

# رتبه‌بندی اعتباری مشتریان حقیقی بانک با رویکرد ترکیبی

## رگرسیون لجستیک – سمبلیک<sup>۱</sup>

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۵/۲۷

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۱/۰۹

غلامرضا خجسته<sup>۲</sup>، سعید دائی کریم‌زاده<sup>۳</sup>، حسین شریفی رنانی<sup>۴</sup>

از صفحه ۱۱۷ تا ۱۴۸

### چکیده

**زمینه و هدف:** در بین انواع مختلف ریسک‌هایی که نظام بانکی با آن مواجه است، ریسک اعتباری از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است. عدم توجه به این ریسک، نظام بانکی را با خطر ورشکستگی و هدر رفت منابع مواجه می‌کند. از این رو توسعه مدل‌هایی در جهت تفکیک انواع مشتریان نظام بانکی چه در حوزه نظری و چه در حوزه عملی جایگاه ویژه‌ای داشته است. بنابراین ضرورت، پژوهش حاضر به پیش بینی ریسک اعتباری مشتریان حقیقی شعب بانک قوامین شهرستان شیراز، بر اساس مدل ترکیبی رگرسیون لجستیک و رگرسیون سمبلیک می‌پردازد.

**روش شناسی:** این پژوهش از نظر هدف کاربردی و از نظر شیوه جمع‌آوری داده‌ها، توصیفی پیمایشی است. جامعه آماری پژوهش را کلیه مشتریان حقیقی دریافت‌کننده تسهیلات از شعب بانک قوامین شهرستان شیراز تشکیل می‌دهد. حجم نمونه بر اساس فرمول کوکران ۳۸۴ پرونده تسهیلاتی تعیین و در نهایت به روش نمونه‌گیری تصادفی طبقه‌ای نسبی، ۳۵۱ پرونده در بازه ۱۳۹۶-۱۳۹۰ در اختیار پژوهشگر قرار گرفت. جهت انتخاب متغیرهای مستقل از معیار ۵C استفاده شده و با نظرسنجی از نخبگان حوزه مربوطه ۱۷ متغیر توضیح‌دهنده شامل متغیرهای مالی و غیر مالی برای طبقه‌بندی مشتریان به خوش حساب و بد حساب تعیین گردید. در نهایت از بین متغیرهای موجود با استفاده از تکنیک انتخاب رو به جلوی والد، ۵ متغیر اثرگذار بر ریسک اعتباری انتخاب و به منظور آموزش، از رگرسیون سمبلیک دارای ۴ ژن و همچنین برای انتخاب نقطه برش بهینه از منحنی مشخصه عملکرد استفاده گردید.

**یافته‌ها:** یافته‌ها نشان داد که از بین ۱۷ متغیر مستقل، متغیرهای متوسط درآمد ماهیانه، تعداد چک برگشتی، سابقه بدهی بانکی، طول عمر حساب و نوع وثیقه دارای بیشترین اثر معنادار بر متغیر وابسته می‌باشند. همچنین مشخص شد که دقت مدل ترکیبی رگرسیون لجستیک-سمبلیک در طبقه‌بندی مشتریان خوش حساب برابر ۰/۸۸ و در طبقه‌بندی مشتریان بد حساب برابر ۰/۸۳ بوده است.

**نتیجه‌گیری:** با توجه به یافته‌های پژوهش، در جامعه آماری پژوهش، نتایج حاصل از مدل ترکیبی رگرسیون لجستیک-سمبلیک در رتبه‌بندی اعتباری مشتریان حقیقی بهتر از روش رگرسیون لجستیک بوده و می‌تواند دقت پیش‌بینی مدل ترکیبی رگرسیون لجستیک-سمبلیک در این راستا را مناسب ارزیابی کرد.

**واژه‌های کلیدی:** ریسک اعتباری، رگرسیون لجستیک، رگرسیون سمبلیک، منحنی مشخصه عملکرد.

۱- این مقاله برگرفته از رساله دکتری مدیریت دولتی - مدیریت مالی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان است.

۲- دانشجوی دکتری مدیریت دولتی - مدیریت مالی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اصفهان (خوراسگان)، اصفهان، ایران. gh\_khojasteh@yahoo.com

۳- دانشیار، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اصفهان (خوراسگان)، اصفهان، ایران. (نویسنده مسئول). saeedkarimzade@yahoo.com

۴- دانشیار، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اصفهان (خوراسگان)، اصفهان، ایران. sharifi5r@yahoo.com

## مقدمه

صنعت بانکداری در کنار بورس و بیمه از مهمترین بخش‌های بازار مالی و همچنین اقتصاد به شمار می‌روند. شواهد زیادی مبنی بر اینکه بانک با عملکرد خوب باعث تسریع رشد اقتصادی شده، در حالی که آن‌ها با عملکرد ضعیف مانع پیشرفت اقتصادی و باعث فقر می‌شوند وجود دارد (ریچارد و همکاران<sup>۱</sup>، ۲۰۰۸، ص. ۳۲۴). مهمترین فعالیت بانک‌ها جمع‌آوری منابع مالی و تخصیص آن‌ها در قالب تسهیلات به بخش‌های مختلف اقتصادی است (صفری و همکاران، ۱۳۸۹، ص. ۱۳۸). در واقع، بخش بانکی هر کشور را می‌توان مهم‌ترین پل ارتباطی میان عرضه و تقاضای منابع پولی دانست، به طوری که هرگونه نقصان در ساختار این بخش و ناکارآمدی عملکرد آن، زمینه‌های بروز اختلال در سایر بخش‌ها را نیز فراهم می‌کند (لفکادیتس و همکاران<sup>۲</sup>، ۲۰۱۴، ص. ۷۲). اعطای تسهیلات، بانک را در معرض ریسک اعتباری قرار می‌دهد (تاران<sup>۳</sup>، ۲۰۱۶، ص. ۱). ریسک اعتباری<sup>۴</sup> قدیمی‌ترین و رایج‌ترین ریسک در بازار مالی در تاریخ بانکداری محسوب می‌شود. این نوع ریسک مهم‌ترین نوع ریسک در تراکنش‌های مالی، تجاری و بازرگانی است. در بیش‌تر موارد، ریسک اعتباری را به عنوان ریسک و خطر زیان ناشی از نکول در بازپرداخت وام‌ها از سوی وام‌گیرندگان تعریف کرده‌اند. این امر زمانی موضوعیت پیدا می‌کند که طرف دیگر قرارداد بر اساس مفاد و شرایط قرارداد رفتار نمی‌کند و موجب وارد آمدن زیان مالی به مالک دارایی‌ها می‌گردد (اسپوچاکوا و کاگ<sup>۵</sup>، ۲۰۱۵، ص. ۲). بانک‌ها و مؤسسات مالی به طور خاصی در برابر ریسک اعتباری آسیب‌پذیر هستند. تقریباً تمامی بانک‌های جهان با مشکل بدهی‌های بد<sup>۶</sup> دست و پنجه نرم می‌کنند. در نتیجه، باید پیوسته مدل‌ها و اقدامات خود در راستای مدیریت حوزه ریسک اعتباری را بهتر نموده و روش‌های جدیدتر و مؤثرتری را برای پیشگیری از آن بیابند (کلیستیک و کاگ<sup>۷</sup>، ۲۰۱۴، ص. ۲). با توجه به این که در سال‌های اخیر پرداخت تسهیلات در بانک‌های کشور شتابی بیشتر گرفته است، بدون شک رشد مطالبات معوق

۱- Richard et al

۲- Lefcaditis et al

۳- Turan

۴- Credit Risk

۵- Spuchakova and Cug

۶- bad debts

۷- Kliestik and Cug

و وجود ریسک اعتباری با تنوع پیچیده‌ای از عوامل اثر گذار، اجتناب ناپذیر خواهد بود. بنابراین استفاده از روش‌های آماری و اقتصادسنجی جهت تعیین عوامل موثر بر ریسک اعتباری در بانک‌های کشور با هدف کنترل رشد این نوع مطالبات و محدود کردن ریسک اعتباری از ضروریات نظام بانکی کشور است. در تحقیقات بسیاری نظیر تحقیق میرزایی و همکاران (۱۳۹۰) و بیک زاده و همکاران (۱۳۹۳) متغیرهای کلیدی مؤثر در ریسک اعتباری مشتریان حقوقی بانکی بر مبنای مدل C ۵ که شامل متغیرهای کیفی و مالی (شخصیت، ظرفیت، سرمایه، وثیقه، شرایط کلی شرایط و ضوابط اعطای تسهیلات) است،<sup>۱</sup> شناسایی و بررسی شده، حال با توجه به اینکه بخشی از متقاضیان تسهیلات، افراد حقیقی هستند شناسایی عوامل موثر یا متغیرهای کلیدی بر ریسک اعتباری مشتریان حقیقی به ویژه با توجه به تحولات اجتماعی و اقتصادی جامعه جهت جلوگیری از هدر رفت منابع و نیز تخصیص بهینه آن ضرورت می‌یابد. به لحاظ نظری، روش‌های آماری که برای مدل سازی روابط بین متغیرها به کار می‌روند دارای تعدادی پیش فرض و محدودیت هستند. این پیش فرض‌ها شامل نرمال بودن توزیع داده‌ها، عدم هم خطی، یکسان بودن واریانس خطاها و موارد دیگری است و در صورت فقدان این شرایط به کارگیری این مدل‌ها امکان پذیر نبوده و یا با خطای قابل توجهی همراه است. از این رو به روش‌های ریاضی یا روش‌های ترکیبی با محدودیت‌ها و فروض کمتر، نیاز می‌باشد و یکی از این روش‌ها، رگرسیون سمبلیک یا برنامه ریزی ژنتیک می‌باشد. به لحاظ تجربی باید به این مورد توجه نمود که بیشتر پژوهش‌های انجام شده در زمینه شناسایی عوامل موثر بر ریسک اعتباری، به مشتریان حقوقی پرداخته و کمتر به مشتریان حقیقی توجه نموده‌اند. به عنوان مثال قاسمی و دنیایی (۱۳۹۵) در تحقیق خود از متغیرهایی چون تعداد چک برگشتی مشتری، سابقه بدهی بانکی، طول عمر حساب مشتری در کنار شاخص‌های مالی و شاخص ۶C جهت بررسی عوامل موثر بر ریسک اعتباری مشتریان حقوقی با استفاده از مدل شبکه عصبی پرداختند. همچنین بهارلو و همکاران (۱۳۹۴) عوامل موثر بر ریسک اعتباری مشتریان حقیقی را در ۱۴ رده مختلف شامل: خوش حسابی، سابقه بدهی بانکی، جنسیت، سطح تحصیلات، سن، متوسط درآمد ماهیانه، وضعیت تاهل، شغل، وضعیت ملکیت منزل، شغل همسر، مبلغ

۱- °C (Character, Capacity, Capital, Collateral, Conditions)

تسهیلات مورد درخواست، نرخ بهره، ارزش وثیقه و تعداد اقساط، در نظر گرفتند. با توجه به اینکه بخش مهمی از منابع بانک‌ها به افراد حقیقی در قالب وام و تسهیلات پرداخت می‌شود، محقق معتقد است جهت تخصیص بهینه منابع مذکور با توجه به پیچیدگی ماهیت کسب و کار و نوسان‌های شدید اقتصادی و حتی عوامل سیاسی و اجتماعی حاکم بر محیط خدمات بانکداری، انجام پژوهش‌هایی از این دست می‌تواند بر شناسایی عوامل اثرگذار بر ریسک اعتباری مشتریان حقیقی بانک‌ها موثر باشد. در پژوهش حاضر، محقق با بررسی پیشینه تحقیق و نیز بررسی‌های میدانی، ابتدا به دنبال شناسایی عوامل موثر بر ریسک اعتباری مشتریان حقیقی در بانک منتخب (بانک قوامین) می‌باشد و سپس با استفاده از مدل ترکیبی رگرسیون لجستیک-سمبلیک، رتبه بندی مشتریان حقیقی این بانک را در دستور کار قرار خواهد داد. لذا با تلفیق مدل رگرسیون لجستیک به عنوان یک روش آماری و رگرسیون سمبلیک به عنوان یک روش ریاضی، ضمن در نظر گرفتن فروض آماری، سعی دارد تا احتمال رسیدن به پاسخ‌های صحیح را افزایش و از ترکیب قدرت پیش بینی دو مدل به روش رتبه بندی نیرومندتری برای مشتریان حقیقی این بانک در حوزه مدیریت ریسک اعتباری دست یابد. بنابراین در این پژوهش به این سوال که دقت رویکرد ترکیبی رگرسیون لجستیک-سمبلیک در رتبه بندی اعتباری مشتریان حقیقی چگونه است پاسخ داده می‌شود.

**بیان مسئله:** نظام بانکی در ایران همچون سایر کشورها نقش بسیار مهمی در اقتصاد ایفا می‌نماید (دارابی و مشایخی، ۱۳۹۵، ص. ۱۰۳). زیرا علاوه بر آنکه بانک‌ها واسطه وجوه در بازار پول هستند، به سبب عدم توسعه کافی بازار سرمایه، نقش اساسی در تأمین مالی و برنامه‌های میان مدت اقتصادی دارند (میرزائی و همکاران، ۱۳۹۰، ص. ۶۸). به طور کلی در اقتصادهایی نظیر اقتصاد ایران که سیستم مالی آن‌ها مبتنی بر بانک است، بانک‌ها سهم عمده‌ای در تجهیز و تخصیص منابع مالی از طریق سپرده‌پذیری و اعطای تسهیلات دارند (علم الهدی، ۱۳۹۷، ص. ۲). مسئله مهم این است که اگر در بانک‌ها در تخصیص بهینه منابع قصور ورزند با ریسک اعتباری روبرو خواهند شد و این مهم ضرورت وجود مدل‌های رتبه بندی اعتباری مشتریان جهت تخصیص بهینه منابع را آشکار می‌کند، با این حال بالا بودن ذخایر بانک‌ها و تسهیلات اعطایی سوخت شده و یا معوق بانک‌ها، گویای نبود مدل‌های مناسب اندازه گیری ریسک اعتباری و

سیستم‌های مدیریت ریسک در شبکه بانکی می باشد (تهرانی و شمس، ۱۳۸۴، ص. ۴۵). امروز بسیاری از بانک‌های کشور نوعی ریسک اعتباری را تجربه می کنند که از پیامدهای آن می توان افزایش مطالبات معوق بانک‌ها و مشکل عدم بازپرداخت وام‌های بانک مرکزی را برشمرد (اختیاری، ۱۳۹۱، ص. ۱۶۱). بدین ترتیب شناسایی عوامل موثر و متغیرهای دخیل بر ریسک اعتباری بسیار حائز اهمیت است. مطالبات غیر جاری<sup>۱</sup> نظام بانکی کشور یکی از معضلاتی است که گریبان گیر این نظام بانکی کشور شده و تلاش‌های بسیاری برای کاهش این مطالبات توسط دولت، بانک مرکزی و نظام بانکی کشور انجام گردیده است. حجم مطالبات غیر جاری از ۵۰/۴ هزار میلیارد تومان در شهریور سال ۱۳۹۰ به ۱۱۸/۵ هزار میلیارد تومان در شهریور ۱۳۹۶ افزایش یافته که به معنی ۲/۴ برابر شدن آن است. حجم مطالبات غیر جاری در شهریور ۱۳۹۶ در مقایسه با شهریور ۱۳۹۵ با رشد ۲۰/۱ درصدی همراه بوده است (محرابی، ۱۳۹۳، ص. ۵). بانک قوامین نیز همچون سایر بانک‌ها با مطالبات معوق روبرو است و عدم توجه به آن نتیجه ای جز هدر رفت منابع و زیان‌های مرتبط با آن نتیجه ای نخواهد داشت. در نتیجه مقوله ریسک اعتباری و شناسایی عوامل مؤثر بر آن در بانک مورد مطالعه بویژه در باب مشتریان حقیقی لازم می نماید.

**مبانی نظری: مفهوم ریسک؛** سابقه ریسک در بانکداری به اندازه فعالیت بانکداری قدمت دارد و برخلاف ایجاد تنوع در خدمات بانکداری، ریسک‌ها افزایش داشته‌اند. تعاریف متعددی از ریسک در منابع مختلف علمی را می‌توان یافت که البته هر کدام از این تعاریف بسته به بعد یا زاویه دید خود، تعریف متفاوتی از ریسک را ارائه کرده‌اند. واژه ریسک به احتمال ضرر، درجه و میزان احتمال ضرر اشاره دارد. در این راستا ریسک احتمال خطر و هم احتمال سود و هم احتمال زیان را دربر می‌گیرد. درحالی‌که ریسک خالص فقط احتمال زیان را دربر می‌گیرد و شامل احتمال سود نمی‌شود. مدیریت ریسک فرآیندی است که هدف آن کاهش امکان آثار زیان آور یک فعالیت از طریق اقدام آگاهانه برای پیش‌بینی حوادث ناخواسته و برنامه‌ریزی برای اجتناب از آن‌ها می‌باشد. به هر حال ریسک به عنوان یک تهدید، فعالیت بانک‌ها را تحت تأثیر قرار داده است (احمدی و همکاران، ۱۳۹۵، ص. ۱۳۳). مهمترین ریسک‌هایی که سیستم بانکداری

۱- Non-performing Loans (NPL)

با آن مواجه است، عبارتند از: ریسک اعتباری، ریسک نقدینگی، ریسک بازار، ریسک عملیاتی و ریسک قانونی (علم الهدی، ۱۳۹۷، ص. ۷۲). در این میان ریسک اعتباری به دلیل ناشی شدن از مهم‌ترین عملیات بانکی یعنی اعطای وام و تسهیلات از اهمیت دو چندان برخوردار است لذا ریسک اعتباری یکی از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر سلامت سیستم بانکی است (احمدی و همکاران، ۱۳۹۵، ص. ۱۳۴). با توجه به موضوع پژوهش در عنوان بعد به ریسک اعتباری می‌پردازیم.

**ریسک اعتباری:** اهمیت مطالبات معوق و سررسید شده بانک‌ها به اندازه ای است که اخیراً مطالعات زیادی توسط مؤسسات بین المللی از جمله صندوق بین المللی پول<sup>۱</sup> صورت گرفته که محور آن تعیین روش‌ها و شیوه ای است که توسط آن مطالبات معوق نظام بانکی در هر کشور به نحوی در حساب‌های ملی آن کشور منعکس شود. بر این اساس، مطالبات معوق می‌تواند بر تمام بخش‌های اقتصادی کشور تأثیر بگذارد، لیکن جدی‌ترین تأثیرات آن بر مؤسسات مالی، بانک‌های تجاری و مؤسسات رهنی که دارای پرتفوی وسیعی از وام‌ها هستند خواهد بود، که به طور غیر مستقیم بر مشتریان این مؤسسات که واسط وجوه سپرده‌گذاران و صاحبان سهام می‌باشند مؤثر واقع خواهد شد (اسماعیلی، ۱۳۹۷، ص. ۱۶۹). ریسک اعتباری را به زبان ساده، احتمال قصور وام‌گیرنده یا طرف مقابل بانک نسبت به انجام تعهداتش، طبق شرایط توافق شده، تعریف می‌کنند. در رابطه با ریسک‌های مطرح شده، افزایش مطالبات بانک‌ها در حوزه ریسک‌های اعتباری بانک‌ها دسته‌بندی می‌شود (حکیمی پور، ۱۳۹۷، ص. ۱۰۲). مهم‌ترین دلیل مشترک ورشکستگی بانک‌ها ریسک اعتباری است و این مهم قدیمی‌ترین و در عین حال مهم‌ترین ریسک مالی بنگاه‌های اقتصادی است. ریسک اعتباری پیامد عدم تعادل صحیح بازیگران نظام مالی است. در پژوهش‌های پیشین عنوان گردیده که وام‌گیرنده اطلاعات بیشتری در خصوص وضعیت پروژه نسبت به بانک دارد. این عدم تقارن اطلاعاتی، انتخاب معکوس و خطر اخلاقی در بازار اعتباری را افزایش می‌دهد. همچنین رقابت جدی در بازار می‌تواند منجر به ریسک اعتباری بانک‌های تجاری گردد. از دیدگاه کلان ریسک اعتباری پیامد ریسک سیستمیک تلقی می‌شود (ثقفی و همکاران، ۱۳۹۶، ص. ۵۷). با توجه به اهمیت ریسک اعتباری در حوزه بانکداری در سال‌های اخیر

۱- International Monetary Fund (IMF)

پژوهش‌هایی در این خصوص انجام شده است که در بخش پیشینه پژوهش به برخی از آن‌ها پرداخته می‌شود. همچنین در ادامه به طور خلاصه به توضیح رگرسیون لجستیک، رگرسیون سمبلیک و منحنی مشخصه عملکرد<sup>۱</sup> می‌پردازیم.

**رگرسیون لجستیک:** رگرسیون لجستیک، نوعی از مدل رگرسیون است که متغیرهای مستقل هم در مقیاس کمی و هم در مقیاس مقوله ای می‌تواند باشد و متغیر وابسته، مقوله ای دو سطحی است. این دو مقوله به گونه ای معمول به عضویت یا عدم عضویت در یک گروه اشاره دارد (تهرانی و شمس، ۱۳۸۴، ص. ۴۹). مدل لجستیک، یکی از آسانترین و گسترده ترین الگوهای آماری است که در رتبه بندی اعتباری متقاضیان اعتبار در بانکها و مؤسسات مالی مورد توجه و استفاده قرار گرفته است. در تحلیل براساس الگوی لجستیک از نسبت‌های مالی و متغیرهای کمی و کیفی دیگر نیز برای پیش بینی احتمال عدم بازپرداخت تسهیلات و یا اعتبارات استفاده می‌کنند. در این مدل احتمال عدم بازپرداخت، به صورت توزیع نرمال و منطقی است (کریمی و همکاران، ۱۳۹۳، ص. ۲۱۴) و رابطه بین متغیرهای مستقل و متغیر وابسته به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$p = p(y = 1|x) = \frac{1}{1 + e^{-\alpha - \beta x}}$$

در این صورت به راحتی می‌توان دید که:

$$\ln\left(\frac{p}{1-p}\right) = \ln\left(\frac{1}{e^{-\alpha - \beta x}}\right) = \alpha + \beta x$$

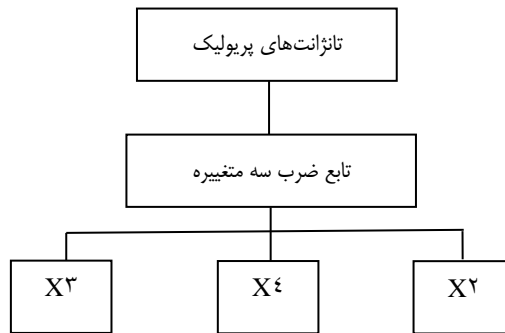
برای برآورد پارامترهای  $\alpha$  و  $\beta$  از روش برآورد حداکثر درست‌منایی استفاده می‌شود. خروجی رگرسیون لجستیک بین صفر و یک می‌باشد و به صورت متداول مقدار ۰/۵ به عنوان نقطه برش<sup>۲</sup> تلقی می‌شود. بنابراین در صورتی که مقدار حاصل از رگرسیون از نیم بزرگتر یا کوچکتر باشد، کلاس داده ورودی متفاوت خواهد بود. در حالت کلی مقدار ۰.۵ نقطه برش کارا نمی‌باشد و تعیین این نقطه نیاز به بهینه سازی دارد که برای تعیین نقطه برش بهینه از منحنی مشخصه عملکرد استفاده گردیده است.

۱- Receiver Operating Characteristic (ROC)

۲- Cutoff point

رگرسیون سمبلیک: رگرسیون سمبلیک نوعی از رگرسیون است که بر اساس برنامه نویسی ژنتیک به ترکیب خطی چند تابع غیر خطی از متغیرهای مستقل می پردازد. در یک رگرسیون سمبلیک تعدادی تابع پایه در نظر گرفته می شود که هر تابع غیر خطی از ترکیب آنها بوجود می آید. به عنوان نمونه این توابع می تواند عملگرهای محاسباتی معمولی مانند جمع، تفریق، ضرب، تقسیم یا توابع نمایی و لگاریتمی یا توابع مثلثاتی سینوس و کسینوس، تانژانت هایپربولیک و... باشند. اولین مفهوم مهم در رگرسیون سمبلیک، مفهوم ژن می باشد. ساختار یک ژن به صورت درخت نمایش داده شده و هر درخت از تعدادی توابع ریاضی مانند جمع و تفریق و سینوس و... و  $d$  متغیر حرفی

$x_1, x_2, x_3, \dots, x_d$  تشکیل شده است. یکی دیگر از ویژگی های درخت نمایش عمق درخت می باشد که تعداد سطوح درخت را نشان می دهد. گره های پایانی درخت را ترمینال می نامند که همواره متغیر حرفی بوده و نمی تواند از جنس تابع باشد. به عنوان نمونه ژن های زیر درخت هایی از عمق چهار می باشد که هر کدام یک تابع را محاسبه می کنند.



$$\text{gene} = \tanh(x_2 \times x_4 \times x_4)$$

شکل (۱): نمایش درختی یک ژن در برنامه نویسی ژنتیک

در الگوریتم رگرسیون سمبلیک، در ابتدا یک جمعیت تصادفی از کروموزم ها شکل می گیرد. هر کروموزم از تعدادی ژن تشکیل شده است. در پژوهش حاضر طول هر کروموزم برابر ۴ اختیار شده است که ساختار کروموزم آن مطابق رگرسیون معمولی از از یک ساختار خطی بر خوردار است. تعداد کروموزم در هر نسل یا جمعیت یکی از



پارامترهای قابل تنظیم این الگوریتم می باشد. بنابراین فرم نمایش یک کروموزوم  $m$  ژنی خطی به صورت زیر است:

$$crom = C_0 + C_1 Gene1 + C_2 Gene2 + \dots + C_m Gene_m$$

بعد از شکل گیری یک جمعیت تصادفی ابتدایی از کروموزومها، برای هر کروموزوم مقادیر  $C_0, C_1, \dots, C_m$  به روش مینیمم سازی حداقل مربعات معمولی به کمک داده‌های آموزشی محاسبه می شود. پس از محاسبه ضرایب، معکوس مجموع مربعات خطا به عنوان تابع برازندگی انتخاب می شود که مقادیر بزرگتر آن مطلوب می باشد. بر این اساس شایستگی کروموزومی برای حضور در نسل بعد بیشتر است که دارای برازندگی  $Fitness = \frac{1}{SSE}$  بالاتری باشد.

بعد از محاسبه تابع برازندگی، کروموزومها وارد مرحله انتخاب می شوند تا کروموزومهای کاندید برای نسل بعد بدست آیند. مکانیزم انتخاب کروموزوم در پژوهش حاضر روش انتخاب تورنمنت<sup>۱</sup> می باشد. در این روش یک عدد به نام اندازه مسابقه مشخص می شود و سپس به آن اندازه، کروموزوم به صورت تصادفی انتخاب شده و کروموزومها در مقدار برازندگی با هم رقابت می کنند و بهترین کروموزوم کاندید ورود به نسل بعد می شود. پس از مرحله انتخاب، الگوریتم وارد مرحله تقاطع و جهش می شود تا نسل بعد ساخته شوند. عمل تقاطع بر روی تعدادی کروموزوم انجام شد که در مرحله تقاطع دو کروموزوم به عنوان والدین با هم ترکیب شده و دو فرزند تولید می کنند. همانطور که در طبیعت جهش‌های ژنتیکی با احتمال کم اتفاق می افتند در این الگوریتم نیز این امر شبیه سازی شده است. برای این منظور درصدی از کروموزومهای انتخاب شده تحت عملگر جهش قرار می گیرند. درصد تقاطع و جهش از پارامترهای قابل تنظیم مدل می باشد. پس از مشخص شدن نسل جدید، الگوریتم دوباره وارد مرحله محاسبه مقدار برازندگی می شود و مراحل گفته شده ادامه می یابند (شیتا<sup>۲</sup>، ۲۰۱۳، ص. ۱۶).

۱- Tournament selection

۲- Sheta

**منحنی مشخصه عملکرد:** ابزارها و تست‌های تشخیصی متفاوتی توسط پژوهشگران مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این بین ابزارهای جدید نیز با هدف به دست آوردن نتایج دقیق‌تر و کاهش زمان و هزینه در مقایسه با موارد قدیمی ارزیابی می‌شوند. منحنی مشخصه عملکرد یکی از این ابزارهاست. از منحنی مشخصه عملکرد برای تعیین بهترین نقطه برش و مقایسه ارزش تشخیصی دو یا چند تست به وسیله اندازه‌گیری سطح زیر منحنی استفاده می‌شود. شایان ذکر است این منحنی یک نمودار با شمای گرافیکی است که با استفاده از میزان مثبت واقعی (حساسیت) بر روی محور  $X$  ها و میزان مثبت کاذب بر روی محور  $Y$  ها در آستانه‌های مختلف (نقاط برش متفاوت) ایجاد می‌شود. به بیان دیگر منحنی مشخصه عملکرد یکی از مشهورترین روش‌های ارزیابی مدل است که به صورت گسترده در مسایلی که با طبقه‌بندی دودویی سر و کار دارند استفاده می‌شود. سطح زیر منحنی کیفیت کلی آزمون‌های تشخیصی (دقت) را به ما نشان می‌دهد. (صفری و براتلو، ۱۳۹۵، ص. ۱۱۹). در پژوهش حاضر، از منحنی مشخصه عملکرد به عنوان تعیین نقطه برش بهینه برای دسته‌بندی مشتریان به خوش حساب و بد حساب استفاده گردیده است. در ادبیات مربوطه نقطه برش را نیم در نظر می‌گیرند و هر مشتری که نمره اعتباری وی بالاتر از این مقدار بود خوش حساب و هر مشتری که نمره اعتباری وی پایین‌تر از این مقدار بود بد حساب قلمداد می‌گردد. حال آن‌که این مهم با توجه به حساسیت ریسک اعتباری چندان کارساز نمی‌باشد لذا به این منظور جهت شناسایی نقطه برش بهینه از منحنی مشخصه عملکرد استفاده گردیده است.

**پیشینه پژوهش:** آقای و همکاران (۱۳۹۸) پژوهشی با عنوان دسته‌بندی ریسک اعتباری مشتریان حقیقی با استفاده از یادگیری جمعی در بانک سپه انجام دادند. هدف پژوهش مذکور ارائه مدلی در جهت تعیین عوامل مؤثر بر رفتار اعتباری مشتریان بانکی با مدلسازی از طریق شبکه عصبی مصنوعی و درخت تصمیم فازی بوده است. نتایج تحقیق مهمترین عوامل را درآمد و تراکنش مالی مشتریان شناسایی نموده است.

محتشمی و محتشمی (۱۳۹۶) در پژوهشی با استفاده از مدل شبکه عصبی - فازی به رتبه‌بندی اعتباری مشتریان بانک تجارت پرداختند و نتایج به دست آمده را با مدل شبکه عصبی مورد مقایسه قرار دادند. برای دستیابی به هدف، ۷۰۰ مشاهده از بانک

تجارت استخراج شد و مورد ارزیابی قرار گرفت. برای تحلیل داده‌ها از دو تکنیک شبکه عصبی- فازی و لجستیک استفاده شد. نتایج گویای برتری تکنیک شبکه‌های عصبی فازی بود.

کریمی و همکاران (۱۳۹۵) مطالعه ای در زمینه ریسک اعتباری مشتریان حقیقی بر روی ۲۵۴۵ پرونده مشتریان بانک تجارت شهرستان نکا طی سالهای ۱۳۸۱-۱۳۹۰ با رهیافت رگرسیون لجستیک انجام دادند. نتایج نشان می دهد که مدت تسهیلات، نرخ تسهیلات و نوع وثیقه و نوع تسهیلات تأثیر معناداری بر وصول مطالبات بانکی دارد و متغیرهای تکلیفی یا غیرتکلیفی بودن تسهیلات و میزان تسهیلات اثر معناداری بر احتمال نکول ندارد.

حسینی و زیبایی (۱۳۹۴) مطالعه ای با استفاده از مدل شبکه عصبی و با هدف شناسایی عوامل مؤثر بر ریسک اعتباری و ارائه مدلی برای پیش بینی ریسک اعتباری و رتبه بندی مشتریان حقوقی متقاضی تسهیلات اعتباری انجام دادند. نتیجه پژوهش با استفاده از ۱۷ متغیر توضیح دهنده نشان داد که مدل شبکه عصبی توانسته است با درصد صحت پیش بینی ۹۵/۵ درصدی مشاهده‌ها را منطبق بر واقعیت برآورد کند که این امر نشانگر توانایی بالای شبکه عصبی در پیش بینی ریسک اعتباری مشتریان می باشد.

عبدلی و فرد حریری (۱۳۹۴) در پژوهشی با استفاده از یک نمونه تصادفی ۳۳۰ تایی از مشتریانی که در سال‌های ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲ از شعب بانک رفاه در سراسر کشور تسهیلات اعتباری دریافت نموده بودند، و با بکارگیری روش رگرسیون لاجیت عوامل مؤثر بر ریسک اعتباری مشتریان این را شناسایی کردند. نتایج این مطالعه نشان می دهد که متغیرهای میانگین موجودی (معدل حساب در ۶ ماه گذشته)، نسبت بازده فروش، نسبت سود خالص به فروش خالص و دارایی جاری به بدهی جاری اثر معکوس و متغیرهای تعداد چک برگشتی و نسبت مبلغ معوق به دارایی جاری اثر مستقیم بر ریسک اعتباری دارند.

قاسمی و دنیایی (۱۳۹۵) در در پژوهشی ۲۹ شاخص مؤثر در ارزیابی ریسک اعتباری مشتریان حقوقی نظیر متغیرهایی چون تعداد چک برگشتی مشتری، سابقه

بدهی بانکی، طول عمر حساب مشتری را در کنار شاخص‌های مالی ۶C شناسایی، طبقه بندی و با استفاده از مدل شبکه عصبی به تعیین خوشه‌های بهینه پرداختند. در نهایت وزن نسبی هر یک از شاخص‌های دخیل در ارزیابی ریسک اعتباری را مشخص نمودند.

بهارلو و همکاران (۱۳۹۴) در پژوهشی عوامل مؤثر بر ریسک اعتباری مشتریان حقیقی را در ۱۴ رده مختلف شامل خوش حسابی، سابقه بدهی بانکی، جنسیت، سطح تحصیلات، سن، متوسط درآمد ماهیانه، وضعیت تاهل، شغل، وضعیت ملکیت منزل، شغل همسر، مبلغ تسهیلات مورد درخواست، نرخ بهره، ارزش وثیقه و تعداد اقساط، در نظر گرفتند. نتایج هر دو مدل برازش لجستیک چندگانه و باینری تهیه شده نشان دهنده اهمیت نسبی متغیرهای سطح تحصیلات و سن مشتری حقیقی نسبت به سایر متغیرهای مستقل بود. به نظر آنها نتایج یکسان هر دو مدل می‌تواند نشان دهنده تأثیر کم افزایش تعداد رده بندی متغیر وابسته (اعتبار مشتری) و یا توزیع نامناسب تعداد مشتریان برای رده‌های مختلف اعتبار مشتری باشد.

بیک زاده و همکاران (۱۳۹۳) در پژوهشی به شناسایی عوامل مؤثر و اولویت بندی معیارهای اعتبارسنجی و امتیازدهی اعتباری مشتریان بانک‌ها پرداختند. یافته‌های پژوهش نشان داد که بین معیارهای امتیازدهی اعتباری بر مبنای مدل ۶C تفاوت و اولویت وجود داشته و در این بین عامل وثیقه بالاترین اولویت را دارد و پس از آن به ترتیب سرمایه، شخصیت، ظرفیت، شرایط کلی و شرایط و ضوابط اعطای تسهیلات در اولویت‌های بعدی قرار می‌گیرند.

برگر و همکاران<sup>۱</sup> (۲۰۱۶) در پژوهشی با عنوان بررسی رابطه تجربی بین ریسک وام و وثیقه، نقش نقدشوندگی وثیقه و انواع آن به بررسی نتایج متناقض ادبیات تجربی مربوط به رابطه بین وثیقه و ریسک بازپرداخت وام پرداخته‌اند. آنها فرض کردند که تفاوت در ویژگی‌های وثیقه، مانند نقدینگی، ممکن است با ریسک وثیقه در ارتباط باشد. نتایج نشان داد که به طور کلی وثیقه با صرف ریسک پایین‌تر و نرخ به طور پیش فرض بالاتر، همراه است. همچنین نتایج نشان می‌دهد که وثیقه نقش مهمی در کاهش تلفات و کاهش انگیزه ریسک‌پذیری دارد.

در پژوهش آقای و همکاران (۱۳۹۸) عامل درآمد فرد و تراکنش مالی مشتریان یا طول عمر حساب مشتری اثر مستقیمی بر بازپرداخت تعهدات داشته به طوری که افراد با درآمد و تراکنش مالی بیشتر، ریسک اعتباری کمتر را به بانک تحمیل می‌کنند. البته ذکر نکته ضروری است که بین ظرفیت درآمدی و میزان تسهیلات درخواستی باید سنخیت وجود داشته باشد بدین معنا که میزان اقساط تسهیلات باید با درآمد و فعالیت شغلی متقاضی هماهنگ باشد. با آن که پژوهش عبدلی و فرد حریری (۱۳۹۴) بر مشتریان حقوقی انجام گردیده است ولی همچون پژوهش آقای و همکاران (۱۳۹۸) بر اثر طول تراکنش مالی بر ریسک اعتباری تأکید می‌ورزد. با توجه به اینکه نتایج پژوهش قاسمی و دنیایی (۱۳۹۵) با نتایج پژوهش عبدلی و فرد حریری (۱۳۹۴) همراستا است رفتار پرخطر اعتباری فرد باید مورد تحلیل قرار گیرد و در این زمینه بررسی سابقه چک برگشتی، سابقه بدهی‌های معوق بسیار ضروری است. همانطور که بیان شد در پژوهش بیک زاده و همکاران (۱۳۹۳) سرمایه و ظرفیت درآمدی شخص از عوامل مهمی در کاهش ریسک نکول می‌باشد و هرچه این دو عامل بالاتر باشد بازپرداخت تعهدات با مشکل کمتری مواجه می‌شود. پژوهش برگر و همکاران (۲۰۱۶) همراستا با پژوهش بیک زاد و همکاران (۱۳۹۳) بر عامل وثیقه در جهت کاهش ریسک اعتباری تأکید دارد لذا بانک‌ها با اخذ وثایق مناسب به لحاظ نقدشوندگی و ارزشمندی می‌توانند بازپرداخت تعهدات مشتریان اعتباری را بهبود بخشند. در پژوهش محتشمی و محتشمی (۱۳۹۶) تکنیک‌های ریاضی از تکنیک‌های آماری در رتبه‌بندی مشتریان اعتباری برتری داشته است. همچنین همانطور که بیان شد در پژوهش حسینی و زیبایی (۱۳۹۴) مدل شبکه‌های عصبی دارای قدرت پیش‌بینی بالا بوده و و این مهم نشان از برتری تکنیک‌های ریاضی در رتبه‌بندی مشتریان اعتباری نسبت به تکنیک‌های آماری است که در پژوهش محتشمی و محتشمی (۱۳۹۶) نیز مشهود بوده است.

### روش شناسی پژوهش

این پژوهش از نظر هدف کاربردی و از نظر شیوه جمع‌آوری داده‌ها، توصیفی پیمایشی است. جهت انتخاب متغیرهای مستقل از معیار ۵C استفاده شده است. این مدل شامل پنج معیار بوده که شامل؛ شخصیت، ظرفیت، سرمایه، وثیقه، شرایط می‌باشد. شایان ذکر

است مدل پنج معیار در پژوهش‌ها غالباً برای مشتریان حقوقی مورد استفاده قرار گرفته است لذا برای شناسایی و تعیین سنجه‌های متغیرهای مستقل برگرفته از معیار ۵C از نظر نخبگان حوزه مربوطه استفاده شده است، بدین منظور از نظر اساتید راهنما و مشاور طرح، روسا و معاونین و مسئولین اعتباری شعب مورد مطالعه استفاده گردید. همچنین با در نظر گرفتن اطلاعات قابل ارائه از سوی شعب، در نهایت متغیرهای مستقل مورد استفاده در الگو شامل میزان، مدت و نرخ بهره تسهیلات، نوع وثیقه، متوسط در آمد ماهیانه، سن، تعداد چک برگشتی مشتری، سابقه بدهی بانکی، طول عمر حساب مشتری، نوع تسهیلات اعطایی و تکلیفی یا غیر تکلیفی بودن تسهیلات، خوش حسابی، سطح تحصیلات، شغل، وضعیت ملکیت منزل، وضعیت تاهل و وضعیت اشتغال همسر انتخاب گردیدند. جامعه آماری این پژوهش، کلیه مشتریان حقیقی دریافت کننده تسهیلات در سطح شعب بانک قوامین در استان فارس شهرستان شیراز که تشکیل داده است. برای تعیین حجم نمونه از روش کوکران و با فرض عدم اطلاع از حجم جامعه استفاده گردیده است لذا با در نظر گرفتن خطای ۰/۰۵ و ضریب اطمینان ۰/۹۵ ( $Z=1.96$ ) حداقل حجم نمونه ۳۸۴ پرونده تعیین گردید. روش نمونه گیری تصادفی طبقه ای نسبی برای جمع آوری داده‌های پژوهش بکارگرفته شد به طوری که ابتدا جامعه آماری پژوهش از نظر وضعیت اعتباری به دو گروه مشتریان خوش حساب یا فاقد بدهی معوق و مشتریان بد حساب یا مشتریانی که نسبت به بازپرداخت به موقع اقساط تسهیلات دریافتی خود قصور ورزیده اند و از اصل و سود تسهیلات آن بیش از ۶ ماه از تاریخ سررسید و یا تاریخ قطع پرداخت اقساط سپری شده است طبقه بندی شدند. سپس به صورت تصادفی و به تناسب میزان تسهیلات پرداختی شعب از طریق مساعدت دایره اعتبارات و شعب استان فارس (بدین صورت که از شعبی که تسهیلات بیشتر پرداخت نموده اند، تعداد مشتری بیشتری در نمونه انتخابی حضور داشته اند، زیرا تمام شعب به یک اندازه به مشتریان تسهیلات ارائه نکرده اند) اطلاعات کمی و مالی ۳۵۱ پرونده تسهیلاتی (شامل ۳۳۰ پرونده خوش حساب و ۲۱ پرونده بدحساب) از پایگاه داده بانک قوامین در بازه زمانی ۱۳۹۰ الی ۱۳۹۶ جمع آوری گردید. به منظور بررسی کارایی و قدرت پیش بینی به عنوان داده‌های شاهد اطلاعات ۳۰ مشتری (۱۵ خوش حساب و ۱۵ بد حساب) نیز مورد استفاده قرار گرفته تا پس از برآورد پارامترهای مدل،

متغیر وابسته این گروه هم برآورد و با نتایج واقعی مقایسه شود. در نهایت جهت رتبه بندی مشتریان حقیقی به شرح ذیل عمل می‌گردد:

گام اول: به کمک رگرسیون لجستیک متغیرهای کاندید در زمینه پیش بینی ریسک اعتباری با رویکرد جستجوی روبه جلو والد<sup>۱</sup> پالایش شده و لیستی از مهم ترین متغیرهای تاثیر گذار بر حسب عملکرد رگرسیون لجستیک مشخص می‌شود. بنابراین در صورتی که متغیرهای اولیه برابر  $X_1, X_2, \dots, X_p$  باشند، خروجی این مرحله متغیرهای موثر  $X_1^*, X_2^*, \dots, X_k^*$  می‌باشد.

در گام دوم: از متغیرهای اثرگذار خروجی رگرسیون لجستیک به عنوان ورودی رگرسیون سمبلیک با خروجی خوش حسابی و بد حسابی استفاده می‌گردند. رگرسیون سمبلیک با کارایی غیر خطی بالا ارتباط بین ورودی‌ها و خروجی‌ها را در داده‌های آموزشی برقرار می‌کند. برای محاسبه نقطه بهینه برش در رگرسیون سمبلیک نیز از منحنی مشخصه عملکرد استفاده می‌گردد. سپس، دقت مدل طراحی شده بر روی داده‌های تست مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. برای پیاده سازی مدل‌ها از دو نرم افزار SPSS (برای رگرسیون لجستیک) و متلب<sup>۲</sup> (برای رگرسیون سمبلیک) می‌گردد.

### یافته‌های پژوهش

برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از روش‌های آمار توصیفی و استنباطی استفاده شده است. آمار توصیفی متغیرهای پژوهش در جداول (۲) و (۳) ارائه گردیده است. در این بخش ابتدا با معرفی متغیرهای پژوهش در جدول (۱) بحث را دنبال کرده و سپس به بیان یافته‌های پژوهش پرداخته می‌شود.

جدول(۱): معرفی متغیرهای پژوهش

نماد	عنوان
X <sub>۱</sub>	میزان وام(بر حسب ریال)
X <sub>۲</sub>	مهلت بازپرداخت(بر حسب ماه)
X <sub>۳</sub>	نرخ بهره سالیانه تسهیلات اعطا شده

۱- Walh-forward method

۲- MATLAB

نماد	عنوان
X۴	درآمد ماهیانه (بر حسب ریال)
X۵	سن (بر حسب سال)
X۶	تعداد چک‌های برگشتی
X۷	سابقه بدهی بانکی: عدد یک برای عدم سابقه بدهی و عدد صفر برای سابقه داران بدهی بانکی
X۸	طول عمر حساب (بر حسب ماه)
X۹	نوع وثیقه: عدد یک برای سپرده و رهن و عدد صفر برای چک و سفته (اسناد تجاری)
X۱۰	سطح تحصیلات: عدد یک برای تحصیلات دانشگاهی و عدد صفر برای تحصیلات زیر دانشگاه
X۱۱	جنسیت: عدد یک برای مردان و عدد صفر برای خانم‌ها
X۱۲	وضعیت اشتغال همسر: عدد یک برای صاحبان شغل و عدد صفر برای خانه داران
X۱۳	وضعیت تاهل: عدد یک برای متاهلان و عدد صفر برای مجردان
X۱۴	وضعیت ملکی: عدد یک برای مالکان و عدد صفر برای مستأجران
X۱۵	نوع شغل: عدد یک برای شغل‌های دولتی و عدد صفر برای مشاغل آزاد
X۱۶	نوع وام: عدد یک برای تسهیلات مرابحه و عدد صفر برای قرض الحسنه
X۱۷	تکلیفی یا غیر تکلیفی بودن: عدد یک برای غیر تکلیفی و عدد صفر برای تکلیفی بودن وام

متغیر وابسته نیز متغیر مجازی  $Y$  می باشد که  $Y=1$  برای مشتریان خوش حساب و  $Y=0$  برای مشتریان بد حساب استفاده خواهد شد. افراد بد حساب افراد حقیقی که در بازپرداخت تسهیلات اعطایی بانک با مشکل مواجه گردیده دارای شش و بیشتر قسط معوقه می باشند. تعداد کل پرونده‌های استخراج شده برابر ۳۵۱ پرونده در بازه ۱۳۹۶-۱۳۹۰ می باشد که از این تعداد ۳۳۰ پرونده مرتبط با اشخاص خوش حساب و ۲۱ پرونده مرتبط با بد حسابان می باشد. بنابراین نزدیک به ۹۴٪ از آمار مشتریان نمونه



را خوش حساب‌ها و ۰/۰۶ باقی مانده را افراد بد حساب تشکیل داده است. آمار توصیفی مربوط به متغیرهای پژوهش در جدول (۲) ارائه شده است:

جدول (۲): آمار توصیفی متغیرهای پژوهش

شاخص آماری	طول عمر حساب	تعداد چک برگشتی	سن	درآمد ماهیانه	نرخ بهره	مدت بازپرداخت	مبلغ تسهیلات
میانگین	۳/۱۶	۰/۸	۴۱/۳	۲۵۰۰۰۰۰۰۰	۱۵/۶۴۹۶	۶۴/۴۲	۲۴۱۰۰۰۰۰۰۰
میانه	۲	۰	۳۹	۲۱۰۰۰۰۰۰۰	۱۸	۳۶	۱۷۰۰۰۰۰۰۰۰۰
بیشینه	۱۷	۲۱	۷۵	۲۰۰۰۰۰۰۰۰۰	۳۰	۶۰	۳۲۰۰۰۰۰۰۰۰۰
کمینه	۰	۰	۲۱	۰	۴	۱۲	۱۲۰۰۰۰۰۰۰۰۰
انحراف معیار	۳/۰۲	۱/۱۵	۱۱/۱	۱۸۰۰۰۰۰۰۰	۵/۳۴۵۲	۳۱/۷۲	۲۷۷۰۰۰۰۰۰۰
چولگی	۱/۷۸	۱۷/۲۸	۰/۴۷	۴/۹۱	۱/۷۲۲۵	۱۲/۴۹	۶/۰۸
کشیدگی	۷/۰۲	۳۱۰/۸۶	۲/۴۳	۳۹/۲۸۱۲	۱۷/۱۳	۲۰۳/۱۸	۵۵/۵۶
آماره جارک - برا	۴۲۳/۰۳	۱۴۰۳۶۲۳	۱۷/۷۸	۲۰۶۶۲/۷	۳۰۹۴/۳۸	۵۹۵۲/۱۸	۴۲۵۸۳/۳
مقدار احتمال	.	.	.	.	.	.	.

مقدار آماره جارک برا برای تمامی متغیرهای جدول (۲) حاکی از این است که توزیع هیچ کدام از متغیرها در سطح اطمینان ۰/۹۵ از توزیع نرمال پیروی نمی‌کند. همچنین توصیف آماری متغیرهای مجازی از بابت میانگین در جدول (۳) ارائه شده است.

جدول (۳): میانگین متغیرهای مجازی

میانگین	توضیح
۰/۹۲۳	سابقه عدم بدهی
۰/۴۶۱	وثیقه سپرده و رهن
۰/۶۰۶	تحصیلات دانشگاهی
۰/۶۶۶	جنسیت مرد
۰/۴۱۸	همسران شاغل
۰/۷۷۲	متاهل
۰/۵۷۵	مالکان مسکونی
۰/۲۸۷	مشاغل دولتی
۱	تکلیفی بودن
۰/۹۸	تسهیلات مباحه
۰/۹۴	خوش حسابان

همانطور که ملاحظه می شود ۳۵۱ پرونده به دو دسته داده‌های آموزشی و داده‌های تست تقسیم شدند. ۱۵ پرونده خوش حساب (از بین ۳۳۰ پرونده) و ۱۵ پرونده بد حساب (از بین ۲۱ پرونده) به صورت تصادفی به عنوان داده‌های آموزشی انتخاب شد. در واقع از آنجا که تعداد مشتریان بد حساب نسبت به تعداد مشتریان خوش حساب به مراتب کمتر می باشد، برای افزایش قدرت مدل در پیش بینی افراد بد حساب (درجه تشخیص مدل) دو نمونه مساوی در نظر گرفته شدند. در ادامه به کمک رویکرد انتخاب رو به جلوی والد در نرم افزار SPSS، متغیرهای: X۴: متوسط درآمد ماهیانه، X۶: تعداد چک‌های برگشتی، X۷: سابقه بدهی بانکی، X۸: طول عمر حساب و X۹: نوع وثیقه، برای ورود به رگرسیون لجستیک انتخاب گردیدند که تقریب رگرسیون در جدول (۴) ارایه شده است:

جدول (۴): تقریب مدل رگرسیون لجستیک

متغیر	مقدار احتمال	درجه آزادی	آماره والد	خطای استاندارد	مقدار $e^B$
درآمد ماهانه	۰/۰۰۸	۱	۷/۰۵۹	۰/۰۰۰۱	۱/۰۰۰
تعداد چک برگشتی	۰/۰۴۴	۱	۰/۵۸۶	۱/۰۴۷	۰/۴۴۹
سابقه عدم بدهی	۰/۰۰۲	۱	۹/۶۵۸	۰/۷۲۲	۹/۴۳۵
طول عمر حساب مشتری	۰/۰۱۰	۱	۶/۵۷۷	۰/۱۴۹	۱/۴۶۵
نوع وثیقه	۰/۰۱۳	۱	۶/۱۴۰	۰/۷۱۱	۵/۸۲۸
C	۰/۸۱۹	۱	۰/۰۵۳	۰/۷۵۶	۱/۱۸۹

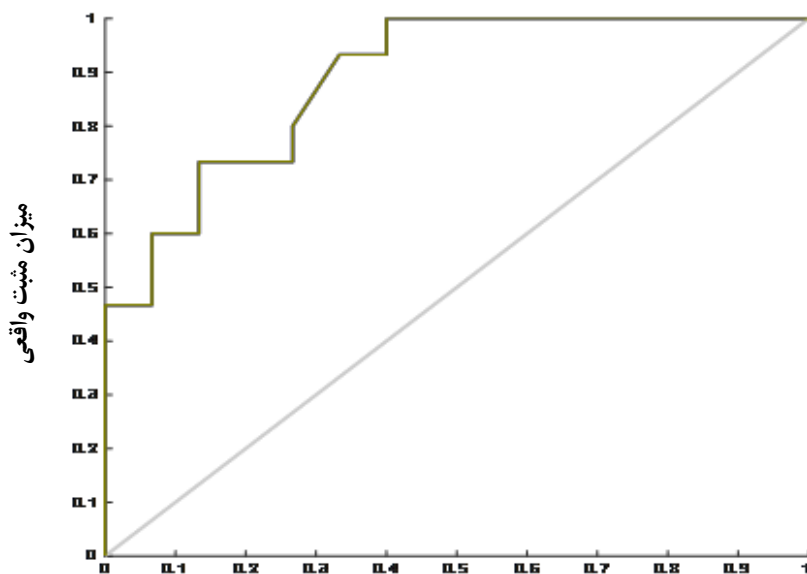
ستون آخر مقدار افزایش یا کاهش احتمال را به ازای یک واحد افزایش در متغیر مستقل نشان می دهد. بنابراین مدل رگرسیونی لجستیک به صورت زیر می باشد:

$$Z = \frac{1}{1 + \exp(-(0.173 + 0.001x_4 - 0.80x_6 + 2.24x_7 + 0.382x_8 + 1.76x_9))}$$

بر اساس اطلاعات جدول (۴) تمام متغیرهای موجود در مدل دارای اثر معناداری بر متغیر وابسته می باشند. در این بین اثر تعداد چک‌های برگشتی منفی و معنادار می باشد و این بدان معناست که افزایش تعداد چک‌های برگشتی باعث کاهش متغیر

وابسته و افزایش احتمال قرار گرفتن آن در دسته بد حسابان می‌گردد. سابقه بدهی بانکی علیرغم انتظار دارای اثر مثبت و معناداری می‌باشد.

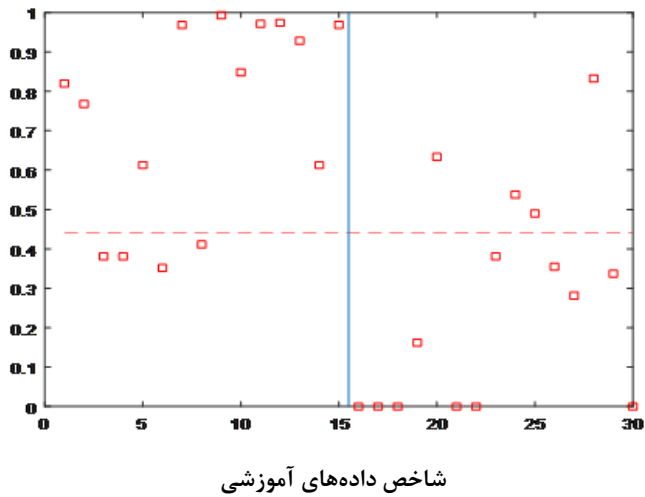
به صورت متداول برای رگرسیون لجستیک نقطه برش برابر  $0.5$  در نظر گرفته می‌شود. در پژوهش حاضر برای این منظور از منحنی مشخصه عملکرد مطابق نمودار (۱) استفاده گردید و برش بهینه متناظر با نقطه ای انتخاب گردید که به نقطه ایده آل ( $0.1$ ) نزدیک تر باشد. در واقع نقطه ( $0.0$ ) دارای بیشترین قدرت تشخیص (شناسایی افرا بد حساب) و کمترین درجه حساسیت (شناسایی خوش حساب ها) می‌باشد و نقطه ( $0.1$ ) عکس این مطلب است.



میزان مثبت کاذب

نمودار(۱): منحنی مشخصه عملکرد برای محاسبه نقطه بهینه برش

بر اساس منحنی مشخصه عملکرد، نقطه برش بهینه برابر  $0.44$  در داده‌های آموزشی محاسبه گردید. عملکرد مدل لجستیک در طبقه بندی داده‌های آموزشی مطابق نمودار (۲) می‌باشد.  $15$  داده اول خوش حساب و  $15$  داده دوم مشتریان بد حساب می‌باشد.



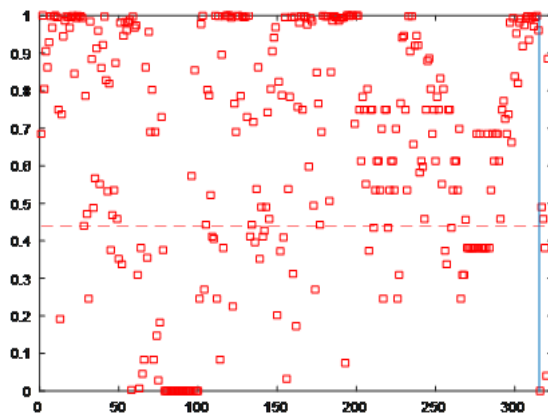
نمودار(۲): عملکرد مدل لجستیک در داده‌های آموزشی

بر اساس نمودار (۲):

الف-احتمال طبقه بندی درست یک مشتری خوش حساب  $0/73$  می باشد.

ب-احتمال طبقه بندی درست یک مشتری بد حساب برابر  $0/73$  می باشد.

در ادامه عملکرد مدل رگرسیونی بر روی ۳۱۵ داده تست از پرونده‌های خوش حساب (۳۲۱ داده اول نمودار(۲)) و ۶ داده از پرونده‌های بد حساب (۶ داده پایانی نمودار(۳))ارایه شده است.



شاخص داده‌های تست

نمودار (۳): عملکرد مدل لجستیک در داده‌های تست

بر اساس نتایج حاصل شده از نمودار (۳):

الف-احتمال طبقه بندی درست یک مشتری خوش حساب برابر  $0.73$  می باشد.

ب-احتمال طبقه بندی درست یک مشتری بد حساب برابر  $0.50$  می باشد.

همانطور که مشاهده می شود رگرسیون لجستیک دارای عملکرد مناسبی در داده‌های تست نمی باشد. در ادامه از یک رگرسیون سمبلیک با مشخصات جدول (۵) برای طبقه بندی مشتریان استفاده خواهد شد. ورودی‌های سیستم ۵ متغیر انتخاب شده در عمل گزینش رو به جلوی والد در رگرسیون لجستیک می باشد.

جدول (۵): مشخصات ساختاری رگرسیون سمبلیک

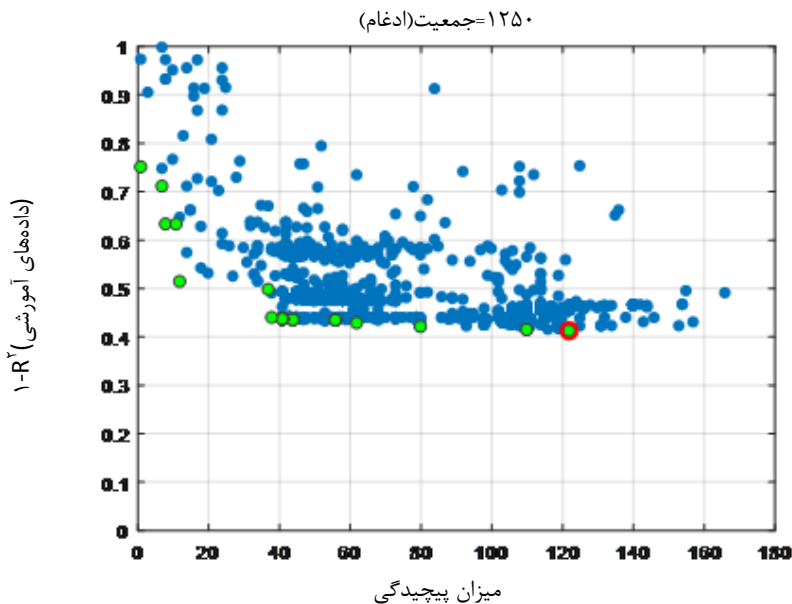
پارمتر	مقدار
تعداد ژن‌ها در هر کروموزم	۴
عمق درخت	۴
تعداد ورودی	۴
تعداد جمعیت	۲۵۰
حداکثر تکرار	۱۵۰
اندازه تورنمنت	۵۰
درصد نخبه گرایی	$0.7$
نرخ تقاطع	$0.84$

مقدار	پارمتر
۰/۱۴	نرخ جهش
عبارتی	نوع پیچیدگی
تابع جمع	توابع مورد استفاده
تابع ضرب دو متغیره	
تابع منها	
تابع ضرب سه متغیره	
تابع جمع سه متغیره	
تانژانت‌های پرپولیک	

که توابع مورد استفاده به صورت زیر بر روی متغیرهای مستقل عمل می کنند:

$$\begin{aligned} \text{add}: (x, y) &\rightarrow x + y & \text{times}: (x, y) &\rightarrow x \times y \\ \text{minus}: (x, y) &\rightarrow x - y & \text{mult3}: (x, y, z) &\rightarrow xyz \\ \text{add3}: (x, y, z) &\rightarrow x + y + z & \text{tanh}: x &\rightarrow \tanh(x) \end{aligned}$$

به کمک کد نویسی در نرم افزار متلب رگرسیون سمبلیک بر روی همان مجموعه داده‌های آموزشی مدل لجستیک مورد آموزش قرار گرفت. نمودار (۴) مرز پارتو را نسبت به دو هدف میزان ضریب تعیین و میزان پیچیدگی عبارتی رابطه رگرسیونی محاسباتی نشان می دهد.



نمودار (۴): مرز پارتو برای دو تابع هدف ضریب نیکویی برازش و میزان پیچیدگی مدل

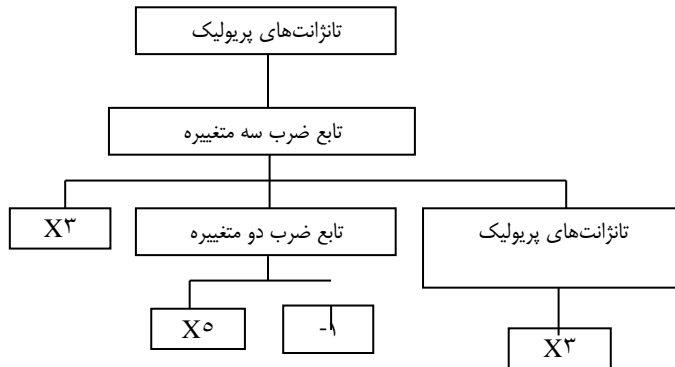
نقطه قرمز رنگ دارای بیشترین مقدار ضریب تعیین است و در عین حال در میان تمام کروموزم‌های با این مقدار ضریب تعیین کمترین مقدار پیچیدگی محاسباتی را دارد.

ژن‌های نهایی تشکیل دهنده بهترین کروموزم در جدول (۶) ارائه شده است:

جدول (۶): ژن‌های کروموزم بهینه

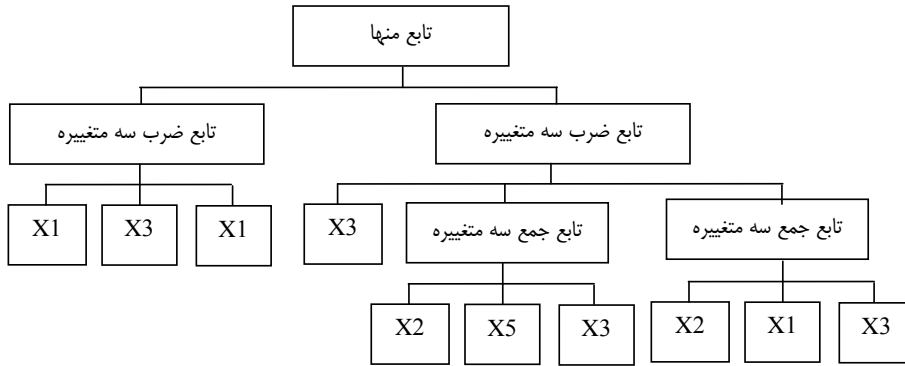
ژن	مقدار
ژن ۱	$\tanh(x_3 x_5 \tanh(x_3))$
ژن ۲	$x_1^2 x_3$
ژن ۳	$x_3(2.0 x_1 + x_2)(x_2 + x_3 + x_5) - 5.23 x_1^2 x_3$
ژن ۴	$x_1^2 \tanh(x_3)(x_5 - 4.0)(x_2 + x_3 + x_4)$

به عنوان نمونه درخت متناظر با ژن اول به صورت



نمودار (۵): درخت متناظر با ژن بهینه اول

و یا درخت متناظر با ژن سوم به صورت



نمودار (۶): درخت متناظر با ژن بهینه سوم

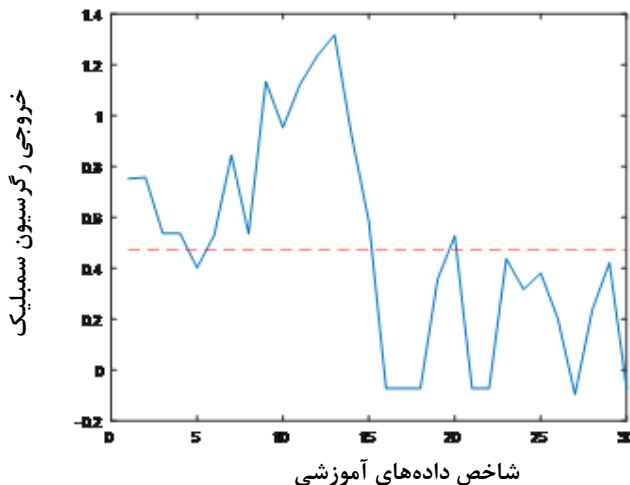
می باشد. مدل نهایی رگرسیون سمبلیک به صورت

$$y = 5.23 x_3(2.0 x_1 + x_2) (x_2 + x_3 + x_5) - 200.0 x_1^2 x_3 -$$

$$0.488 \tanh(x_3 x_5 \tanh(x_3)) -$$

$$22.7 x_1^2 \tanh(x_3) (2.0 x_5 - 8.0) (x_2 + x_3 + x_4) - 0.023$$

می باشد. عملکرد رگرسیون سمبلیک در طبقه بندی مشتریان در داده های آموزشی در نمودار (۷) ارایه شده است. در این نمودار به مانند گذشته ۱۵ داده اول خوش حساب و ۱۵ داده بعدی بد حساب می باشند و نقطه برش به کمک منحنی عملکرد مشخصه برابر ۰/۴۷ مورد محاسبه قرار گرفت.



نمودار (۷): عملکرد رگرسیون سمبلیک بر روی داده های آموزشی

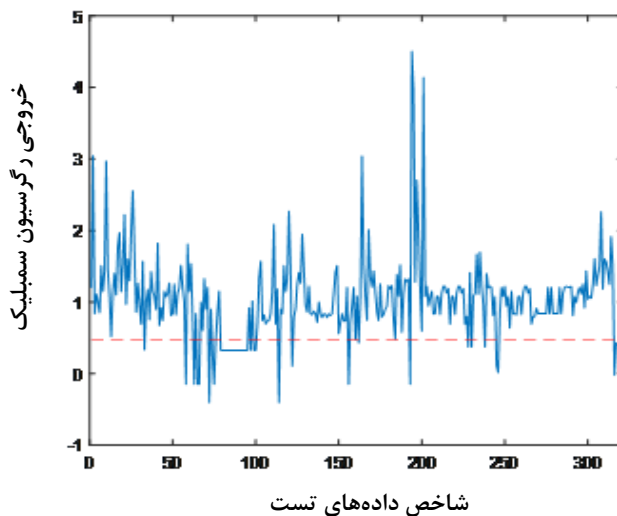


بر اساس نمودار (۷):

الف-احتمال طبقه‌بندی درست یک مشتری خوش حساب برابر  $0/93$  می‌باشد.

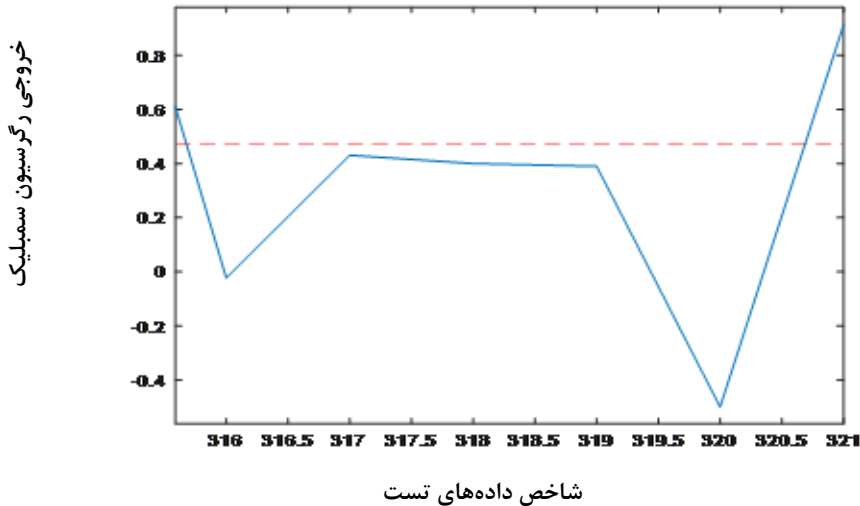
ب-احتمال طبقه‌بندی درست یک مشتری بد حساب برابر  $0/93$  می‌باشد.

نتایج حاصل از رگرسیون سمبلیک در داده‌های آموزشی نسبت به رویکرد لجستیک کاملاً بهتر می‌باشد. حال باید بر روی داده‌های تست نیز مورد بررسی قرار گیرد. به مانند گذشته عملکرد مدل رگرسیونی بر روی ۳۱۵ داده تست از پرونده‌های خوش حساب (۳۲۱ داده اول نمودار(۸)) و ۶ داده از پرونده‌های بد حساب (۶ داده پایانی نمودار(۸)) ارایه شده است.



نمودار (۸): عملکرد رگرسیون سمبلیک بر روی داده‌های تست

عملکرد رگرسیون سمبلیک در طبقه‌بندی مشتریان بد حساب در ۶ داده آخر نمودار (۸) موجود می‌باشد که برای مشاهده بهتر به صورت بزرگ‌نمایی در نمودار (۹) ارایه شده است:



نمودار (۹): عملکرد رگرسیون سمبلیک بر روی داده‌های تست بد حساب

بر اساس نتایج حاصل شده از رگرسیون سمبلیک بر روی داده‌های تست:

الف-احتمال طبقه بندی درست یک مشتری خوش حساب برابر  $0/88$  می باشد.

ب-احتمال طبقه بندی درست یک مشتری بد حساب برابر  $0/83$  می باشد.

بنابراین عملکرد مدل ترکیبی رگرسیون لجستیک-سمبلیک توانسته نتایج بهتری نسبت به مدل لجستیک ارایه کند و هر دو احتمال را افزایش دهد که این مطلب معادل کاهش همزمان خطای نوع اول (طبقه بندی اشتباه یک مشتری خوش حساب) و خطای نوع دوم (طبقه بندی اشتباه یک مشتری بد حساب) نسبت به مدل متداول لجستیک می باشد.

### بحث و نتیجه گیری

پژوهش حاضر با هدف رتبه بندی اعتباری مشتریان حقیقی بانک قوامین با رویکرد ترکیبی رگرسیون لجستیک- سمبلیک انجام گردید. با استفاده از رویکرد رگرسیون لجستیک مهم ترین متغیرهای تاثیر گذار شامل متوسط درآمد ماهیانه، تعداد چک برگشتی، سابقه بدهی، طول عمر حساب مشتری و نوع وثیقه شناسایی شد و سپس رگرسیون سمبلیک با قابلیت مدل سازی غیر خطی به شناسایی یک مرز برای تفکیک

مشتریان خوش حساب و بد حساب پرداخت. برای این منظور داده‌ها به دو گروه داده‌های آزمایشی و داده‌های تست تقسیم بندی شدند که به وسیله داده‌ها آموزشی مدل تقریب زده شد و سپس با استفاده از داده‌های تست، عملکرد مدل آزمون شد. بر اساس عملکرد رگرسیون لجستیک در داده‌های آموزشی، احتمال طبقه بندی درست یک مشتری خوش حساب و یک مشتری بد حساب هر کدام  $0/73$  بوده در حالی که احتمال طبقه بندی درست یک مشتری خوش حساب در داده‌های تست  $0/73$  و احتمال طبقه بندی درست یک مشتری بد حساب،  $0/50$  می باشد و این امر نشان می دهد رگرسیون لجستیک بویژه در رتبه بندی مشتریان بد حساب عملکرد مناسبی نداشته است. در واقع رگرسیون لجستیک به نوعی خطا در تشخیص مشتریان بد حساب دامن خواهد زد به طوری که ممکن است مشتریان بد حساب را در زمره مشتریان خوش حساب طبقه بندی نموده و این مهم باعث می شود که منابع سازمان به طور بهینه تخصیص نیابد و به نوبه خود زمینه ساز بروز ریسک اعتباری گردد. در رویکرد ترکیبی رگرسیون لجستیک- سمبلیک، در داده‌های آموزشی، احتمال طبقه بندی درست یک مشتری خوش حساب و یک مشتری بد حساب هر کدام  $0/93$  بوده است. همچنین احتمال طبقه بندی درست یک مشتری خوش حساب در داده‌های تست  $0/88$  احتمال طبقه بندی درست یک مشتری بد حساب،  $0/83$  بوده و این امر نشان می دهد، که رویکرد ترکیبی عملکرد به مراتب بهتر از مدل رگرسیون لجستیک به تنهایی داشته است، لذا بر اساس نتایج حاصل، استفاده از مدل ترکیبی رگرسیون لجستیک- سمبلیک در پیش بینی ریسک اعتباری به صورت کاربردی توصیه می شود.

همانطور که در پیشینه پژوهش عنوان گردید، آقای و همکاران (۱۳۹۸) دو عامل مهم اثرگذار را درآمد و تراکنش حساب مشتریان (طول عمر حساب مشتری) معرفی نمودند که با نتایج حاصل از پژوهش حاضر همراستا است بطوری که دو عامل یاد شده جزء پنج متغیر غربال شده از هفده متغیر مستقل این پژوهش است. در پژوهش کریمی و همکاران (۱۳۹۵) عامل نوع وثیقه همچون این پژوهش به عنوان عامل اثرگذار بر ریسک اعتباری معرفی گردیده است. در همین راستا نتایج پژوهش با پژوهش عبدلی و فرد حریری (۱۳۹۴) به لحاظ عوامل اثرگذار بر ریسک اعتباری منطبق بوده به طوری که میانگین موجودی حساب، بدهی بانکی، و چک برگشتی مهمترین عوامل اثرگذار بر

ریسک اعتباری بوده اند. در پژوهش‌های داخلی با استفاده از مدل‌های مختلف و ترکیبی، ریسک اعتباری مورد مطالعه قرار گرفته است و دقت‌های متفاوتی از مدل‌های مورد استفاده گزارش شده است به گونه ای که در پژوهش محتشمی و محتشمی (۱۳۹۶) به لحاظ روش شناسی تکنیک شبکه عصبی- فازی از روش لجستیک برتری داشته است. همچنین در پژوهش حسینی و زیبایی (۱۳۹۴) تکنیک شبکه عصبی به عنوان یک تکنیک ریاضی مورد تصدیق قرار گرفته است که این مهم همراستا با پژوهش حاضر (برتری رویکرد ترکیبی آماری-ریاضی) نشان می دهد رویکرد ترکیبی از رویکرد لجستیک به تنهایی در رتبه بندی اعتباری مشتریان موفق تر عمل می کند.

### پیشنهادها

انجام پژوهش‌های کاربردی در حوزه مالی به ویژه ریسک اعتباری، در راستای تخصیص بهینه منابع بانک‌ها می تواند مؤثر باشد. انجام این پژوهش به نوبه خود گامی در این جهت بوده و پیشنهادات زیر را به بهره وران از این پژوهش بویژه بانک قوامین ارائه می دهد:

۱. با توجه به اینکه نتایج نشان می دهد که استفاده از مدل‌های ترکیبی جهت اعتبارسنجی مشتریان حقیقی مؤثر است پیشنهاد می شود یک سیستم اعتبارسنجی داخلی بر اساس روش‌های کمی و با تاکید بر متغیرهای معرفی شده در این پژوهش به منظور رتبه بندی اعتباری متقاضیان تسهیلات طراحی و مورد استفاده قرار گیرد.

۲. با توجه به اینکه نتایج نشان می دهد که با اعتبارسنجی صحیح مشتریان می توان از ریسک اعتباری تا حد زیادی جلوگیری نمود پیشنهاد می شود نسبت به افزایش سطح دانش تخصصی کمیسیون اعتباری در خصوص مباحث ریسک اعتباری و عوامل مؤثر بر آن از یک سو و آموزش اعتبارسنجی و تحلیل شخصیت متقاضیان تسهیلات به آن‌ها اقدام گردد.

۳. با توجه به اینکه وثیقه یکی از عوامل بسیار مهم جهت کاهش ریسک اعتباری مطرح است پیشنهاد می‌گردد که کمسیون اعتباری شعب آموزش لازم در خصوص اخذ وثایق ترکیبی از متقاضیان دیده و ملزم به اخذ وثایق ترکیبی و معتبر از مشتریان اعتباری گردند. همچنین انجام توافق نامه‌های کاربردی بانک با سایر سازمان‌ها جهت اعتباری سنجی متقاضیان عضو آن سازمان و ایجاد تعهد به پرداخت اقساط تسهیلات و انتقال ریسک به آن سازمان‌ها می‌تواند گامی موثر در این راستا باشد.

۴. با توجه به اینکه نتایج نشان می‌دهد درآمد متقاضی عاملی مهم در بازپرداخت اقساط می‌باشد پیشنهاد می‌گردد وضعیت شغلی مشتری و میزان درآمد واقعی وی با در نظر گرفتن شرایط اقتصادی، اجتماعی و ... مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و این مهم با میزان تسهیلات درخواستی مطابقت داده شود و میزان تسهیلات درخواستی با درآمد فرد هم خوانی داشته باشد.

۵. با توجه به اینکه نتایج نشان می‌دهد بدهی بانکی، سابقه چک برگشتی از مهمترین عوامل موثر بر ریسک اعتباری است پیشنهاد می‌شود سوابق قبلی مشتری در این خصوص به طور جدی مورد بررسی قرار گیرد و از آنجا که بدهی بانکی با پرداخت اقساط معوق از بین رفته و همچنین چک برگشتی قابلیت رفع سوء اثر را دارد در این خصوص بررسی‌های ویژه صورت گرفته و دلایل این رفتار پرخطر اعتباری توسط کمسیون اعتباری شعب ریشه یابی گردد.

## منابع

- احمدی، علی و احمدی جشفقانی، حسین علی و ابوالحسنی هستیانی، اصغر (۱۳۹۵). تأثیر ریسک اعتباری بر عملکرد نظام بانکی ایران: مطالعه بین بانکی با رویکرد PANEL VAR. فصلنامه اقتصاد دوره ۱۰، شماره ۳۴، صص ۱۵۲-۱۳۱. «قابل بازیابی از: [http://ecj.iauctb.ac.ir/article\\_۵۲۳۹۴۶.html](http://ecj.iauctb.ac.ir/article_۵۲۳۹۴۶.html)
- اختیاری، مصطفی (۱۳۹۱). معرفی یک روش ویکور توسعه یافته برای رتبه بندی اعتباری مشتریان بانک ها. فصلنامه علمی پژوهشی مطالعات مدیریت صنعتی، دوره ۹، شماره ۲۵، صص ۱۶۱-۱۷۹. «قابل بازیابی از: [http://jims.atu.ac.ir/article\\_۲۰۱۲.html](http://jims.atu.ac.ir/article_۲۰۱۲.html)
- اسماعیلی، بابک (۱۳۹۷). نقش وقوع سیکل های تجاری در مطالبات معوق بانک های کشور با استفاده از فیلترهای میان گذر. فصلنامه اقتصاد مالی، دوره ۱۲، شماره ۴۴، صص ۱۸۸-۱۶۱. «قابل بازیابی از: [http://ecj.iauctb.ac.ir/article\\_۶۶۳۷۹۸.html](http://ecj.iauctb.ac.ir/article_۶۶۳۷۹۸.html)
- تهرانی، رضا و شمس، فلاح (۱۳۸۴). طراحی و تبیین مدل ریسک اعتباری در نظام بانکی کشور. مجله علوم اجتماعی و انسانی دانشگاه شیراز، دوره ۲۲، شماره ۲، صص ۴۵-۶۰. «قابل بازیابی از: <http://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=۴۹۰۷۸>
- ثقفی، علی و دامغانیان، جمال و سیاح، سجاد و خضوعی، حسین (۱۳۹۶). الگوی جامع مدیریت ریسک اعتباری در نظام بانکداری ایران. فصلنامه دانش سرمایه گذاری، دوره ۶، شماره ۲۴، زمستان ۱۳۹۶، صص ۸۲-۵۵. قابل بازیابی از: [http://jik.srbiau.ac.ir/article\\_۱۱۳۰۲.html](http://jik.srbiau.ac.ir/article_۱۱۳۰۲.html)
- حکیمی پور، نادر (۱۳۹۷). ارزیابی چگونگی عوامل اثرگذار بانکی بر مطالبات غیرجاری بانک های ایران (رویکرد پانل پویا). فصلنامه اقتصاد مالی، شماره ۴۲، صص ۹۹-۱۲۰. «قابل بازیابی از: [http://ecj.iauctb.ac.ir/article\\_۵۴۲۴۰۸.html](http://ecj.iauctb.ac.ir/article_۵۴۲۴۰۸.html)
- دارابی، رؤیا و مشایخی، غزاله (۱۳۹۵). تاثیر هوش مالی در پیشبینی ریسک اعتباری با استفاده از مدل ماشین بردار پشتیبان. تحقیقات حسابداری و حسابرسی، سال هشتم، شماره ۳۰، صص ۱۰۳-۱۳۵. قابل بازیابی از: <http://www.iaaaar.com/jrarticles/۴۸>
- صفری، سعید و ابراهیمی شقاقی، مرضیه و شیخ، محمد جواد (۱۳۸۹). مدیریت ریسک اعتباری مشتریان حقوقی در بانک های تجاری با رویکرد تحلیل پوششی داده ها (رتبه بندی اعتباری). پژوهش های مدیریت در ایران، دوره ۱۴، شماره ۴، صص ۱۳۷-۱۶۴. «قابل بازیابی از: <http://mri.modares.ac.ir/article-۱۹-۱۸۲۷-fa.html>

- صفری، سعید و براتلو، علیرضا(۱۳۹۵). ویژگی های عملکردی تست و سطح زیر منحنی راک. مجله طب اورژانس ایران، دوره ۳، شماره ۳، صص ۱۱۹-۱۲۱. «قابل بازیابی از: <http://journals.sbmu.ac.ir/iranjem/article/view/۱۳۹۴۴/۱۰۶۱۸>
- علم الهدی، سید سجاد(۱۳۹۷). بانکداری اسلامی وریسک، یک تحلیل تطبیقی، فصل نامه اقتصاد مالی. دوره ۱۲، شماره ۴۴، صص ۸۶-۶۹. قابل بازیابی از: [http://ecj.iauctb.ac.ir/article\\_۶۶۳۷۹۲.html](http://ecj.iauctb.ac.ir/article_۶۶۳۷۹۲.html)
- -کریمی، زهرا و اسدی گرگی، حسین و گیلک حکیم آبادی، محمد تقی و اسدی، نوراله(۱۳۹۴). "عوامل مؤثر بر ریسک اعتباری مشتریان بانکهای تجاری مطالعه موردی :بانک تجارت شهر نکا - استان مازندران" فصلنامه اقتصاد پولی، مالی، شماره ۱۰، صص ۲۰۵-۲۳۴. قابل بازیابی از: <http://danesh۲۴.um.ac.ir/index.php/development/article/view/۲۲۵۷۰>
- قاسمی، احمدرضا، طاهره دنیایی(۱۳۹۵). اندازه گیری ریسک اعتباری مشتریان با رویکرد شبکه عصبی در یکی از بانک های دولتی. فصلنامه مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار، شماره ۲۷، صص ۱۸۱-۱۵۵. قابل بازیابی از: [http://fej.iauctb.ac.ir/article\\_۵۲۲۰۴۷.html](http://fej.iauctb.ac.ir/article_۵۲۲۰۴۷.html)
- محرابی، لیلا (۱۳۹۳). ارزیابی وضعیت مطالبات غیرجاری در نظام بانکی ایران و مقایسه آن با سایر کشورها. پژوهشکده پولی و بانکی، بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران. «قابل بازیابی از: [www.mbri.ac.ir](http://www.mbri.ac.ir) > ۱۳۹۳ > ۱۳۹۳-۱۳۹۳ > ۹۳۰۶
- -میرزائی، حسین و نظریان، رافیک و باقری، رعنا (۱۳۹۰). بررسی عوامل مؤثر بر ریسک اعتباری اشخاص حقوقی بانک ها (مطالعه موردی شعب بانک ملی ایران، شهر تهران). فصلنامه روند پژوهش های اقتصادی، سال نوزدهم، شماره ۵۸، صص ۶۷-۹۸. قابل بازیابی از: <http://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=۱۳۹۰۴۶>
- Kliestik,T. and Cug, J.(۲۰۱۴). Comparison of Selected Models of Credit Risk. 2nd GLOBAL CONFERENCE on BUSINESS, ECONOMICS, MANAGEMENT and TOURISM, ۳۰-۳۱ October ۲۰۱۴, Prague, Czech Republic. Retrievd at: [https://doi.org/۱۰.۱۰۱۶/S۲۲۱۲-۵۶۷۱\(۱۵\)۰۰۴۵۲-۹](https://doi.org/۱۰.۱۰۱۶/S۲۲۱۲-۵۶۷۱(۱۵)۰۰۴۵۲-۹)
- Lefcaditis,C. and Tsamis,A. and Leventides,J . (۲۰۱۴). Concentration risk model for Greek bank's credit portfolio. The Journal of Risk Finance, Vol. ۱۵, pp. ۷۱ - ۹۳. Retrievd at: <https://doi.org/۱۰.۱۱۰۸/JRF-۰۶-۲۰۱۳-۰۰۴۳>
- Richard,E. and Chijoriga, M. and Kaijage,E. and Peterson,C. Bohman,H. (۲۰۰۸). Credit risk management system of a commercial bank in Tanzania. International Journal of Emerging Markets, Vol. ۳, pp. ۳۲۳ - ۳۳۲.(Retrievd at : <https://doi.org/۱۰.۱۱۰۸/۱۷۴۶۸۸۰۰۸۱۰۸۸۳۷۲۹>
- Sheta. A., Ahmed.S., Faris.H(۲۰۱۵) .Evolving stock market prediction models using multi-gene symbolic regression genetic programming. artificial

Intelligence and Machine Learning (AIML) Journal , Vol. ۱۲, pp. ۱۱-۲۰. Retrived at:

<https://www.researchgate.net/publication/۲۸۰۶۰۳۲۹۵>

– Spuchakova, E. and Cug, J. (۲۰۱۵). Credit Risk and LGD Modelling. Journal o of Procedia Economics and Finance, Vol. ۲۳, pp. ۴۳۹–۴۴۴. Retrived at: <http://isiarticles.com/article/۴۸۶۲۰>

– Turan, H.(۲۰۱۶)," The weighting of factors affecting credit risk in banking. Istanbul Conference of Economics and Finance, ICEF ۲۰۱۵, ۲۲-۲۳ October ۲۰۱۵, Istanbul, Turkey. Retrived at: <https://www.researchgate.net/publication/۳۰۴۰۰۰۷۲۱>