزمون *t* استفاده شده است. برای این منظور در سطح اطمینان ۹۵ درصد اگر مقدار *t* بزرگ‌تر از $1/645$ محاسبه شود و فاصله اطمینان ۹۵ درصدی در دو حد بالا و پایین مثبت شود، می‌توان عنوان نمود که عامل شناسایی شده از ادبیات تحقیق، مورد تأیید بوده؛ در غیر این صورت آن عامل از مجموع عوامل حذف شده و در روش‌های بعدی از آن استفاده نخواهد شد. جدول ۱ خلاصه نتایج بررسی و تعیین عوامل و معیارهای موثر بر پیش‌بینی اعتباری مشتریان حقوقی بانک‌های خصوصی براساس سوالات پرسشنامه را نشان می‌دهد:
۵. انجام تحلیل عاملی تأییدی بر روی عوامل و معیارهای باقیمانده (۳۴ معیار) و تأیید مولفه‌های اصلی و دسته‌بندی معیارهای موثر در پیش‌بینی اعتباری مشتریان حقوقی زیر مولفه‌های اصلی براساس بار عاملی هر معیار. در این مرحله با استفاده از تحلیل عاملی تأییدی، هر یک از اجزاء مدل مورد بررسی قرار خواهد گرفت تا از مناسب بودن هر یک از مقوله-های اصلی نسبت به شاخص-های تعریف شده در جامعه مورد مطالعه اطمینان حاصل شود. به عبارتی با استفاده از تحلیل عاملی تأییدی، روایی هر یک از اجزاء مدل-های بدست آمده (شامل چهار مدل عوامل و معیارهای مالی شرکت، عوامل و معیارهای مربوط به ویژگی-های شرکت و مدیران آن، عوامل و معیارهای عملکرد بانکی شرکت و عوامل و معیارهای مربوط به تسهیلات) مورد بررسی قرار می‌گیرد تا از مناسب بودن هر یک از مقوله-های اصلی و شاخص-های فرعی به دست آمده از آزمون *t* در جامعه مورد مطالعه اطمینان حاصل شود.

جدول ۱- خلاصه نتایج بررسی و تعیین عوامل و معیارهای موثر بر پیش بینی اعتباری مشتریان حقوقی.

Table 1-Results of studying and fixing effective factors for legal customers credit forecasting.

رد شده از	تائید شده از	رد شده از آزمون	تائید شده از آزمون	تعداد عامل	عوامل و معیارهای اصلی
آزمون t	آزمون t	روایی محتوا	روایی محتوا	شناسایی شده	
6	10	4	16	20	معیارهای مالی شرکت
4	11	5	15	20	معیارهای ویژگی‌های شرکت و مدیران آن
2	7	1	9	10	معیارهای عملکرد بانکی شرکت و مدیران
1	6	3	7	10	معیارهای مربوط به تسهیلات
13	34	13	47	60	جمع

نتایج مربوط به تحلیل عاملی تائیدی در هر چهار مدل و محاسبه مقادیر کای اسکوتر و کای اسکوتر بهنجار شده نشان‌دهنده مناسب بودن مدل تائیدی از نظر این شاخص بوده است. همچنین با توجه به مقادیر t متناظر هر بار عاملی در هر چهار مدل که بزرگتر از $1/96$ محاسبه گردیده است، بنابراین در سطح اطمینان ۹۵ درصد می‌توان عنوان نمود که تمامی بارهای عاملی در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنی دار بوده و ارتباط بین مقوله‌های فرعی با مقوله‌های اصلی در هر چهار مدل تائید می‌گردد. جدول ۲ خلاصه نتایج تحلیل عاملی تائیدی مدل عوامل و معیارهای چهارگانه را نشان می‌دهد:

جدول ۲- خلاصه نتایج تحلیل عاملی تائیدی مدل عوامل و معیارهای چهارگانه.

Table 2- Results of confirmatory factor analysis for the four factors model.

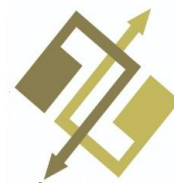
معنی داری	میانگین مقدار t متناظر	ریشه میانگین مربعات خطا	کای اسکوتر بهنجار شده	درجه آزادی	کای اسکوتر	تعداد سوال (تعداد معیار)	عوامل و معیارهای
معنی دار	10.55	0.057	2.389	35	83.64	10	مالی شرکت (نسبت‌های مالی)
معنی دار	11.23	0.056	2.331	44	102.58	11	ویژگی‌های شرکت و مدیران آن
معنی دار	8.14	0.000	0	0	0.00	7	عملکرد بانکی شرکت و مدیران
معنی دار	9.78	0.047	1.932	9	17.39	6	مربوط به تسهیلات

۶. تعیین مقادیر مولفه‌های اصلی از اسناد و پایگاه‌های داده‌ای بانک پاسارگاد از طریق پرسشنامه محقق ساخته دوم و همگون نمودن مولفه‌های اصلی از طریق اختصاص وزن و امتیاز یکسان به سوالات پرسشنامه.
۷. واردکردن مقادیر مولفه‌های استخراج شده از ۴۲۷ پرونده تسهیلات به‌عنوان ورودی شبکه عصبی مصنوعی چندلایه پرسپترون در مدل تدوین شده.
۸. واردکردن سابقه اعتباری مشتریان (تسهیلات جاری، تسهیلات سررسید گذشته، معوق و مشکوک الوصول) در مدل شبکه عصبی به‌عنوان خروجی شبکه عصبی.
۹. تعیین و شناسایی مناسب‌ترین حالت شبکه براساس کمترین مقدار خطا با استفاده از تنظیمات مختلف (تعداد نوروها و تعداد لایه‌ها) بر روی شبکه تدوین شده.
۱۰. سپردن آموزش شبکه به الگوریتم‌های فرا ابتکاری مانند الگوریتم ژنتیک، الگوریتم ازدحام ذرات و الگوریتم تکامل تفاضلی.
۱۱. تنظیمات مناسب شبکه عصبی تدوین شده براساس پارامترهای هر الگوریتم.
۱۲. محاسبه خطای پیش‌بینی هر مدل با استفاده از روش‌های میانگین مربعات خطا و ریشه میانگین مربعات خطا.
۱۳. انتخاب بهترین مدل پیش‌بینی اعتباری مشتریان حقوقی بانک‌های خصوصی براساس کمترین مقدار خطا.

۱-۳- جامعه آماری و روش نمونه‌گیری

جامعه آماری این پژوهش، شامل دو جامعه آماری به شرح زیر است:





۱. جامعه آماری اول که مربوط به مدیران، خبرگان و کارشناسان اعتبارات بانک‌های خصوصی به منظور شناسایی عوامل و معیارهای موثر در پیش‌بینی اعتباری مشتریان حقوقی بانک‌های خصوصی است. برای انتخاب حجم نمونه آماری از روش نمونه‌گیری هدفمند و گلوله-برفی استفاده شده است. در این راستا ۵۸ نفر خبره بانکی، شامل مدیران، کارشناسان و مسئولین اعتباری شعب مورد بررسی و روسای برخی از شعب که سابقه کار در بخش اعتبارات را داشته‌اند انتخاب شده است.
۲. جامعه آماری دوم شامل کلیه مشتریان حقوقی بانک پاسارگاد در شعبه‌های شمال غرب کشور (استان‌های آذربایجان شرقی، آذربایجان غربی، اردبیل، زنجان و کردستان مشتمل بر ۱۷ شعبه بانکی) هستند. در این خصوص آن دسته از مشتریان حقوقی مدنظر بوده‌اند که اولاً تسهیلات اعتباری از بانک دریافت کرده باشند و ثانیاً تا قبل از خرداد ماه ۱۳۹۷ به بانک پیوسته و حداقل یکسال از دریافت تسهیلات اعتباری توسط آن‌ها گذشته باشد. با توجه به ماهیت روش پژوهش و محدود بودن جامعه آماری دوم تحقیق، در این بخش هیچ‌گونه نمونه‌گیری انجام نشده و کل مشتریان حقوقی شامل ۴۲۷ مشتری حقوقی مورد پیمایش قرار گرفته و داده‌های مربوط به آن‌ها استخراج شده است.

۲-۳- روش و ابزار جمع‌آوری اطلاعات

به منظور جمع‌آوری ادبیات و مبانی نظری تحقیق و تحلیل محتوایی ادبیات برای شناسایی عوامل موثر بر پیش‌بینی اعتباری مشتریان حقوقی بانک‌های خصوصی از روش کتابخانه‌ای و از فیش تحقیق به‌عنوان ابزار گردآوری بخش نظری استفاده شده است. همچنین به منظور جمع‌آوری داده‌ها جهت پاسخ به سوالات تحقیق از روش کتابخانه‌ای و میدانی به‌صورت توأمان و همچنین پرسشنامه محقق ساخته، اسناد و مدارک و پایگاه داده‌ای بانک پاسارگاد به‌عنوان ابزار گردآوری داده‌ها استفاده شده است.

۳-۳- روایی و پایایی ابزار تحقیق

در بررسی روایی از دو روش کمی و کیفی استفاده شده است. تعیین روایی صوری کیفی در یک پانل ۱۰ نفره تخصصی با حضور متخصصین گروه مدیریت و بانکداری برای یافتن سطح دشواری، میزان عدم تناسب، ابهام عبارات و یا وجود نارسایی در معانی کلمات انجام گرفت که نظرات آنان به صورت تغییراتی جزئی در پرسشنامه اعمال شد. پس از جمع‌آوری نظرات متخصصین، تغییرات لازم در ابزار مورد توجه قرار گرفت، سپس برای ارزیابی کمی روایی محتوا و جهت اطمینان از این که مهمترین و صحیح‌ترین محتوا (ضرورت سوال) انتخاب شده است، نسبت روایی محتوا و برای اطمینان از اینکه سوالات ابزار به بهترین نحو جهت اندازه‌گیری محتوا طراحی شده، از شاخص روایی محتوا استفاده شد.

جهت تعیین روایی محتوایی پرسشنامه، به ۱۱ نفر از متخصصین در رشته‌های مدیریت با گرایش‌های مرتبط ارسال و از آنان درخواست شد که درخصوص هر یک از سوالات ابزار به‌صورت «ضروری است»، «ضروری نیست ولی مفید است» و «ضرورتی ندارد»، پاسخ دهند. پاسخ‌ها براساس فرمول (۱) مربوط به CVR محاسبه و با جدول *lawsh* انطباق داده شد.

$$CVR = \frac{Ne - \frac{N}{2}}{\frac{N}{2}} \quad (1)$$

N : تعداد کل متخصصین

Ne : تعداد متخصصینی که گزینه «ضروری است» را انتخاب کرده‌اند.

نتایج بدست آمده در جدول ۳ مشاهده می‌شود و عوامل و معیارهایی که مقدار CVR آن‌ها بالاتر از عدد ۰/۵۹ باشد، مورد قبول واقع شدند.

پس از تعیین و محاسبه CVR، نتایج نشان داد تعداد ۱۲ سوال از ۶۰ سوال پرسشنامه با توجه به کمتر بودن مقادیر از مقدار ۰/۵۹ از ادامه روند بررسی حذف می‌شوند. بررسی CVI بر اساس شاخص روایی محتوایی صورت گرفت. بدین منظور مجدداً پرسشنامه جهت محاسبه CVI به ۱۱ نفر از متخصصین ذکر شده، داده شد و از آنان خواسته شد که در مورد هر یک از سوالات، سه معیار زیر را بر اساس طیف لیکرتی



چهار قسمتی اظهارنظر نمایند: مربوط بودن، ساده بودن و واضح بودن (غیر مرتبط تا حدودی مرتبط، مرتبط و کاملاً مرتبط) بررسی نمایند. بدین منظور امتیاز CVI به وسیله مجموع امتیازات موافق برای هر آئتم که رتبه ۳ و ۴ بالاترین نمره را کسب کرده‌اند بر تعداد کل رأی‌دهندگان محاسبه شد. در این مطالعه با استفاده از فرمول CVI شاخص روایی محتوا محاسبه شد. پذیرش آئتم‌ها براساس نمره CVI بالاتر از ۰/۷۹ بوده است. با توجه به نتایج بدست آمده برای شاخص CVI از ۶۰ سوال پرسشنامه ۱۳ سوال حذف و الباقی (۴۷ سوال) مورد تایید قرار گرفته و وارد مراحل بعدی تجزیه و تحلیل می‌شوند. بعد از تایید روایی صوری و محتوایی سوالات پرسشنامه، به منظور بررسی پایایی پرسشنامه نیز از ضریب آلفای کرونباخ استفاده شد. برای این منظور پایایی پرسشنامه به تفکیک هر یک از ابعاد اصلی پرسشنامه با استفاده از فرمول (۲) محاسبه شده است.

جدول ۳- نتایج شاخص نسبت روایی محتوایی (CVR).

Table 3- Results of CVR index.

عوامل و معیارها	مقدار CVR	تائید/رد
نسبت جاری شرکت	1	تائید
نسبت آتی شرکت	1	تائید
نسبت بازده فروش شرکت	1	تائید
نسبت بازده کل دارایی‌های شرکت	1	تائید
نسبت مالکانه شرکت	0.9	تائید
نسبت بدهی شرکت	1	تائید
نسبت نقدینگی شرکت	0.3	رد
نسبت بازده حقوق صاحبان سهام	0.7	تائید
نسبت دارایی به سرمایه شرکت	1	تائید
نسبت تسهیلات به دارایی‌های شرکت	1	تائید
نسبت درآمد خالص به کل دارایی‌ها	1	تائید
نسبت هزینه‌های مالی به فروش خالص شرکت	0.3	رد
نسبت سود (زیان) عملیات شرکت	0.5	رد
نسبت دوره وصول مطالبات شرکت	0.7	تائید
نسبت دوره گردش موجودی کالای شرکت	0.6	تائید
نسبت دوره گردش سرمایه در گردش شرکت	1	تائید
نسبت دوره گردش عملیات شرکت	0.7	تائید
نسبت دوره گردش دارایی‌های ثابت شرکت	0.6	تائید
نسبت دوره گردش کل دارایی‌های شرکت	1	تائید
نسبت دوپونت شرکت	0.6	تائید
نوع شرکت	1	تائید
موضوع فعالیت شرکت	0.4	رد
میزان سرمایه ثبتي شرکت	1	تائید
سابقه فعالیت (سن) شرکت	0.9	تائید
دارا بودن تمام مجوزهای فعالیت رسمی و دائمی شرکت	1	تائید
مستند و کتبی بودن مدارک ارائه شده شرکت به بانک	0.2	رد
وضعیت مالکیت محل فعالیت شرکت	0.5	رد
قابلیت‌های مکان فعالیت شرکت	1	تائید
قابلیت‌ها و صلاحیت‌های فنی شرکت	0.9	تائید
داشتن صورت‌های مالی حسابرسی شده و تائید شده	1	تائید
داشتن اظهارنامه مالیاتی شرکت	1	تائید
داشتن اموال منقول و غیرمنقول بنام شرکت و مدیران آن	0.9	تائید

Table 3- (Continued).

تائید/رد	مقدار CVR	عوامل و معیارها
تائید	1	درجه کیفیت اموال منقول و غیرمنقول شرکت و مدیران آن
تائید	1	ثبات مدیریت شرکت
تائید	0.7	هماهنگی تحصیلات مدیران شرکت با موضوع فعالیت شرکت
تائید	1	هماهنگی تجربه کاری مرتبط مدیران شرکت با موضوع فعالیت شرکت
رد	0.2	سهم بازار شرکت و تنوع جغرافیای بازار مصرف محصولات شرکت
رد	0.4	برند و شهرت شرکت در بین سایر شرکتها
تائید	1	اهلیت، شهرت و جایگاه اجتماعی مدیران شرکت
تائید	1	نداشتن بدهی به تامین اجتماعی
تائید	1	سابقه چک برگشتی شرکت
تائید	0.6	سابقه چک برگشتی مدیرعامل شرکت
تائید	0.7	سابقه چک برگشتی اعضا هیئت مدیره شرکت
تائید	1	سابقه تعهدات بانکی معوق شرکت
تائید	0.6	سابقه تعهدات بانکی معوق مدیرعامل شرکت
تائید	0.9	سابقه تعهدات بانکی معوق اعضا هیئت مدیره شرکت
تائید	1	سابقه همکاری شرکت با بانک
تائید	0.8	گردش حساب بستانکاری سه ماهه حسابهای شرکت
تائید	0.9	معدل موجودی حساب سه ماهه شرکت
رد	0.3	مانده موجودی حسابهای شرکت در زمان اخذ تسهیلات
تائید	0.9	مبلغ تسهیلات دریافتی / درخواستی
تائید	1	مدت تسهیلات دریافتی
رد	0.2	نوع بازپرداخت تسهیلات
رد	0.5	نوع عقد یا قرارداد تسهیلات
تائید	0.8	نرخ سود تسهیلات
تائید	1	نوع و پوشش وثیقه تسهیلات
رد	0.3	مطابقت هدف تسهیلات با نوع درخواست و مصرف تسهیلات
تائید	1	اخذ گزارش اطلاعاتی یا کارشناسی معتبر از شرکت قبل از اعطای تسهیلات
تائید	1	نظارت بر مصرف تسهیلات بعد از اعطا
تائید	0.9	مرجع تصویب کننده مصوبه تسهیلات



$$r_{\alpha} = \frac{J}{J-1} \left(1 - \frac{\sum Sj^2}{S^2} \right) \quad (2)$$

J : تعداد زیرمجموعه سوال‌های پرسشنامه Sj^2 : واریانس زیرآزمون j ; S^2 : واریانس کل آزمون.

جدول ۴ نشان‌دهنده پایایی پرسشنامه به تفکیک هر یک از ابعاد اصلی است.

جدول ۴- مقدار ضریب آلفای کرونباخ به تفکیک هر یک از ابعاد اصلی.

Table 4- Cronbach's alpha coefficient quantity for each of main dimensions.

ضریب آلفای کرونباخ	ابعاد اصلی
0.932	عوامل و معیارهای مالی شرکت (نسبت‌های مالی)
0.899	عوامل و معیارهای مربوط به ویژگی‌های شرکت و مدیران آن
0.926	عوامل و معیارهای عملکرد بانکی شرکت
0.793	عوامل و معیارهای مربوط به تسهیلات

نتایج حاصل از پرسشنامه‌های تحقیق در این بخش مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرد. در اولین مرحله تجزیه و تحلیل داده‌های تحقیق، سوالات پرسشنامه‌های تکمیل شده (۵۸ پرسشنامه تکمیلی با ۶۰ سوال) که نشان‌دهنده عوامل و معیارهای شناسایی شده از ادبیات تحقیق به منظور پیش‌بینی و رتبه‌بندی اعتباری مشتریان حقوقی بانک‌های خصوصی می‌باشند، براساس آزمون میانگین یک جامعه (آزمون t) یک‌به‌یک مورد بررسی قرار گرفته‌اند. نتایج آزمون t نشان داد از ۴۷ سوالی که روایی آن‌ها در مراحل قبلی تأیید شده بود، در مجموع ۳۴ سوال توسط آزمون t مورد تأیید قرار گرفته و ۱۳ سوال رد شدند. نتایج این بخش در بند (۱-۴) به تفصیل برای هر معیار بیان شده است. در ادامه سوالات مورد تأیید واقع شده از آزمون t ، وارد مرحله تحلیل عاملی تأییدی شده و مدل‌های تحقیق براساس ابعاد و معرف‌های خود بررسی شده‌اند.

در ادامه توسط نرم‌افزار متلب و برنامه‌نویسی صورت گرفته و با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی چندلایه در جهت مدل‌سازی اولیه پیش‌بینی اعتباری مشتریان حقوقی بانک‌های خصوصی پرداخته شده و از ترکیب شبکه عصبی مصنوعی با الگوریتم ژنتیک، الگوریتم ازدحام ذرات و الگوریتم تکامل تفاضلی جهت مدل‌سازی مجدد پیش‌بینی اعتباری مشتریان و انتخاب بهترین مدل پیش‌بینی اعتباری مشتریان بانک پاسارگاد بهره گرفته شده است. همچنین از شاخص‌های میانگین مربعات خطا و ریشه میانگین مربعات خطا برای بررسی عملکرد هر یک از مدل‌ها و مقایسه آن‌ها استفاده خواهد شد. سیستمی که کمترین مقدار خطا را براساس این دو شاخص داشته باشد، به‌عنوان بهترین و مناسب‌ترین سیستم پیش‌بینی انتخاب خواهد شد که از آن برای پیش‌بینی استفاده خواهیم کرد. در نهایت بهترین روش با بالاترین مقدار ضریب تعیین (توان توضیح دهنده‌ی بالای داده‌های خروجی مدل برای داده‌های هدف) و کمترین مقدار خطای پیش‌بینی به‌عنوان بهترین مدل برای پیش‌بینی انتخاب می‌گردد. بندهای (۲-۴) تا (۶-۴) بترتیب ادامه مراحل تجزیه و تحلیل داده‌های تحقیق را به‌طور کامل بیان می‌دارند.

۴-۱- شناسایی عوامل و معیارهای موثر در پیش‌بینی و رتبه‌بندی اعتباری مشتریان حقوقی با استفاده از آزمون t

۴-۱-۱- نتایج آزمون t برای عوامل و معیارهای مالی شرکت

اطلاعات و خروجی این بخش به جدول ۵ جمع‌بندی شده و همان‌طور که مشاهده می‌گردد از مجموع ۱۶ معیار مالی شرکت که روایی آن‌ها در مراحل قبلی تأیید شده بود، ۱۰ مورد آن در سطح اطمینان ۹۵ درصد به دلیل مقدار t بزرگتر از ۱/۶۴۵ و مثبت شدن فاصله اطمینان ۹۵ درصدی در دو حد بالا و پایین، توسط آزمون t مورد تأیید قرار گرفته و ۶ مورد دیگر آن به دلیل مقدار t کمتر از ۱/۶۴۵ رد شدند. بنابراین در تحلیل عاملی تأییدی و شبکه عصبی تدوین‌شده فقط داده‌های این ۱۰ معیار مالی شرکت بکار گرفته خواهند شد.

۴-۱-۲- نتایج آزمون t برای عوامل و معیارهای مربوط به ویژگی‌های شرکت و مدیران آن

اطلاعات و خروجی این بخش به جدول ۶ جمع‌بندی شده و همان‌طور که مشاهده می‌گردد از مجموع ۱۵ معیار مربوط به ویژگی‌های شرکت و مدیران آن که روایی آن‌ها در مراحل قبلی تأیید شده بود، ۱۱ مورد آن در سطح اطمینان ۹۵ درصد به دلیل مقدار t بزرگتر از ۱/۶۴۵ و مثبت شدن فاصله اطمینان ۹۵ درصدی در دو حد بالا و پایین، توسط آزمون t مورد تأیید قرار گرفته و ۴ مورد دیگر آن به دلیل مقدار t کمتر از ۱/۶۴۵ رد شدند. بنابراین در تحلیل عاملی تأییدی و شبکه عصبی تدوین‌شده فقط داده‌های این ۱۱ معیار مربوط به ویژگی‌های شرکت و مدیران آن بکار گرفته خواهند شد.





جدول ۵- عوامل و معیارهای مالی شرکت (نسبت‌های مالی) مورد تایید از آزمون t.

Table 5- Confirmed financial ratios out of t-test.

تایید / رد	مقدار t	Sig	عوامل و معیارهای مالی شرکت (نسبت‌های مالی)
تایید	3.721	.000	نسبت جاری شرکت: (دارایی جاری / بدهی جاری)
تایید	3.022	.004	نسبت آتی شرکت: ((دارایی جاری - موجودی مواد و کالا) / بدهی جاری)
تایید	2.536	.014	نسبت بازده فروش (حاشیه سود) شرکت: (سود خالص / فروش خالص)
تایید	3.385	.001	نسبت بازده کل دارایی‌های شرکت: (سود خالص / جمع کل دارایی‌ها)
تایید	2.419	.019	نسبت مالکانه شرکت: (جمع حقوق صاحبان سهام / کل دارایی‌ها)
تایید	2.166	.034	نسبت بدهی شرکت: (کل بدهی‌ها / کل دارایی‌ها)
تایید	3.050	.003	نسبت بازده حقوق صاحبان سهام: (سود خالص / جمع حقوق صاحبان سهام)
رد	-2.767	.108	نسبت دارایی به سرمایه شرکت: (کل دارایی‌ها / جمع حقوق صاحبان سهام)
رد	-1.15	.255	نسبت تسهیلات به دارایی‌های شرکت: (تسهیلات دریافتی / جمع کل دارایی‌ها)
رد	-3.797	.154	نسبت درآمد خالص به کل دارایی‌ها: (درآمد خالص / کل دارایی‌ها)
تایید	3.118	.003	نسبت دوره وصول مطالبات شرکت: (متوسط مطالبات تجاری / فروش خالص)
تایید	7.113	.000	نسبت دوره گردش موجودی کالا شرکت: (فروش خالص / موجودی کالا)
رد	-2.244	.808	نسبت دوره گردش سرمایه در گردش شرکت: (فروش خالص / بدهی‌های جاری - دارایی‌های جاری))
تایید	3.442	.001	نسبت دوره گردش عملیات شرکت: (دوره وصول مطالبات + دوره گردش موجودی)
رد	-2.19	.082	نسبت دوره گردش کل دارایی‌های شرکت: (فروش خالص / کل دارایی‌ها)
رد	-1.085	.282	نسبت دوپونت شرکت: (حاشیه سود + گردش کل دارایی‌ها + ضریب حقوق صاحبان سهام)

جدول ۶- عوامل و معیارهای مربوط به ویژگی‌های شرکت و مدیران آن مورد تایید از آزمون t.

Table 6- Confirmed company and managers factors out of t-test.

تایید / رد	مقدار t	Sig	عوامل و معیارهای مربوط به ویژگی‌های شرکت و مدیران آن
تایید	2.764	.008	نوع شرکت (سهامی خاص، سهامی عام، با مسئولیت محدود، تضامنی، تعاونی، مختلط و ...)
تایید	4.085	.000	میزان سرمایه ثبتی شرکت
تایید	2.069	.043	سابقه فعالیت شرکت
تایید	2.307	.025	دارا بودن تمام مجوزهای فعالیت رسمی و دائمی شرکت
رد	-1.192	.238	قابلیت‌های مکان فعالیت شرکت
تایید	2.639	.011	قابلیت‌ها و صلاحیت‌های فنی شرکت (به لحاظ تکنولوژی، ماشین‌آلات، ویژگی محصول و ...)
تایید	3.232	.002	داشتن صورت‌های مالی حسابرسی شده و تایید شده
تایید	3.474	.001	داشتن اظهارنامه مالیاتی شرکت (نداشتن بدهی مالیاتی)
تایید	3.118	.003	داشتن اموال منقول و غیرمنقول بنام شرکت و مدیران آن
رد	-.655	.051	درجه کیفیت اموال منقول و غیرمنقول بنام شرکت و مدیران آن
رد	-1.315	.194	ثبات مدیریت شرکت
تایید	3.562	.001	هماهنگی تحصیلات مدیران شرکت با موضوع فعالیت شرکت
تایید	3.357	.001	هماهنگی تجربه کاری مرتبط مدیران شرکت با موضوع فعالیت شرکت
تایید	2.414	.019	اهلیت، شهرت و جایگاه اجتماعی مدیران شرکت
رد	-.574	.568	نداشتن بدهی به تامین اجتماعی

اطلاعات و خروجی این بخش به جدول ۷ جمع‌بندی شده و همان‌طور که مشاهده می‌گردد از مجموع ۹ معیار مربوط به عملکرد بانکی شرکت و مدیران آن که روایی آن‌ها در مراحل قبلی تأیید شده بود، ۷ مورد آن در سطح اطمینان ۹۵ درصد به دلیل مقدار t بزرگتر از ۱/۶۴۵ و مثبت شدن فاصله اطمینان ۹۵ درصدی در دو حد بالا و پایین، توسط آزمون t مورد تأیید قرار گرفته و ۲ مورد دیگر آن به دلیل مقدار t کمتر از ۱/۶۴۵ رد شدند. بنابراین در تحلیل عاملی تأییدی و شبکه عصبی تدوین شده فقط داده‌های این ۷ معیار مربوط به عملکرد بانکی شرکت و مدیران آن بکار گرفته خواهند شد.

جدول ۷- عوامل و معیارهای عملکرد بانکی شرکت مورد تأیید از آزمون t.

Table 7- Confirmed company banking performance factors out of t-test.

تائید / رد	مقدار t	Sig	عوامل و معیارهای مربوط به ویژگی‌های شرکت و مدیران آن
تائید	3.474	.001	سابقه چک برگشتی شرکت
تائید	3.118	.003	سابقه چک برگشتی مدیرعامل شرکت
تائید	2.754	.003	سابقه چک برگشتی اعضای هیئت مدیره شرکت
تائید	3.107	.025	سابقه تعهدات بانکی معوق شرکت
تائید	2.102	.038	سابقه تعهدات بانکی معوق مدیرعامل شرکت
تائید	2.639	.011	سابقه تعهدات بانکی معوق اعضای هیئت مدیره شرکت
رد	-.379	.706	سابقه همکاری شرکت با بانک
تائید	2.748	.008	گردش حساب بستنکاری سه ماهه حساب‌های شرکت
رد	-1.333	.188	معدل موجودی سه ماهه حساب‌های شرکت

۴-۱-۴- نتایج آزمون t برای عوامل و معیارهای مربوط به تسهیلات

اطلاعات و خروجی این بخش به جدول ۸ جمع‌بندی شده و همان‌طور که مشاهده می‌گردد از مجموع ۷ معیار مربوط به تسهیلات که روایی آن‌ها در مراحل قبلی تأیید شده بود، ۶ مورد آن در سطح اطمینان ۹۵ درصد به دلیل مقدار t بزرگتر از ۱/۶۴۵ و مثبت شدن فاصله اطمینان ۹۵ درصدی در دو حد بالا و پایین، توسط آزمون t مورد تأیید قرار گرفته و یک مورد دیگر آن به دلیل مقدار t کمتر از ۱/۶۴۵ رد شدند. بنابراین در تحلیل عاملی تأییدی و شبکه عصبی تدوین شده فقط داده‌های این ۶ معیار مربوط به تسهیلات بکار گرفته خواهند شد.

جدول ۸- عوامل و معیارهای مربوط به تسهیلات مورد تأیید از آزمون t.

Table 8- Confirmed loan factors out of t-test.

تائید / رد	مقدار t	Sig	عوامل و معیارهای مربوط به ویژگی‌های شرکت و مدیران آن
تائید	4.983	.000	مبلغ تسهیلات دریافتی / درخواستی به ریال
تائید	2.551	.013	مدت تسهیلات دریافتی به ماه
تائید	3.999	.000	نرخ سود تسهیلات دریافتی
تائید	4.020	.000	نوع و پوشش وثیقه تسهیلات
تائید	3.021	.000	اخذ گزارش اطلاعاتی یا کارشناسی معتبر از شرکت قبل از اعطای تسهیلات
تائید	3.569	.001	نظارت بر مصرف و اخذ گزارش اطلاعاتی یا کارشناسی معتبر از شرکت بعد از اعطای تسهیلات
رد	-.685	.496	مرجع تصویب‌کننده مصوبه تسهیلات

۴-۲- تدوین مدل پیش‌بینی اعتباری مشتریان حقوقی بانک‌های خصوصی با بهره‌گیری از شبکه عصبی مصنوعی

در این مرحله برای تدوین مدل پیش‌بینی اعتباری مشتریان حقوقی بانک‌های خصوصی، ابتدا مقادیر مولفه‌های اصلی (۳۴ سوال اصلی) از اسناد و پایگاه‌های داده‌ای بانک پاسارگاد تعیین و سپس مولفه‌های اصلی همگون گردیدند. در ادامه و با استفاده از برنامه‌نویسی در نرم‌افزار متلب، داده‌های مولفه‌های اصلی از ۲۷ پرونده تسهیلات به‌عنوان ورودی شبکه عصبی مصنوعی چندلایه پرسپترون در مدل تدوین شده وارد می‌گردد. همچنین در این مرحله سابقه و وضعیت اعتباری مشتریان حقوقی (تسهیلات جاری، تسهیلات سررسید





گذشته، تسهیلات معوق و تسهیلات مشکوک الوصول) در مدل شبکه عصبی به عنوان خروجی شبکه وارد می‌گردد. شبکه عصبی به عنوان یک مدل پایه برای پیش‌بینی اعتباری مشتریان حقوقی بانک‌های خصوصی در نظر گرفته شده که در آموزش شبکه عصبی به صورت سنتی از روش لوونبرگ-مارکووارت استفاده شده است. سپس به منظور تعیین و شناسایی مناسب‌ترین حالت شبکه تدوین شده براساس کمترین مقدار خطا، با استفاده از تنظیمات مختلف در تعداد نوروها و تعداد لایه‌های شبکه، تحلیل‌ها و تنظیم‌های متفاوتی بر روی شبکه تدوین شده اعمال می‌گردد. لذا ابتدا برای کم کردن خطا در شبکه عصبی به عنوان یک مدل پایه‌های، طبق روش‌های مرسوم تعداد نوروها و لایه‌های پنهان با استفاده از سعی و خطا بررسی می‌شود. داده‌های موجود به دو بخش داده‌های آموزش (۷۰ درصد) و تست (۳۰ درصد) شبکه عصبی تقسیم شده است. نتایج بدست آمده در این بخش و خروجی‌های نرم‌افزار متلب را می‌توان به شرح زیر خلاصه نمود:

۱-۲-۴- نتایج شبکه عصبی مصنوعی با تعداد نوروها و لایه‌های پنهان مختلف

برای رسیدن به نتایج بهتر ابتدا تعداد نوروهای لایه پنهان شبکه عصبی تدوین شده افزایش و خطای آن‌ها با استفاده از روش‌های MSE و $RMSE$ محاسبه می‌شود. نتایج خلاصه شده اجرای شبکه عصبی چندلایه با تعداد نوروهای مختلف در جدول ۹ نشان می‌دهد که کمترین خطا برای داده‌های تست در شبکه عصبی با ۴ نورو اتفاق افتاده و پس از آن خطای شبکه عصبی با افزایش تعداد نورو، افزایش یافته است. بنابراین بهترین ساختار شبکه عصبی بر اساس تعداد نوروها، شبکه‌های با چهار نورو در لایه پنهان انتخاب می‌شود.

جدول ۹ - خلاصه نتایج شبکه عصبی مصنوعی با تعداد نوروهای مختلف.

Table 9- Results of artificial neural network with various number of neurons.

تعداد نورو		مجموعه داده	مقدار خطا	
			MSE	RMSE
۱	آموزش	0.44215	0.19549	
	تست	0.41658	0.17354	
۲	آموزش	0.40794	0.16641	
	تست	0.39862	0.15890	
۳	آموزش	0.36135	0.13057	
	تست	0.34353	0.11802	
۴	آموزش	0.25839	0.06676	
	تست	0.23772	0.05651	
۵	آموزش	0.28362	0.08044	
	تست	0.25031	0.06265	
۶	آموزش	0.31006	0.09613	
	تست	0.28875	0.07770	
۷	آموزش	0.43836	0.19216	
	تست	0.41306	0.17062	
۸	آموزش	0.58012	0.33653	
	تست	0.59494	0.35392	



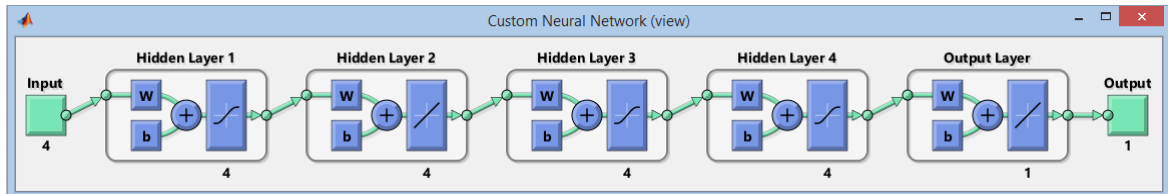
در ادامه تعداد لایه‌های پنهان نیز افزایش می‌یابد که خلاصه نتایج اجرای شبکه عصبی برای لایه‌های پنهان مختلف براساس چهار نورون در جدول ۱۰ نشان داده شده است. همان‌گونه که ملاحظه می‌گردد کمترین خطای شبکه‌های عصبی در دو لایه پنهان با میانگین مجذور خطای (MSE) در داده‌های آموزش ۰/۰۵۵۸۶ و در داده‌های تست ۰/۰۴۵۳۳ بدست آمده است. همچنین ریشه میانگین مجذور خطای (RMSE) پیش‌بینی اعتباری مشتریان حقوقی بانک‌های خصوصی برای داده‌های آموزش ۰/۲۳۶۳۵ و برای داده‌های تست ۰/۲۱۲۹۲ محاسبه شده است

به عبارتی بهترین شبکه عصبی مصنوعی چندلایه برای پیش‌بینی اعتباری مشتریان حقوقی بانک‌های خصوصی، شبکه‌های با دو لایه پنهان و چهار نورون در هر لایه طراحی و تدوین می‌گردد که می‌توان مدل آن را به شکل ۱ نشان داد.

جدول ۱۰- خلاصه نتایج شبکه عصبی مصنوعی با تعداد لایه پنهان مختلف.

Table 10- Results of artificial neural network with various number of hidden layer.

مقدار خطا		مجموعه داده	تعداد لایه پنهان
MSE	RMSE		
0.06676	0.25839	آموزش	۱
0.05651	0.23772	تست	
0.05586	0.23635	آموزش	۲
0.04533	0.21292	تست	
0.14118	0.37574	آموزش	۳
0.12382	0.35188	تست	
0.21001	0.45826	آموزش	۴
0.19027	0.43620	تست	



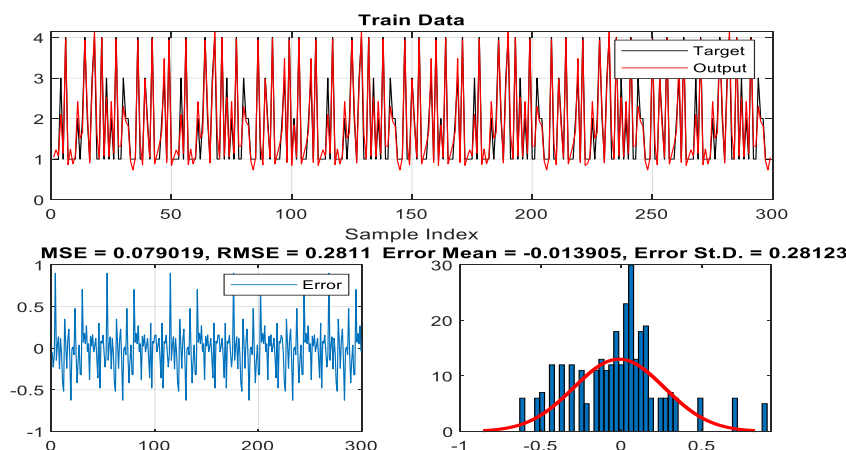
شکل ۱- بهترین شبکه عصبی برای پیش‌بینی اعتباری مشتریان حقوقی بانک‌های خصوصی با دو لایه پنهان و چهار نورون در هر لایه.
Figure 1- Best neural network to credit forecasting for legal customers of private banks.

۴-۳- نتایج داده‌های آموزش و تست برای ترکیب شبکه عصبی با الگوریتم ژنتیک

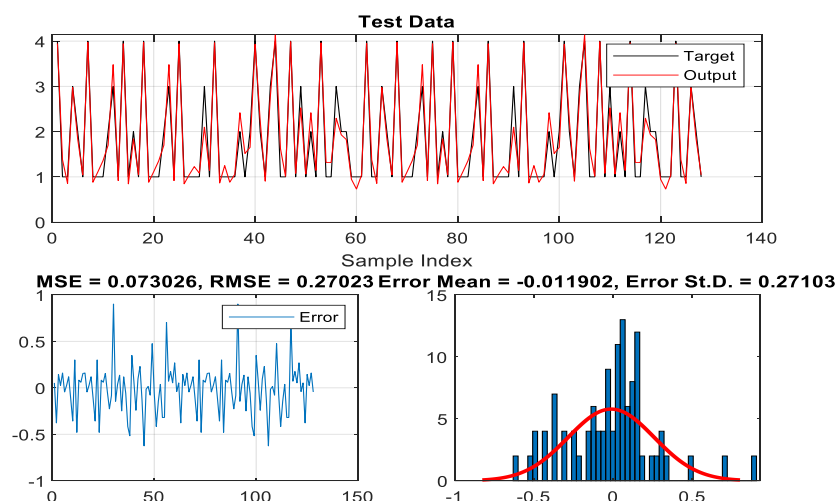
در این بخش شبکه عصبی انتخاب شده در قسمت قبل برای پیش‌بینی اعتباری مشتریان حقوقی بانک‌های خصوصی، بر اساس چهار متغیر ورودی و یک متغیر خروجی با دو لایه پنهان و چهار نورون در هر لایه، با الگوریتم ژنتیک ترکیب شده است. منظور از ترکیب با الگوریتم ژنتیک بدین معنی است که آموزش شبکه عصبی به جای الگوریتم لوونبرگ مارکووارت به الگوریتم ژنتیک سپرده شده است. بر اساس تقسیم‌بندی داده‌ها در قسمت قبل، در این قسمت نیز ۷۰ درصد داده‌ها به آموزش و ۳۰ درصد به تست شبکه عصبی تخصیص داده شده است. به منظور تدوین مدل پیش‌بینی اعتباری مشتریان حقوقی بانک‌های خصوصی بر اساس این ترکیب، ابتدا پارامترهای اولیه الگوریتم ژنتیک برای آموزش تعیین شد که بهترین عملکرد شبکه عصبی ترکیبی با الگوریتم ژنتیک، در اندازه جمعیت ۱۵۰ اتفاق می‌افتاد.



افتد. در ادامه برای کم کردن خطا با در نظر گرفتن اندازه جمعیت ۱۵۰، نرخ جهش و نرخ تقاطع نیز به‌عنوان پارامترهای الگوریتم ژنتیک تغییر می‌یابند. نتایج نشان می‌دهد که بهترین عملکرد شبکه عصبی ترکیبی با الگوریتم ژنتیک، در نرخ جهش ۰/۵ و نرخ تقاطع ۰/۵ اتفاق افتاده است. نتایج بر اساس این پارامترها برای پیش‌بینی اعتباری مشتریان حقوقی بانک‌های خصوصی نشان می‌دهد که میانگین مجذور خطای (MSE) داده‌های آموزش ۰/۰۷۹۰۱ و در داده‌های تست ۰/۰۷۳۰۲ بدست آمده است. همچنین ریشه میانگین مجذور خطای ($RMSE$) پیش‌بینی اعتباری مشتریان حقوقی بانک‌های خصوصی برای داده‌های آموزش ۰/۲۸۱۱۰ و برای داده‌های تست ۰/۲۷۰۲۳ محاسبه شده است. به‌طور کلی بهترین شبکه عصبی با الگوریتم ژنتیک برای پیش‌بینی اعتباری مشتریان حقوقی بانک‌های خصوصی، شبکه‌های با دو لایه پنهان، چهار نورون، اندازه جمعیت ۱۵۰ و نرخ جهش و نرخ تقاطع ۰/۵ می‌باشد. شکل‌های ۲ و ۳ نتایج بدست آمده از نرم‌افزار متلب برای داده‌های تست و آموزش شبکه عصبی مصنوعی ترکیبی با الگوریتم ژنتیک را در نرخ جهش و نرخ تقاطع ۰/۵ نشان می‌دهد.



شکل ۲- نتایج داده‌های آموزش برای شبکه عصبی با الگوریتم ژنتیک در نرخ جهش و تقاطع ۰/۵.
Figure 2-Results of train data for neural network with genetic algorithm.



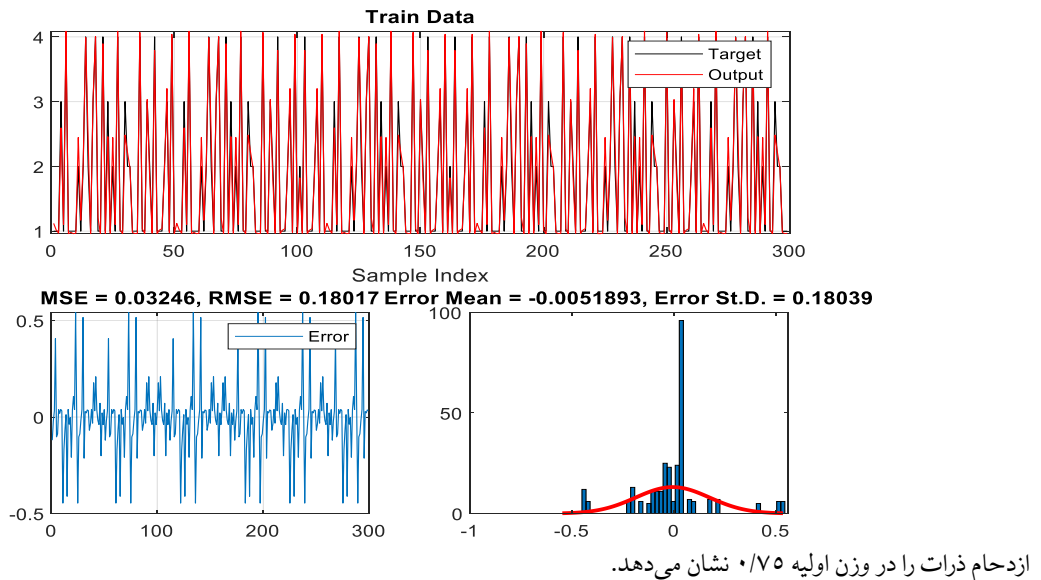
شکل ۳- نتایج داده‌های تست برای شبکه عصبی با الگوریتم ژنتیک در نرخ جهش و تقاطع ۰/۵.
Figure 3- Results of test data for neural network with genetic algorithm.

۴-۴- نتایج داده‌های آموزش و تست برای ترکیب شبکه عصبی با الگوریتم ازدحام ذرات

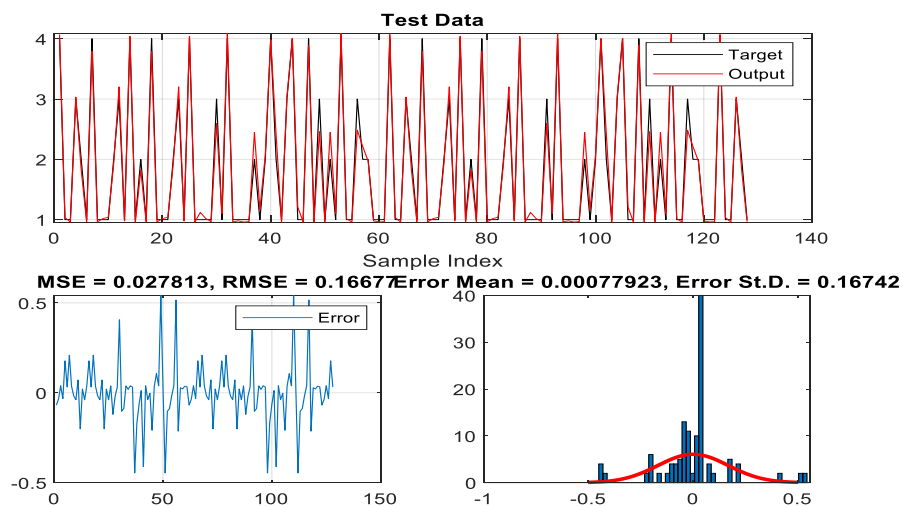
در این بخش شبکه عصبی انتخاب شده در قسمت قبل برای پیش‌بینی اعتباری مشتریان حقوقی بانک‌های خصوصی، بر اساس چهار متغیر ورودی و یک متغیر خروجی با دو لایه پنهان و چهار نورون در هر لایه، با الگوریتم ازدحام ذرات ترکیب شده است. منظور از ترکیب با الگوریتم ازدحام ذرات بدین معنی است که آموزش شبکه عصبی به جای الگوریتم لوونبرگ مارکووارت به الگوریتم ازدحام ذرات سپرده



شده است. بر اساس تقسیم‌بندی داده‌ها در قسمت قبل، در این قسمت نیز ۷۰ درصد داده‌ها به آموزش و ۳۰ درصد به تست شبکه عصبی تخصیص داده شده است. به منظور تدوین مدل پیش‌بینی اعتباری مشتریان حقوقی بانک‌های خصوصی بر اساس این ترکیب، ابتدا پارامترهای اولیه الگوریتم ازدحام ذرات (جمعیت اولیه، ضریب یادگیری شناختی، ضریب یادگیری اجتماعی و وزن اولیه) برای آموزش تعیین شد که بهترین عملکرد شبکه عصبی ترکیبی با الگوریتم ازدحام ذرات، در اندازه جمعیت ۱۵۰ اتفاق می‌افتد. در ادامه برای کم کردن خطا، ضریب یادگیری شناختی و اجتماعی و وزن اولیه نیز تغییر می‌یابد. نتایج نشان می‌دهد که بهترین عملکرد شبکه عصبی ترکیبی با الگوریتم ازدحام ذرات، در ضریب یادگیری شناختی و ضریب یادگیری اجتماعی یک و در وزن اولیه ۰/۷۵ اتفاق افتاده است. نتایج بر اساس این پارامترها برای پیش‌بینی اعتباری مشتریان حقوقی بانک‌های خصوصی نشان می‌دهد که میانگین مجذور خطای (MSE) داده‌های آموزش ۰/۰۳۲۴۶ و در داده‌های تست ۰/۰۲۷۸۱ بدست آمده است. همچنین ریشه میانگین مجذور خطای ($RMSE$) پیش‌بینی اعتباری مشتریان حقوقی بانک‌های خصوصی برای داده‌های آموزش ۰/۱۸۰۱۷ و برای داده‌های تست ۰/۱۶۶۷۷ محاسبه شده است. شکل‌های ۴ و ۵ نتایج بدست آمده از نرم‌افزار متلب برای داده‌های تست و آموزش شبکه عصبی مصنوعی ترکیبی با الگوریتم



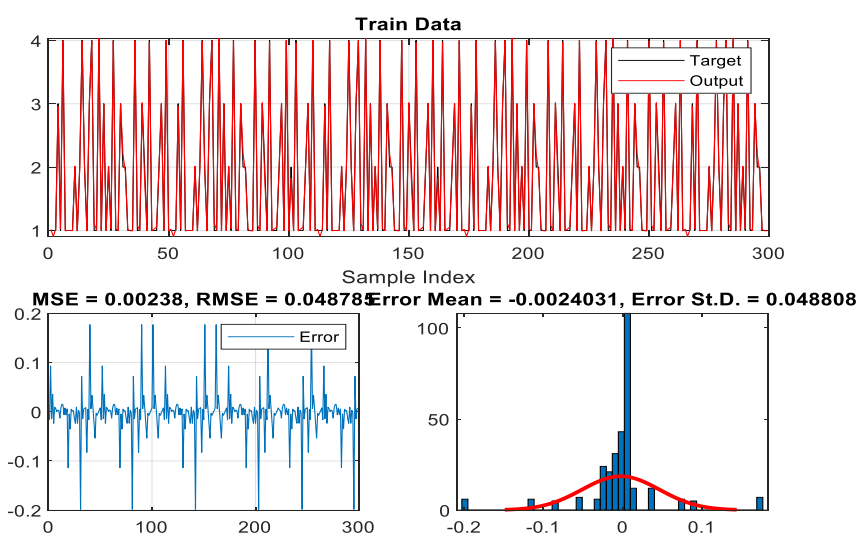
شکل ۴- نتایج داده‌های آموزش برای شبکه عصبی با الگوریتم ازدحام ذرات در وزن اولیه ۰/۷۵.
Figure 4- Results of train data for neural network with particle swarm optimization algorithm.



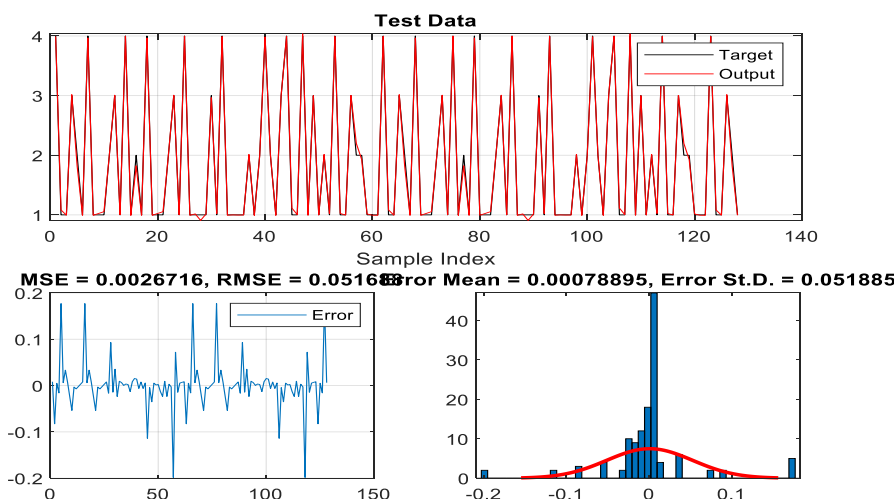
شکل ۵- نتایج داده‌های تست برای شبکه عصبی با الگوریتم ازدحام ذرات در وزن اولیه ۰/۷۵.
Figure 5- Results of test data for neural network with particle swarm optimization algorithm.



در این بخش نیز شبکه عصبی انتخاب شده برای پیش‌بینی اعتباری مشتریان حقوقی بانک‌های خصوصی، بر اساس چهار متغیر ورودی و یک متغیر خروجی با دو لایه پنهان و چهار نورون در هر لایه، با الگوریتم تکامل تفاضلی ترکیب شده است. به منظور تدوین مدل پیش‌بینی اعتباری مشتریان حقوقی بانک‌های خصوصی بر اساس این ترکیب، ابتدا پارامترهای اولیه الگوریتم تکامل تفاضلی (جمعیت اولیه، وزن جهش و تقاطع یا احتمال انجام بازترکیبی) برای آموزش تعیین شد که بهترین عملکرد شبکه عصبی ترکیبی با الگوریتم تکامل تفاضلی، در اندازه جمعیت ۵۰ اتفاق می‌افتد. در ادامه برای کم کردن خطا، وزن جهش و تقاطع نیز تغییر می‌یابد. نتایج نشان می‌دهد که بهترین عملکرد شبکه عصبی ترکیبی با الگوریتم تکامل تفاضلی، در وزن جهش ۱/۵ و ضریب تقاطع (احتمال بازترکیبی) ۰/۵ اتفاق افتاده است. نتایج براساس این پارامترها برای پیش‌بینی اعتباری مشتریان حقوقی بانک‌های خصوصی نشان می‌دهد که میانگین مجذور خطای (MSE) داده‌های آموزش ۰/۰۰۲۳۸ و در داده‌های تست ۰/۰۰۲۶۷ بدست آمده است. همچنین ریشه میانگین مجذور خطای ($RMSE$) پیش‌بینی اعتباری مشتریان حقوقی بانک‌های خصوصی برای داده‌های آموزش ۰/۰۰۴۸۷۸ و برای داده‌های تست ۰/۰۰۵۱۶۸ محاسبه شده است. شکل‌های ۶ و ۷ نتایج بدست آمده از نرم‌افزار متلب برای داده‌های تست و آموزش شبکه عصبی مصنوعی با الگوریتم تکامل تفاضلی را در ضریب تقاطع (احتمال بازترکیبی) ۰/۵ نشان می‌دهد.



شکل ۶- نتایج داده‌های آموزش برای شبکه عصبی با الگوریتم تکامل تفاضلی در ضریب تقاطع ۰/۵.
Figure 6- Results of train data for neural network with differential evolution algorithm.



شکل ۷- نتایج داده‌های تست برای شبکه عصبی با الگوریتم تکامل تفاضلی در ضریب تقاطع ۰/۵.
Figure 7- Results of test data for neural network with differential evolution algorithm.

بر اساس نتایج بدست آمده برای هر مدل، بهترین نتایج مربوط به هر یک از مدل‌های پیش‌بینی اعتباری مشتریان حقوقی بانک‌های خصوصی در روش‌های مختلف بر اساس کمترین مقدار خطا و با استفاده از فرمول‌های (۳) و (۴) به شرح زیر محاسبه می‌گردد:

$$MSE = \frac{\sum_{k=1}^n (u_{a,k} - u_{p,k})^2}{n} \quad (3)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^n (u_{a,k} - u_{p,k})^2}{n}} \quad (4)$$

در این فرمول‌ها $u_{p,k}$ مقدار پیش‌بینی شده از هر یک از مدل‌ها و $u_{a,k}$ داده واقعی خواهد بود و n تعداد مشاهدات خواهد بود. با توجه به اینکه شاخص‌های MSE به‌عنوان میانگین مربعات خطا و ریشه میانگین مربعات خطا محسوب می‌گردند، سیستمی که کمترین مقدار خطا را بر اساس این دو روش داشته باشد، به‌عنوان بهترین و مناسب‌ترین سیستم پیش‌بینی انتخاب خواهد شد. به عبارتی سیستم بالاترین مقدار ضریب تعیین و کمترین مقدار MSE و $RMSE$ برای پیش‌بینی انتخاب می‌گردد. جدول ۱۱ مقایسه نتایج مدل‌های مختل پیش‌بینی اعتباری مشتریان حقوقی بانک‌های خصوصی را نشان می‌دهد.

جدول ۱۱- مقایسه نتایج مدل‌های مختلف پیش‌بینی اعتباری مشتریان حقوقی بانک‌های خصوصی.

Table 11- Comparison the results of credit forecasting various models for legal customers of private banks.

مدل	پارامترها	MSE آموزش	MSE تست	RMSE آموزش	RMSE تست
شبکه عصبی مصنوعی پایه	تعداد نورون ۴ و تعداد لایه پنهان ۲	0.05586	0.04533	0.23635	0.21292
شبکه عصبی مصنوعی با الگوریتم ژنتیک	اندازه جمعیت ۱۵۰، نرخ جهش ۰/۵ و نرخ تقاطع ۰/۵	0.07901	0.07302	0.28110	0.27023
شبکه عصبی مصنوعی با الگوریتم ازدحام ذرات	اندازه جمعیت ۱۵۰، ضرایب یادگیری شناختی و اجتماعی ۱ و ۰/۱، وزن اولیه ۰/۷۵	0.03246	0.02781	0.18017	0.16677
شبکه عصبی مصنوعی با الگوریتم تکامل تفاضلی	اندازه جمعیت ۵۰، وزن جهش ۰/۱۵، ضریب تقاطع ۰/۵	0.00238	0.00267	0.04878	0.05168

نتایج جدول ۱۱ بر اساس مقدار خطای محاسبه شده برای هر مدل پیش‌بینی در تحقیق نشان می‌دهد که برای شبکه عصبی مصنوعی در حالت پایه، مقدار میانگین مجذورات خطا برای داده‌های تست ۰/۰۴۵۳۳ و مقدار ریشه میانگین مجذورات خطا برای داده‌های تست ۰/۲۱۲۹۲ بدست آمده است. برای شبکه عصبی مصنوعی آموزش‌دیده با الگوریتم ژنتیک، مقدار میانگین مجذورات خطا برای داده‌های تست ۰/۰۷۳۰۲ و مقدار ریشه میانگین مجذورات خطا برای داده‌های تست ۰/۰۲۷۸۱ و مقدار ریشه میانگین مجذورات خطا برای داده‌های تست ۰/۱۶۶۷۷ محاسبه گردیده است. برای شبکه عصبی مصنوعی آموزش‌دیده با الگوریتم تکامل تفاضلی، مقدار میانگین مجذورات خطا برای داده‌های تست ۰/۰۰۲۶۷ و مقدار ریشه میانگین مجذورات خطا برای داده‌های تست ۰/۰۵۱۶۸ محاسبه گردیده است. بر اساس نتایج بدست آمده برای خطای داده‌های تست، بهترین مدل پیش‌بینی اعتباری مشتریان حقوقی بانک‌های خصوصی، مدل شبکه عصبی آموزش‌دیده با الگوریتم تکامل تفاضلی بوده است که دارای کمترین مقدار خطا در پیش‌بینی اعتباری مشتریان حقوقی بانک‌های خصوصی بوده و به‌عنوان بهترین مدل پیش‌بینی اعتباری مشتریان حقوقی بانک‌های خصوصی محسوب می‌شود.





با توجه به اینکه نتایج تحقیق نشان داد شبکه عصبی آموزش دیده با الگوریتم تکامل تفاضلی به‌عنوان بهترین روش پیش‌بینی اعتباری مشتریان حقوقی بانک پاسارگاد محسوب می‌شود، بنابراین به مدیران این بانک پیشنهاد می‌شود تا در جهت پیش‌بینی اعتباری مشتریان حقوقی از این سیستم بهره گرفته و این سیستم را به‌عنوان یک سیستم پشتیبان تصمیم در جهت اعطای تسهیلات به مشتریان حقوقی بکار گرفته و این سیستم را در کنار سیستم موجود در بانک قرار داده و بر اساس نوع مشتریان، مقایسه‌ای بین پیش‌بینی این دو روش انجام دهند. همچنین با توجه به اینکه نتایج تحقیق نشان داد که مولفه‌های اصلی موثر بر پیش‌بینی اعتباری مشتریان حقوقی بانک پاسارگاد، معیارهای مالی شرکت (نسبت‌های مالی)، ویژگی‌های شرکت و مدیران آن، عملکرد بانکی شرکت و مدیران آن و ویژگی‌های تسهیلات هستند، لذا به مدیران بانک پاسارگاد پیشنهاد می‌شود تا در جهت پیش‌بینی اعتباری مشتریان حقوقی، سیستم امتیازدهی مناسبی برای مقوله‌های فرعی این مولفه‌های اصلی ایجاد نموده و اهمیت هر مقوله را نیز در تصمیمات اعتباری مدنظر قرار دهند.

به پژوهشگران آتی نیز پیشنهاد می‌شود برنامه‌ای در جهت انتخاب ترکیبات مختلف پارامترها در تحقیقات آتی داشته باشند و انتخاب پارامترهای مختلف شبکه‌های عصبی پایه و ترکیبی را بر اساس این برنامه دنبال کنند. همچنین پیشنهاد می‌شود تا علاوه بر سه الگوریتم فرا ابتکاری ژنتیک، ازدحام ذرات و تکامل تفاضلی، از سایر الگوریتم‌های فرا ابتکاری مانند کلونی مورچه‌ها در این زمینه نیز استفاده نموده و سعی کنند تا برخی از شاخص‌های اجتماعی و اقتصادی را نیز در پیش‌بینی اعتباری مشتریان حقوقی وارد سیستم پیش‌بینی اعتباری کنند. همچنین در طراحی سیستم اعتباری مشتریان، ابتدا به مقوله‌های فرعی وزن داده و بر اساس وزن داده شده به هر مقوله فرعی و اصلی، امتیازهای دارای وزن را وارد سیستم پیش‌بینی اعتباری کرده و سعی کنند تا شاخص‌ها را بر اساس وزن و اولویت مربوط به خود وارد سیستم کنند.

منابع

- Abramowicz, W., Nowak, M., & Szykiel, J. (2003). Bayesian networks as a decision support tool in credit scoring domain. In *Managing data mining technologies in organizations: Techniques and applications* (pp. 1-20). IGI Global.
- Alfaro, E., García, N., Gámez, M., & Elizondo, D. (2008). Bankruptcy forecasting: An empirical comparison of AdaBoost and neural networks. *Decision support systems*, 45(1), 110-122.
- Atiya, A. F. (2001). Bankruptcy prediction for credit risk using neural networks: A survey and new results. *IEEE transactions on neural networks*, 12(4), 929-935.
- Chaplinska, A. (2012). Evaluation of the borrower's creditworthiness as an important condition for enhancing the effectiveness of lending operations. *SHS web of conferences* (Vol. 2, p. 00009). EDP Sciences.
- Chegin, G. R., Khazaei, J., Ghobadian, B., & Goudarzi, A. M. (2008). Prediction of process and product parameters in an orange juice spray dryer using artificial neural networks. *Journal of food engineering*, 84(4), 534-543.
- Davis, R. H., Edelman, D. B., & Gammernan, A. J. (1992). Machine-learning algorithms for credit-card applications. *IMA journal of management mathematics*, 4(1), 43-51.
- Desai, V. S., Crook, J. N., & Overstreet Jr, G. A. (1996). A comparison of neural networks and linear scoring models in the credit union environment. *European journal of operational research*, 95(1), 24-37.
- Fakhrhoseini, S., & Aghaei Meybodi, O. (2020). Prediction and identification of companies with high bankruptcy probability in Tehran stock exchange (different analysis of models). *Decisions and operations research*, 4(2), 100-111. (In Persian). DOI: [10.22105/DMOR.2019.179504.1111](https://doi.org/10.22105/DMOR.2019.179504.1111)
- Hand, D. J., & Henley, W. E. (1997). Statistical classification methods in consumer credit scoring: a review. *Journal of the royal statistical society: series a (statistics in society)*, 160(3), 523-541.
- Hornik, K., Stinchcombe, M., & White, H. (1989). Multilayer feedforward networks are universal approximators. *Neural networks*, 2(5), 359-366.
- Jahangiri, A. (2019). Application of data envelopment analysis technique in iran banking system. *Decisions and operations research*, 4(3), 368-401. (In Persian). DOI: [10.22105/DMOR.2019.82229](https://doi.org/10.22105/DMOR.2019.82229)
- Kaviani, M., & Fakhrhoseini, S. (2019). Application of operations research techniques in financial research. *Decisions and operations research*, 3(2), 164-177. (In Persian). DOI: [10.22105/DMOR.2018.67216](https://doi.org/10.22105/DMOR.2018.67216)
- Khemakhem, S., & Boujelbene, Y. (2018). Predicting credit risk on the basis of financial and non-financial variables and data mining. *Review of accounting and finance*, 17(3), 316-340.
- Kou, G., Peng, Y., & Lu, C. (2014). MCDM approach to evaluating bank loan default models. *Technological and economic development of economy*, 20(2), 292-311.
- Krichene, A. (2017). Using a naive Bayesian classifier methodology for loan risk assessment. *Journal of economics, finance and administrative science*, 22(42), 3-24. <https://doi.org/10.1108/JEFAS-02-2017-0039>
- Matoussi, H., & Krichène Abdelmoula, A. (2010). Credit-risk evaluation of a tunisian commercial bank logistic regression vs neural network modelling. *Accounting & management information systems/contabilitate si informatica de gestiune*, 19(2). <https://doi.org/10.1108/ijaim.2011.36619baa.005>
- Mileris, R. (2012). Macroeconomic determinants of loan portfolio credit risk in banks. *Engineering economics*, 23(5), 496-504.



- Odom, M. D., & Sharda, R. (1990, June). A neural network model for bankruptcy prediction. *1990 IJCNN international joint conference on neural networks* (pp. 163-168). IEEE.
- Pang, S. L., Wang, Y. M., & Bai, Y. H. (2002). Credit scoring model based on neural network. *Proceedings of the international conference on machine learning and cybernetics* (Vol. 4, pp. 1742-1746). IEEE.
- Pires, P., Pereira, J. P., & Martins, L. F. (2015). The empirical determinants of credit default swap spreads: a quantile regression approach. *European financial management*, 21(3), 556-589.
- Ruziqa, A. (2013). The impact of credit and liquidity risk on bank financial performance: the case of Indonesian Conventional Bank with total asset above 10 trillion Rupiah. *International journal of economic policy in emerging economies*, 6(2), 93-106.
- Şafaklı, O. V. (2007). Credit risk assesment for the banking sector of northern cyprus. *Journal of Yaşar University*, 2(6), 615-630.
- Steenackers, A., & Goovaerts, M. (1989). A credit scoring model for personal loans. *Insurance: mathematics & economics*, 8(1), 31-34.
- Sukthomya, W., & Tannock, J. (2005). The optimisation of neural network parameters using Taguchi's design of experiments approach: an application in manufacturing process modelling. *Neural computing & applications*, 14(4), 337-344.
- Thomas, L., Crook, J., & Edelman, D. (2017). *Credit scoring and its applications*. Society for industrial and Applied Mathematics.
- Van Greuning, H., & Brajovic Bratanovic, S. (2009). *Analyzing banking risk a framework for assessing corporate governance and financial risk*. The World Bank.
- West, D. (2000). Neural network credit scoring models. *Computers & operations research*, 27(11-12), 1131-1152.
- Wu, C., & Wang, X. M. (2000). A neural network approach for analyzing small business lending decisions. *Review of quantitative finance and accounting*, 15(3), 259-276.