



آزمون نوآوری مالی در نظام بانکداری: ارائه یک مدل هیبریدی برای پیش‌بینی و ارزیابی ریسک اعتباری بنگاه‌های متوسط و کوچک (SMEs) در بانک‌های تجاری

کوکب شریفی^۱

امیر محمدزاده^۲

هاشم نیکومرام^۳

ناصر حمیدی^۴

تاریخ دریافت مقاله: ۹۹/۱۰/۱۵ تاریخ پذیرش مقاله: ۹۹/۱۲/۱۷

چکیده

ما در عصری زندگی می‌کنیم که ویژگی آن آهنگ بسیار سریع نوآوری مالی است. مطالعه سیر تاریخی رشد و توسعه اقتصادی کشورهای توسعه‌یافته و صنعتی نشان می‌دهد که یکی از عوامل اصلی پدید آمدن رشد و توسعه سریع و عظیم، وجود اصلاحات مالی^۱ در این کشورها بوده است. انگیزه‌های مختلفی برای افراد و بنگاه‌های فعال در سیستم مالی جهت انجام نوآوری مالی وجود دارد که یکی از مهم‌ترین انگیزه‌ها، معرفی ابزارها و روش‌هایی جهت کاهش، حذف و یا مدیریت ریسک‌های موجود می‌باشد. یکی از مهم‌ترین ابزارهایی که در شرایط کنونی می‌تواند کمک شایانی به بانک‌ها و مؤسسات مالی در مدیریت بهینه مصارف و پیشگیری از مطالبات نماید، طراحی و به‌کارگیری مدل‌های سنجش ریسک اعتباری در اعطای تسهیلات می‌باشد. هدف این تحقیق، ارائه یک الگوی مناسب جهت نوآوری مالی مبتنی بر سنجش ریسک اعتباری بنگاه‌های متوسط و کوچک (SMEs) در بانک‌های تجاری می‌باشد. در این راستا شاخص‌های مؤثر بر ریسک اعتباری SMEها شناسایی و با روش‌های لاجیت، شبکه عصبی و سیستم خبره فازی و در نهایت به‌صورت هیبریدی مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج تحقیق نشان می‌دهد استفاده از مدل ترکیبی نتایج دقیق‌تری در ارزیابی ریسک اعتباری SMEها دارد.

کلمات کلیدی

ریسک اعتباری، لاجیت، شبکه عصبی، سیستم خبره فازی، بنگاه‌های کوچک و متوسط (SMEs)

۱- گروه مدیریت مالی، واحد قزوین، دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین، ایران. Sharifi1034@yahoo.com

۲- گروه مدیریت مالی، واحد قزوین، دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین، ایران. (نویسنده مسئول) amn.1378@yahoo.com

۳- گروه مدیریت مالی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. h-nikoumaram@srbiau.ac.ir

۴- گروه مدیریت صنعتی، واحد قزوین، دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین، ایران. nhamidi1344@gmail.com

نظام بانکی که از نظام‌های مهم در شکل‌گیری ابزارهای مالی است، یکی از مهم‌ترین نقش‌ها را در ارائه خدمات مالی بازی می‌کند. طی سال‌های اخیر تغییرات عمده و گسترده‌ای در جهت نوآوری ابزاری در بانک‌ها اتفاق افتاده که ناشی از دلایل مختلفی می‌باشد. سه دلیل عمده نوآوری‌های ابزاری در نظام بانکی عبارتند از: جستجوی نهادهای مالی برای خلق سود بیشتر، جستجو برای ارائه محصولات و ایده‌های نوین مالی جهت جلب تقاضای نهفته و تغییرات عمده محیطی که اقتصاد و جامعه را تحت تأثیر قرار می‌دهد [۳].

نوآوری مالی مانند خون برای حیات مؤسسات مالی و بانک‌ها الزامی بوده و یکی از مهم‌ترین نوآوری‌ها که از سال ۱۹۹۰ در بانک‌ها استفاده می‌شود، ارزیابی ریسک اعتباری برای متقاضیان کسب‌وکار می‌باشد [۳]. ارزیابی ریسک اعتباری بر اساس متقاضیان بنگاه‌های متوسط و کوچک تکنولوژی نسبتاً جدیدی است که طی سال‌های اخیر در کشورهای خارجی مورد مطالعه قرار گرفته است. به دلیل اینکه بنگاه‌های متوسط و کوچک بخش قابل‌توجهی از مشتریان بانک‌ها را تشکیل می‌دهد، ارائه مدل و راهکارهایی که بتواند ریسک این بخش از مشتریان را کاهش دهد، در نظام بانکی بسیار مؤثر خواهد بود. بنگاه‌های کوچک و متوسط در اقتصاد جهانی با تعاریف متفاوتی از دیگر بنگاه‌ها متمایز شده‌اند. تلاش‌های زیادی برای ارائه تعریف جامع و واحدی از بنگاه‌های کوچک و متوسط از سوی سازمان‌ها و نهادهای اقتصادی بین‌المللی که طی سال‌های بعد از بحران مالی غرب، نقش مهمی در برجسته نمودن نقش بنگاه‌های کوچک و متوسط در اقتصاد جهان ایفا نمودند صورت گرفته است، لکن تاکنون تعریف جامع و واحدی از بنگاه‌های کوچک و متوسط در دست نیست. هر کشور، سازمان یا نهادی بر اساس معیارهای خاص خود بنگاه‌های کوچک و متوسط را تعریف کرده است. اهم معیارهایی که بر اساس آن‌ها بنگاه‌های کوچک و متوسط شناسایی می‌شوند عبارتند از: تعداد کارکنان، میزان سرمایه، ارزش دارایی، میزان فروش سالیانه و نوع مالکیت. البته در برخی موارد سعی شده است تا تلفیقی از این معیارها برای تعریف و دسته‌بندی بنگاه‌های کوچک و متوسط لحاظ شود [۳۴].

یکی از مهم‌ترین انگیزه‌های نوآوری مالی، کاهش و حذف ریسک موجود در بازارها و مؤسسات مالی می‌باشد. از این رو بانک‌ها، همواره به دنبال ابزارها و تکنیک‌هایی می‌باشند تا بتوانند ریسک خود را کاهش داده یا به صفر برسانند. لذا طراحی هر روش و مدلی که بتواند ریسک اعتباری بانک‌ها را کاهش یا حذف نماید، می‌تواند یک نوآوری مالی در صنعت بانکداری محسوب شود.

در این راستا در کشور ایران نیز، بر اساس ماده (۸۰) قانون برنامه پنجم توسعه، که حمایت و توسعه بنگاه‌های کوچک و متوسط مورد تأیید قرار گرفته، بانک‌ها را مکلف به اعطای تسهیلات به بنگاه‌های

آزمون نوآوری مالی در نظام بانکداری: ارائه یک مدل هیبریدی... / شریفی و محمدزاده

مزبور نموده است. از این رو بانکها به منظور مدیریت نوآورانه ریسک این گروه از متقاضیان نمی‌توانند از راه‌های معمول بهره‌گیرند و باید از راه‌های نوآورانه جدید و خلاقانه برای ارزیابی اعتبار و سنجش ریسک بنگاه‌های کوچک و متوسط استفاده کنند. همچنین این راه‌های جدید و خلاقانه باید در بستر فرآیندهای اعتباری ساده و کارآمد قرار گیرند تا قابل اجرا گردند. لذا ایجاب می‌کند در بانکها مدلی جهت ارزیابی و پیش‌بینی میزان ریسک بنگاه‌های کوچک و متوسط وجود داشته باشد. توسعه دانش و ظرفیت پیش‌بینی ریسک، با در اختیار داشتن اطلاعات کامل و موثق مالی، با استفاده از ابزارهایی مانند ارزیابی ریسک اعتباری، کارایی بانکها را جهت ارزیابی و پیش‌بینی ریسک بنگاه‌های کوچک و متوسط افزایش می‌دهد. برخی از دلایل اهمیت و الزام سنجش ریسک اعتباری عبارت‌اند از:

- وجود مدل سنجش ریسک اعتباری موجب می‌شود در انتخاب مشتریان اعتباری، بهداشت اولیه اعتباری رعایت شده، در نتیجه از ایجاد مطالبات در بانکها پیشگیری گردد.
- با توجه به کاهش حاشیه سود بانکها به دلیل تشدید رقابت در بازار و فشار برای کاهش هزینه‌ها، وجود مدل‌های سنجش ریسک اعتباری نوعی برتری نسبی برای بانکها و نهادهای اعتباری ایجاد خواهد کرد.
- وجود مدل‌های سنجش ریسک اعتباری در بانکها، امکان بهینه‌سازی ترکیب پرتفوی اعتباری را فراهم می‌نماید.
- الزامات بانک مرکزی مبنی بر اینکه بانکها به منظور مدیریت ریسک اعتباری بایستی به سیستم اعتبارسنجی مجهز باشند.

با توجه به اهمیت و ضرورت وجود مدل‌های سنجش ریسک اعتباری در بانکها به لحاظ عوامل درون‌سازمانی و برون‌سازمانی، ایجاب می‌کند که بانکها به منظور موفقیت در شرایط رقابتی و همچنین مدیریت بهینه مصارف و پاسخگوی عوامل برون‌سازمانی، سیستم سنجش ریسک اعتباری را طراحی و بهره‌برداری نمایند.

روش‌های آماری، اولین و رایج‌ترین روش‌های استفاده‌شده در ارزشیابی اعتباری یا ارزیابی ریسک اعتباری هستند. پژوهشگران بسیاری از روش‌های آماری برای ساختن مدل ریسک اعتباری استفاده کردند. با توسعه فناوری اطلاعات، اخیراً مدل‌های دقیق‌تری برای ریسک اعتباری بر مبنای رویکردهای هوشمند پیچیده، توسعه یافته‌اند که توانمندتر از مدل‌سازی غیرخطی یا فعالیت‌های کاملاً پیچیده هستند [۲۲]. به عنوان مثال، شافر (۲۰۰۸) در مطالعات مهندسی محیط‌زیست نشان می‌دهد که دقت پیش‌بینی یک مدل رگرسیون منطقی پایین‌تر از مدل ترکیبی شبکه عصبی مصنوعی است. لین (۲۰۰۹)

فصلنامه مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار / شماره چهل و هفتم / تابستان ۱۴۰۰

زمانی که برخی از بانک‌ها از نظر مالی دچار رکود شده‌اند را بررسی کرده و نتایج مشابهی به دست آورده است [۲۲].

اکثر مطالعات قبلی در مدل‌های ریسک اعتباری در قالب دو گروه روش‌های آماری سنتی^۱ و یا تکنولوژی‌های هوش مصنوعی^۲ متمرکز شده‌اند و مستندات و شواهد بسیار کمی بر مدل‌های هیبریدی ریسک اعتباری کسب‌وکارهای SME وجود دارد [۲۴] و [۲۲].

مطالعات هیبریدی انجام شده نشان می‌دهد که این مدل‌ها دارای دقت بیشتر و بالاتری نسبت به انجام هر یک از مدل‌ها به تنهایی می‌باشد.

در همین راستا با توجه به اهمیت موضوع ارزیابی ریسک اعتباری بنگاه‌های متوسط و کوچک برای بانک‌ها، هدف از این تحقیق پیشنهاد یک مدل ترکیبی جدید برای پیش‌بینی و ارزیابی ریسک متقاضیان کسب‌وکارهای کوچک و متوسط در بانک‌های تجاری می‌باشد. در این تحقیق از تکنیک‌های الگوریتم ژنتیک، لاجیت، شبکه عصبی و سیستم خبره فازی کمک گرفته شده و یک مدل جدید ترکیبی جهت ارزیابی و پیش‌بینی ریسک اعتباری مشتریان ارائه گردیده است. برخلاف تحقیقات گذشته که شاخص‌های ارزیابی، صرفاً تعداد محدودی از نسبت‌های مالی می‌باشد، در این تحقیق از شاخص‌های متنوعی شامل شاخص‌های شخصیتی، مالی و بانکی برای ارائه مدل ارزیابی و پیش‌بینی ریسک اعتباری مشتریان استفاده گردیده است.

تحقیقات قبلی روش‌های مختلفی را برای ارزیابی ریسک اعتباری بکار گرفتند. این روش‌ها می‌توانند در روش‌های قدیمی آماری و رویکردهای هوش مصنوعی طبقه‌بندی شوند. روش‌های آماری، اولین و رایج‌ترین روش‌های مورداستفاده در ارزیابی ریسک اعتباری هستند. این روش‌ها شامل رگرسیون خطی، تحلیل متمایز و رگرسیون منطقی و... می‌باشند. سپس روش‌های هوش مصنوعی به‌عنوان روش‌های بهتر برای ارزیابی ریسک اعتباری ارائه شده است. اخیراً نیز مطالعات محدودی ایده ترکیب روش‌های قدیمی و روش‌های هوش مصنوعی تحت عنوان مدل‌های ترکیبی (هیبریدی) را عنوان نموده‌اند. در جداول ذیل تحقیقات خارجی و داخلی که تاکنون در حوزه ریسک اعتباری انجام شده، به‌صورت خلاصه اشاره شده است.

آزمون نوآوری مالی در نظام بانکداری: ارائه یک مدل هیبریدی... / شریفی و محمدزاده

جدول ۱- برخی از تحقیقات خارجی انجام شده

ردیف	نویسنده	سال	مدل مورد استفاده	حوزه تحقیق
۱	Abdou, Crook	۲۰۰۷	رگرسیون لجستیک [۱۵]	ارزیابی ریسک اعتباری
۲	Huang و همکاران	۲۰۰۷	الگوریتم ژنتیک [۲۱]	ارزیابی ریسک اعتباری
۳	Tsai and Wu	۲۰۰۸	شبکه عصبی مصنوعی [۳۰]	ارزیابی ریسک اعتباری
۴	Etemadi و همکاران	۲۰۰۹	الگوریتم ژنتیک [۱۹]	ارزیابی ریسک اعتباری
۵	Ling Lin	۲۰۰۹	الگوی ترکیبی شبکه عصبی و رگرسیون لجستیک [۲۴]	ارزیابی ریسک اعتباری
۶	Chen and Li	۲۰۱۰	مدل SVM را با روش‌های سنتی [۱۶]	ارزیابی ریسک اعتباری
۷	Abdou and Pointon	۲۰۱۱	تحلیل رگرسیون ممیزی [۱۴]	ارزیابی ریسک اعتباری
۸	Hamadani و همکاران	۲۰۱۳	ترکیب الگوریتم ژنتیک و شبکه عصبی مصنوعی [۲۰]	ارزیابی ریسک اعتباری
۹	Oreski و همکاران	۲۰۱۴	ترکیب الگوریتم ژنتیک و شبکه عصبی مصنوعی [۲۷]	ارزیابی ریسک اعتباری
۱۰	Kozeny	۲۰۱۵	الگوریتم ژنتیک [۲۳]	رتبه‌بندی اعتباری
۱۱	Zhao و همکاران	۲۰۱۵	شبکه عصبی مصنوعی [۳۱]	ارزیابی ریسک اعتباری
۱۲	Soydaner and Kocadağlı	۲۰۱۵	شبکه عصبی مصنوعی [۲۸]	ارزیابی ریسک اعتباری
۱۳	Liang و همکاران	۲۰۱۵	ترکیب رگرسیون ممیزی یا الگوریتم ژنتیک با SVM [۲۵]	ارزیابی ریسک اعتباری
۱۴	Kang و همکاران	۲۰۱۶	رگرسیون لجستیک و شبکه عصبی مصنوعی [۲۲]	ارزیابی ریسک اعتباری
۱۵	Eftychia و همکاران	۲۰۱۷	عوامل تعیین کننده ریسک اعتباری سیستم‌های بانکی آفریقا [۱۸]	ریسک اعتباری
۱۶	Di Wang و همکاران	۲۰۱۷	الگوریتم ژنتیک ترکیبی [۱۷]	رتبه‌بندی اعتباری
۱۷	Lingxiao و همکاران	۲۰۱۸	الگوریتم جنگل تصادفی غیر پارامتری [۲۶]	ارزیابی ریسک اعتباری

جدول ۲- برخی از تحقیقات داخلی انجام شده

ردیف	نویسنده	سال	مدل مورد استفاده	حوزه تحقیق
۱	فلاح شمس و همکاران	۱۳۹۰	مقایسه مدل لاجیت و مدل پروپیت [۶]	ریسک اعتباری مشتریان حقیقی
۲	میرزایی و همکاران	۱۳۹۰	رگرسیون لجستیک [۱۰]	شناسایی عوامل مؤثر بر ریسک اعتباری با استفاده از روش رگرسیون لجستیک برای مشتریان حقوقی
۳	ابراهیمی و دریابر	۱۳۹۱	رگرسیون لجستیک و شبکه عصبی [۱]	مدیریت ریسک اعتباری در نظام بانکی با رویکرد DEA
۴	تقوی فرد و همکاران	۱۳۹۳	ترکیب الگوریتم ژنتیک و سیستم خبره فازی [۲]	مدل رتبه بندی
۵	میرغفوری و آشوری	۱۳۹۴	روش پارامتریک (رگرسیون لجستیک) و یک روش ناپارامتریک (درخت تقسیم و رگرسیون) [۱۱]	ارزیابی ریسک اعتباری
۶	عبدلی و فردحریری	۱۳۹۴	رگرسیون لاجیت [۵]	هدف شناسایی عوامل مؤثر بر ریسک اعتباری با استفاده از روش رگرسیون لاجیت
۷	کمیجانی و فلاح	۱۳۹۵	[۷]	شناسایی عوامل درونی تأثیرگذار بر ریسک اعتباری بانکها
۸	حاجی کرد و همکاران	۱۳۹۵	مدل هیبریدی GA-SVM [۸]	شناسایی مشتریان خوش حساب و بد حساب و پیش بینی ریسک اعتباری مشتریان حقوقی
۹	نظری و همکاران	۱۳۹۶	روش یادگیری ماشین و داده کاوی [۱۳]	مدل ریسک اعتباری برای بانکهای خصوصی
۱۰	ناجی و رستگار	۱۳۹۷	تحلیل چندبعدی ترجیحات [۱۲]	ارزیابی ریسک اعتباری
۱۱	محمدی و جواهری	۱۳۹۸	مدل های چند سطحی با استفاده از رگرسیون لجستیک [۹]	طراحی مدل ریسک اعتباری در نظام بانکی

اهداف و فرضیات تحقیق

هدف اصلی این تحقیق ارائه الگوی بهینه جهت نوآوری مالی مبتنی بر ریسک اعتباری بنگاههای متوسط و کوچک در بانکهای تجاری می باشد. ارائه این الگو می تواند موجب مدیریت ریسک اعتباری و کاهش ریسک نکول بنگاههای متوسط و کوچک شود.

بر اساس هدف تحقیق، فرضیات تحقیق به صورت زیر شکل گرفته است:

- ۱- سنجش نوآوری مالی مبتنی بر طراحی مدل هیبریدی ریسک اعتباری، الگوی مناسبی برای پیش بینی و ارزیابی ریسک اعتباری متقاضیان بنگاههای کوچک و متوسط در بانکهای تجاری است.
- ۲- سنجش نوآوری مالی مبتنی بر مدل هیبریدی ریسک اعتباری دارای قدرت پیش بینی و ارزیابی بهتر و بالاتری نسبت به مدل لاجیت است.

آزمون نوآوری مالی در نظام بانکداری: ارائه یک مدل هیبریدی... / شریفی و محمدزاده

۳- سنجش نوآوری مالی مبتنی بر مدل هیبریدی ریسک اعتباری دارای قدرت پیش‌بینی و ارزیابی بهتر و بالاتری نسبت به مدل شبکه عصبی است.

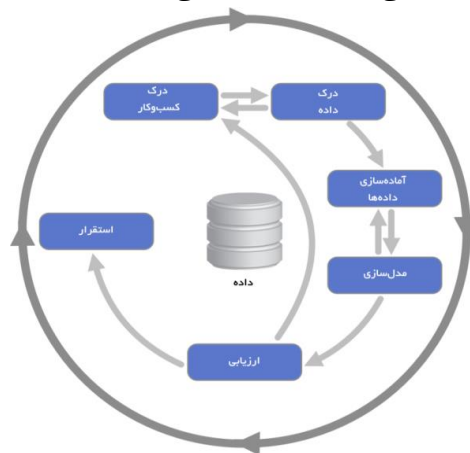
۴- سنجش نوآوری مالی مبتنی بر مدل هیبریدی ریسک اعتباری دارای قدرت پیش‌بینی و ارزیابی بهتر و بالاتری نسبت به مدل سیستم خبره فازی است.

روش تحقیق

نوع روش تحقیق به لحاظ هدف از نوع توصیفی، مقایسه‌ای و پیمایشی است و به لحاظ نتایج کاربردی است و به لحاظ ماهیت اکتشافی است. از لحاظ ماهیت داده‌ها تحقیق از نوع پس‌رویدادی (تاریخی) است. بخشی از اطلاعات تحقیق از طریق مصاحبه با خبرگان انجام گرفته و کیفی است و بخش مدل‌سازی که از تکنیک‌های ریاضی استفاده شده است، کمی می‌باشد، لذا تحقیق به لحاظ فرآیند اجرا در گروه پژوهش‌های آمیخته (کیفی-کمی) می‌باشد. قلمرو زمانی پژوهش حاضر، از اردیبهشت سال ۹۷ تا اسفندماه سال ۹۸ می‌باشد. تعداد ۱۲۰ پرونده اعتباری شرکت‌های کوچک و متوسط بانک‌های تجاری در بخش صنعت که در سال‌های بین ۹۷-۹۸ تسهیلات دریافت نموده‌اند انتخاب گردید.

مدل مفهومی تحقیق

برای ایجاد مدل مفهومی تحقیق، از مدل استاندارد CRISP-DM^۴ که یکی از روش‌های بسیار قوی در داده‌کاوی است، الگوبرداری شده است. این روش شامل شش گام درک کسب‌وکار، شناخت و درک داده، آماده‌سازی داده، مدل‌سازی، ارزیابی، استقرار و توسعه می‌باشد [۴].



نمودار ۱- مدل فرآیند استاندارد CRISP-DM

با الگوبرداری از رویکرد استاندارد CRISP-DM مدل مفهومی تحقیق در پنج گام ذیل خلاصه شده است:

شناخت داده‌ها (شناخت و تعیین شاخص‌ها)

هراندازه شاخص‌ها، دقیق‌تر و جامع‌تر و باکیفیت‌تر انتخاب شوند، خروجی کار، دقیق‌تر و کاراتر خواهد بود. برای انتخاب شاخص‌های مؤثر در پیش‌بینی و ارزیابی ریسک اعتباری بنگاه‌های متوسط و کوچک ابتدا با مطالعه ادبیات پژوهش، معیارهای مرتبط و غیرتکراری در پیش‌بینی و ارزیابی ریسک اعتباری بنگاه‌های متوسط و کوچک شناسایی و استخراج گردید. همچنین به منظور غنی‌تر شدن شاخص‌ها با خبرگان و متخصصین اعتباری مصاحبه و نقطه نظرات آن‌ها دریافت گردید. در ادامه فهرست ۵۳ شاخص (متغیر) استخراج‌شده بر اساس ادبیات پژوهش و نظر خبرگان انتخاب گردید. متغیرهای انتخاب‌شده شامل شاخص‌های رفتاری و شخصیتی، شاخص‌های مالی و نسبت‌های مالی می‌باشد. در نهایت متغیرها با توجه به داده‌های موجود با استفاده از روش انتخاب ویژگی^۵ کاهش ویژگی انجام‌شده و ۸ شاخص به‌عنوان شاخص‌های مهم و مؤثر بر ریسک اعتباری مشتریان اعتباری انتخاب شدند.

آماده‌سازی داده‌ها

پس از تعیین شاخص‌ها (متغیرهای تحقیق)، تعداد ۱۲۰ پرونده مشتریان اعتباری حقوقی متوسط و کوچک در بخش صنعت که طی سال‌های ۹۷ و ۹۸ تسهیلات دریافت کرده بودند، انتخاب گردید. پرونده‌های منتخب ترکیبی از پرونده‌های مشتریان خوش‌حساب که به‌موقع به تعهدات خود عمل نموده و مشتریان مطالباتی در سرفصل‌های سررسید گذشته، معوق و مشکوک الوصول می‌باشد.

پیش‌پردازش داده‌ها

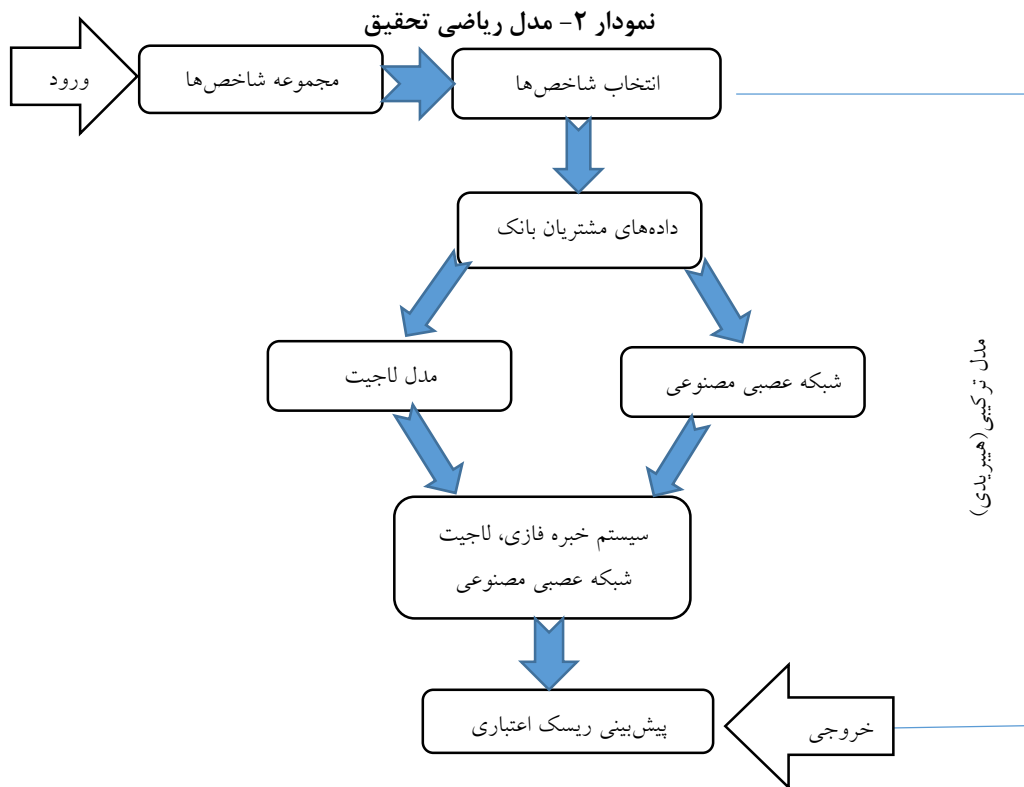
در مرحله اول داده‌ها بررسی و به دلیل کافی نبودن داده‌ها، یک سری پرونده جدید مطالباتی به داده‌های موجود اضافه گردید. در ادامه داده‌های پرت با استفاده از تکنیک^۶ Outliers Data شناسایی شده و موارد پرت مجدداً مورد بررسی قرار گرفته و مواردی که خطای کاربری داشت اصلاح گردید تا قابلیت استفاده در مدل را داشته باشد.

مدل‌سازی ریاضی تحقیق

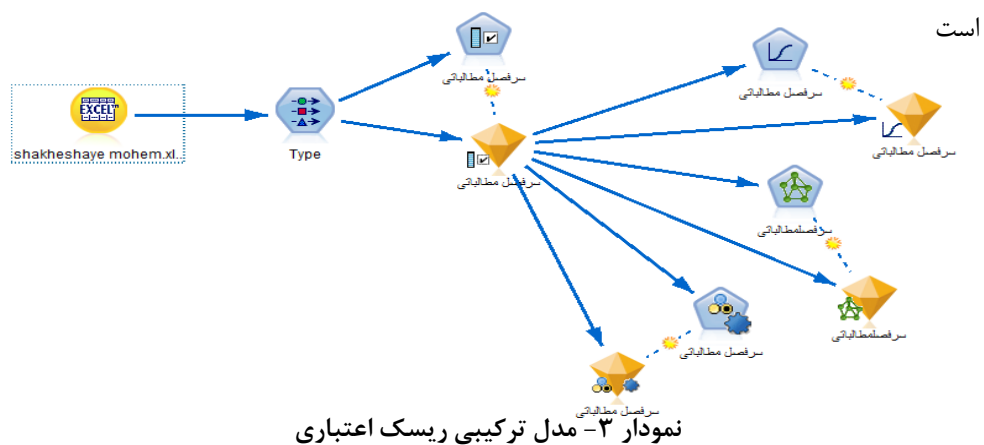
در مدل طراحی‌شده، شاخص‌ها بر اساس ادبیات تحقیق و نظر خبرگان شناسایی شده و با استفاده از روش‌های انتخاب ویژگی، کاهش ویژگی انجام‌شده و شاخص‌های مهم انتخاب شدند. داده‌های تحقیق به دلیل ناکافی بودن داده‌ها در مرحله اول، طی دو مرحله جمع‌آوری گردیده و جهت استفاده مدل‌ها پاک‌سازی و اصلاح‌شده است. داده‌ها با مدل لاجیت، شبکه عصبی و سیستم خبره فازی انجام‌شده و

آزمون نوآوری مالی در نظام بانکداری: ارائه یک مدل هیبریدی... / شریفی و محمدزاده

در نهایت نتایج مدل‌های مختلف باهم مقایسه شده و مدلی برای ارزیابی ریسک اعتباری بنگاه‌های متوسط و کوچک ارائه گردیده است:



همچنین در نمودار (۳) نمایی از نحوه به‌کارگیری مدل‌ها در سنجش ریسک اعتباری نشان داده شده



مدل لاجیت

رگرسیون لجستیک (Logistic regression) یک مدل آماری رگرسیون برای متغیرهای وابسته دو سویی مانند بیماری یا سلامت، مرگ یا زندگی است. این مدل را می‌توان به‌عنوان مدل خطی تعمیم‌یافته‌ای که از تابع لاجیت به‌عنوان تابع پیوند استفاده می‌کند و خطایش از توزیع چندجمله‌ای پیروی می‌کند، به حساب آورد. منظور از دو سویی بودن، رخ داد یک واقعه تصادفی در دو موقعیت ممکنه است. به‌عنوان مثال خرید یا عدم خرید، ثبت‌نام یا عدم ثبت‌نام، ورشکسته شدن یا ورشکسته نشدن و ... متغیرهایی هستند که فقط دارای دو موقعیت هستند و مجموع احتمال هر یک آن‌ها در نهایت یک خواهد شد. [۳۲]

رگرسیون لجستیک می‌تواند یک مورد خاص از مدل خطی عمومی و رگرسیون خطی دیده شود. مدل رگرسیون لجستیک، بر اساس فرض‌های کاملاً متفاوتی (درباره رابطه متغیرهای وابسته و مستقل) از رگرسیون خطی است. تفاوت مهم این دو مدل در دو ویژگی رگرسیون لجستیک می‌تواند دیده شود. اول توزیع شرطی $y | x \rightarrow$ یک توزیع برنولی به‌جای یک توزیع گوسی است چون که متغیر وابسته دودویی است. دوم مقادیر پیش‌بینی احتمالاتی است و محدود بین بازه صفر و یک و به کمک تابع توزیع لجستیک به دست می‌آید رگرسیون لجستیک احتمال خروجی پیش‌بینی می‌کند [۳۲].

در این تحقیق مدل لاجیت در دو مرحله انجام شده، در مرحله اول با همه شاخص‌ها و در مرحله دوم با شاخص‌های مهم انتخاب شده از کاهش ویژگی‌ها مدل انجام شده است و برای هر یک از سرفصل‌های مطالباتی سررسید گذشته، معوق و مشکوک الوصول به تفکیک محاسبه گردیده است، که در اینجا به‌طور نمونه محاسبه مدل لاجیت با کاهش ویژگی‌ها بر اساس سرفصل مشکوک الوصول به‌صورت زیر استخراج گردیده است:

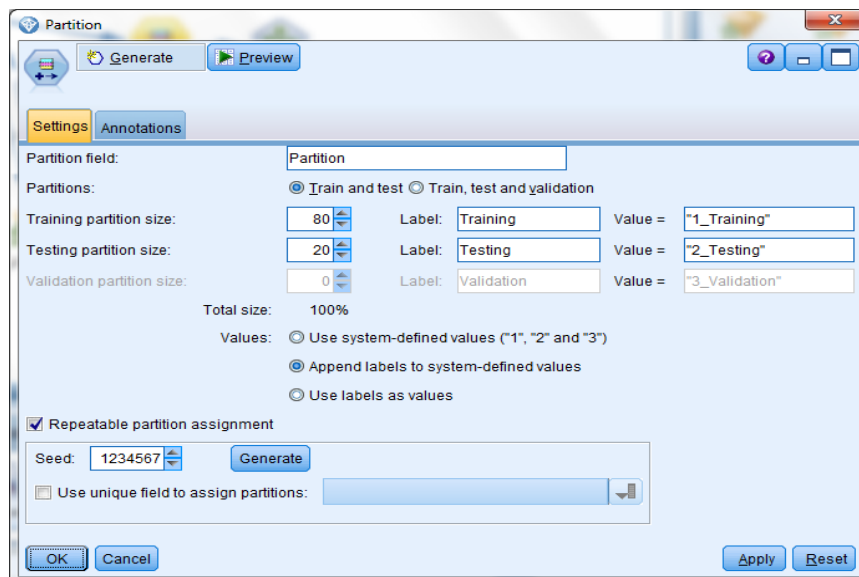
$$\begin{aligned} & - ۰,۰۰۰۳۴۱۵ * سرمایه ثبت شده + \\ & - ۰,۰۰۲۹۲۴ * موجودی نقد و بانک + \\ & - ۰,۰۰۲۷ * مازاد تجدید ارزیابی دارایی‌ها + \\ & - ۰,۰۰۰۲۸۶۴ * جمع حقوق صاحبان سهام / سرمایه + \\ & - ۱۵۴,۰ * نسبت گردش دارایی‌ها + \\ & + ۱۸۰,۴ \end{aligned}$$

آزمون نوآوری مالی در نظام بانکداری: ارائه یک مدل هیبریدی... / شریفی و محمدزاده

شبکه عصبی مصنوعی

فلسفه اصلی شبکه عصبی مصنوعی، مدل کردن ویژگی‌های پردازشی مغز انسان برای تقریب زدن روش‌های معمول محاسباتی با روش پردازش زیستی است. به بیان دیگر، شبکه عصبی مصنوعی روشی است که دانش ارتباط بین چند مجموعه داده را از طریق آموزش فراگرفته و برای استفاده در موارد مشابه ذخیره می‌کند. این پردازنده از دو جهت مشابه مغز انسان عمل می‌کند: [۳۳]

- یادگیری شبکه عصبی از طریق آموزش صورت می‌گیرد.
 - وزن دهی مشابه با سیستم ذخیره‌سازی اطلاعات، در شبکه عصبی مغز انسان انجام می‌گیرد.
- در روش شبکه عصبی مصنوعی ۸۰٪ داده‌ها به‌عنوان یادگیری و ۲۰٪ داده‌ها برای آزمون یا تست استفاده شده است، که در شکل (۴) نشان داده شده است.



نمودار ۴- پیش‌آزمون و پس‌آزمون شبکه عصبی مصنوعی

در روش شبکه عصبی مصنوعی نیز مدل در دو مرحله انجام شده است، مرحله اول با همه شاخص‌ها و مرحله دوم با شاخص‌های مهم انتخاب شده از کاهش ویژگی‌ها مدل اجرا شده است. در مرحله اول که مدل با همه شاخص‌ها اجرا شده است، دقت مدل حدود ۵۰٪ است، به این ترتیب که در مطالبات سررسید گذشته ۵۰٪ سررسید گذشته و ۱۰۰٪ مطالبات معوق و مطالبات مشکوک الوصول را درست تشخیص داده است. در مرحله دوم که مدل با شاخص‌های مهم انتخاب شده از کاهش ویژگی‌ها اجرا شده، دقت

فصلنامه مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار / شماره چهل و هفتم / تابستان ۱۴۰۰

مدل به ۸۷,۵٪ افزایش یافته است. آزمون صورت گرفته نشان می‌دهد که در این حالت، مدل ۱۰۰٪ پرونده‌های سررسید گذشته و مشکوک الوصول و ۷۱,۴٪ پرونده‌های معوق را درست تشخیص داده، ولی ۲۸,۶٪ پرونده‌های معوق را مشکوک الوصول تشخیص داده است. با توجه به اینکه ۸۰٪ داده‌ها برای یادگیری استفاده شده، دقت مدل را افزایش داده و به ۸۷,۵٪ رسیده است که بیانگر دقت قابل‌ملاحظه و بالایی می‌باشد.

جدول ۳- اجرای شبکه عصبی: شاخص‌های مهم انتخاب‌شده از کاهش ویژگی‌ها

سرفصل مطالبیاتی
Overall Percent Correct = 87.5%

Observed	Predicted		
	سررسید گذشته	مشکوک الوصول	معوق
سررسید گذشته	100.0%	0.0%	0.0%
مشکوک الوصول	0.0%	100.0%	0.0%
معوق	0.0%	28.6%	71.4%

سیستم خبره فازی

سیستم‌های خبره فازی نوعی از سیستم‌های خبره‌اند که به‌جای استفاده از منطق دو ارزشی، در آن‌ها از منطق فازی استفاده می‌شود.

درواقع سیستم‌های خبره فازی مجموعه‌ای از توابع عضویت و قوانین را شامل می‌شوند که در مجموع برای استدلال استفاده می‌گردند. سیستم‌های فازی مبتنی بر دانش یا قواعد هستند و هسته مرکزی یک سیستم فازی پایگاه دانشی است که از قواعد فازی تشکیل شده است و بر اساس قواعد اگر- آنگاه می‌باشد.

RULE Rule1

IF y1 Low AND
y2 Low AND
r1 Low

THEN o1 VLow

ENDRULE

آزمون نوآوری مالی در نظام بانکداری: ارائه یک مدل هیبریدی... / شریفی و محمدزاده

RULE Rule2

```
IF      y1 High AND
        y2 High AND
        r1 High
THEN   o1 VHigh
```

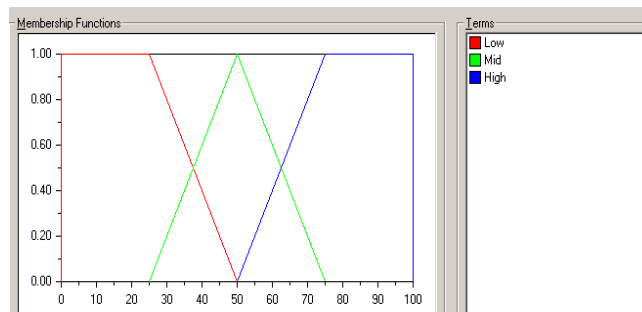
ENDRULE

در سیستم خبره فازی برخلاف مدل‌های لاجیت و شبکه عصبی مصنوعی، از داده‌ها استفاده نشده، بلکه از خبرگان نظرسنجی شده است. از ۸ نفر از خبرگان بانکی بر اساس قوانین اگر- آنگاه سؤال شد. که به برخی از قوانین عنوان شده توسط خبرگان اشاره می‌گردد:

اگر نسبت گردش دارائی‌های شرکتی افزایش یابد، آنگاه مطالبات کاهش می‌یابد
اگر نسبت مالکانه شرکتی کاهش یابد، آنگاه مطالبات افزایش می‌یابد.

بر اساس مدل خبره فازی هریک از شاخص‌ها با توابع فازی مثلثی مشخص می‌گردد، که تابع عضویت را برای آن شاخص نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل زیر مشخص گردیده، مقادیر کم زیر ۵۰، مقادیر متوسط بین ۲۵-۷۵ و مقادیر زیاد بالای ۵۰ می‌باشد

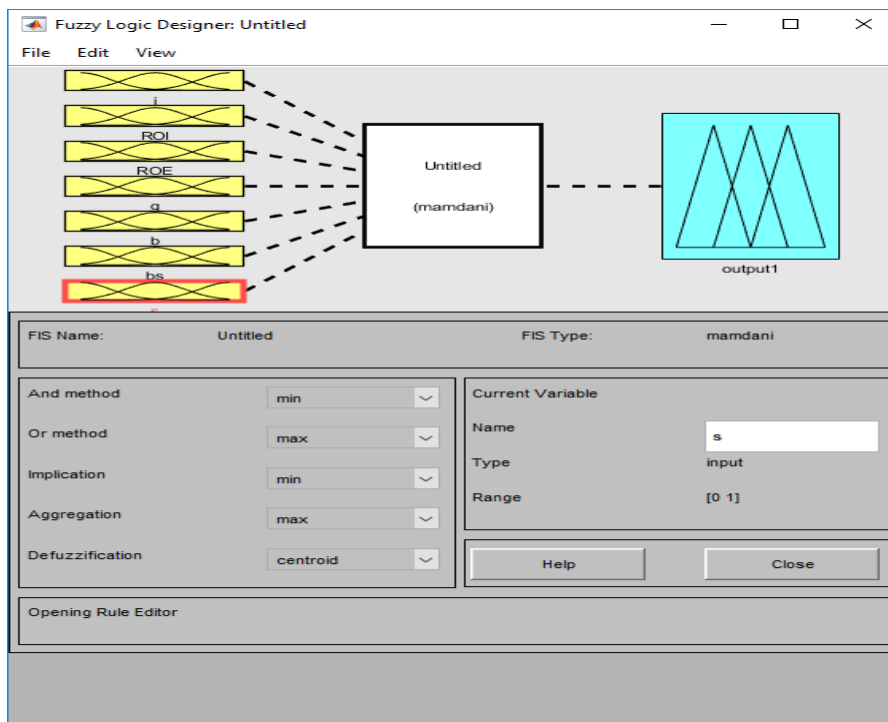
نمودار ۵- توابع فازی مثلثی سیستم خبره فازی (نرم‌افزار matlab)



در ورودی سیستم خبره فازی از نسبت‌های مالی به‌عنوان شاخص‌های مالی استفاده شده است، که برخی از نسبت‌های مالی انتخابی خبرگان شامل نسبت مالکانه، نسبت بازده دارائی‌ها، نسبت بازده حقوق صاحبان سهام، نسبت بدهی، سود خالص می‌باشد. نمونه‌ای از قوانین سیستم خبره فازی به‌صورت زیر است:

If (j is high) and (ROI is high) and (ROE is high) and (g is high) and (b is low) and (bs is low) and (s is high) then (output1 is high) (1)

۶- نمودار سیستم خبره فازی (نرم افزار matlab)



بر اساس خروجی‌های به دست آمده، دقت مدل سیستم خبره فازی ۵۲٫۶۳٪ می‌باشد.

یکی از مزیت‌های مهم سیستم خبره فازی، تحلیل حساسیت آن می‌باشد. با استفاده از نمودارهای تحلیل حساسیت، می‌توان نحوه اثر هر یک از شاخص‌ها را بر رتبه و وضعیت شناسایی کرده و مشخص کرد که با تغییر کدام شاخص یا شاخص‌ها می‌توان موجب ارتقاء یا نزول رتبه مشتری شد. به عبارت دیگر بعد از اینکه سیستم خبره فازی اجرا گردید، می‌توان از طریق تحلیل حساسیت موجود در سیستم خبره فازی مشخص کرد که یک مشتری مطالباتی کدام یک از شاخص‌ها را تغییر دهد، وضعیت مطالباتی او کاهش می‌یابد و مشتری می‌تواند تسهیلات دریافت کند و هم‌زمان برای بانک کم‌ریسک باشد. همان‌طور که در شکل زیر نشان داده شده است، به ترتیب پارامترهای مؤثر در تغییر وضعیت مشتری مشخص شده و با حرکت دادن هر یک از شاخص‌ها می‌توان تأثیر آن را بر وضعیت مشتری مشاهده نمود.

سیستم هیبریدی (ترکیبی)

در روش هیبریدی (ترکیبی)، نتایج حاصل از مدل لاجیت، شبکه عصبی مصنوعی و نسبت‌های مالی

آزمون نوآوری مالی در نظام بانکداری: ارائه یک مدل هیبریدی... / شریفی و محمدزاده

سیستم خبره فازی وارد سیستم خبره فازی می‌شوند. در سیستم خبره فازی، هر یک از مدل‌ها به‌تنهایی و به‌صورت ترکیبی محاسبه و خروجی استخراج می‌گردد. اگر خروجی‌های دو مدل از سه مدل ورودی سیستم مطلوب باشد، به این مفهوم است، که مشتری اعتباری، مشتری خوبی بوده و ریسک آن کم است، ولی اگر برعکس خروجی‌های دو مدل از سه مدل ورودی سیستم نامطلوب باشد، نشان می‌دهد، احتمال مطالباتی شدن این مشتری وجود دارد. بنابراین در تصمیم‌گیری اعتباری بایستی به مشتریانی که احتمال نکول آن‌ها وجود دارد یا تسهیلات اعطا نگردد و در صورت اعطای تسهیلات از آن‌ها وثایق محکم اخذ گردد. در جدول ذیل دقت هر یک از مدل‌ها و مدل ترکیبی نشان داده شده است.

جدول ۴- مقایسه دقت مدل‌های پیش‌بینی ریسک اعتباری

مدل	دقت مدل
لاجیت	۵۷٫۸۹٪
شبکه عصبی مصنوعی	۸۷٫۵٪
سیستم خبره فازی	۵۲٫۶۳٪
مدل هیبریدی (ترکیبی)	۹۲٫۱۱٪

بر اساس نتایج مستخرجه، با مقایسه هر یک از روش‌های لاجیت، شبکه عصبی مصنوعی و سیستم خبره فازی با مدل هیبریدی مشخص می‌شود، روش هیبریدی دارای دقت و قدرت بالاتری در پیش‌بینی و ارزیابی ریسک مشتریان اعتباری دارد. لذا همه فرضیات تحقیق مورد تایید قرار می‌گیرد.

تست و ارزیابی مدل

برای ارزیابی هر مشتری، ترکیب مدل‌های لاجیت، شبکه عصبی مصنوعی و سیستم خبره فازی را برای مشتری انجام می‌گیرد، جوابی که از مدل‌ها به دست می‌آید، اگر خروجی هر سه مدل یکسان باشد، تصمیم قطعی در خصوص پرداخت یا عدم پرداخت تسهیلات به مشتری گرفته می‌شود. ولی اگر اختلافی بین خروجی‌های یک مدل با مدل‌های دیگر وجود داشته باشد، تصمیم‌گیری به فرد خبره واگذار می‌گردد تا با استفاده از تحلیل حساسیت، مشتری را جهت تغییر شاخص‌ها راهنمایی نماید.

با توجه به دقت بالای مدل ترکیبی، نتایج تحقیق نشان می‌دهد، استفاده از یک مدل هیبریدی در ارزیابی ریسک اعتباری و بالطبع تصمیم‌گیری اعتباری، بنگاه‌های متوسط و کوچک دقیق‌تر عمل می‌کند. بر اساس بررسی‌های صورت گرفته در مطالعات داخلی می‌توان گفت این مطالعه، اولین تحقیقی است که یک مدل ترکیبی برای پیش‌بینی و ارزیابی ریسک اعتباری بنگاه‌های متوسط و کوچک ارائه نموده است و می‌تواند به‌عنوان یک نوآوری مالی ابزاری در حوزه بانکی محسوب شود.

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

نظام بانکی یکی از نظام‌های مهم در شکل‌گیری ابزارهای مالی بوده و نقش مهمی را در ارائه خدمات مالی بازی می‌کند. طی سال‌های اخیر تغییرات عمده و گسترده‌ای در جهت نوآوری ابزاری در بانک‌ها اتفاق افتاده است. یکی از مهم‌ترین نوآوری‌ها که از سال ۱۹۹۰ در بانک‌ها استفاده می‌شود ارزیابی ریسک اعتباری برای متقاضیان کسب‌وکار می‌باشد. ارزیابی ریسک اعتباری بر اساس متقاضیان بنگاه‌های متوسط و کوچک (SME) تکنولوژی نسبتاً جدیدی است که طی سال‌های اخیر در کشورهای خارجی مورد مطالعه قرار گرفته است.

با توجه به اهمیت موضوع ارزیابی ریسک اعتباری بنگاه‌های متوسط و کوچک برای بانک‌ها، ارائه یک مدل ترکیبی جدید برای پیش‌بینی و ارزیابی ریسک متقاضیان کسب‌وکارهای کوچک و متوسط (SME) می‌تواند کمک شایانی به بانک‌های تجاری نماید. در این تحقیق برای ارزیابی ریسک اعتباری بانک‌های تجاری از شاخص‌های متنوعی شامل شاخص‌های رفتاری و شخصیتی، مالی و نسبت‌های مالی استفاده شده و با استفاده از تکنیک‌های لاجیت، شبکه عصبی و سیستم خبره فازی یک مدل جدید هیبریدی (ترکیبی) جهت ارزیابی و پیش‌بینی ریسک اعتباری مشتریان ارائه گردیده است. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که با کمک ترکیبی از تکنیک‌ها با دقت ۹۲,۱۱٪ می‌توان به نتایج صحیح‌تر و دقیق‌تر و در نتیجه تصمیم‌گیری درست‌تری دست‌یافت. یکی از مزیت‌های مهم در این مدل‌ها استفاده از تحلیل حساسیت می‌باشد که بعد از خروجی مدل با استفاده از تحلیل حساسیت می‌توان مشتری در جهت بهبود وضعیت راهنمایی کرد.

از آنجائی که یکی از مهم‌ترین انگیزه‌های نوآوری مالی، کاهش و حذف ریسک موجود در بازارها و مؤسسات مالی می‌باشد. با توجه به اینکه مدل ترکیبی ارائه شده برای پیش‌بینی و ارزیابی ریسک اعتباری بنگاه‌های متوسط و کوچک، با دقت بسیار بالایی ریسک اعتباری مشتریان را شناسایی می‌کند، می‌تواند به‌عنوان یک نوآوری مالی، در جهت کاهش ریسک اعتباری در صنعت بانکداری محسوب شود.

برای تحقیقات آتی پیشنهاد می‌گردد که تحقیق حاضر برای مشتریان شرکتی (شرکت‌های بزرگ) و مشتریان حقیقی (مشتریان خرد) در بانک‌های تجاری نیز انجام‌گیرد. همچنین با استفاده از ترکیب مدل‌های بیشتری از جمله انواع شبکه‌های عصبی، مدل AHP, MADM, MCDM, SAW و... استفاده نمود.

آزمون نوآوری مالی در نظام بانکداری: ارائه یک مدل هیبریدی... / شریفی و محمدزاده

منابع

- ۱) ابراهیمی مرضیه، دریابر عبدالله، مدیریت ریسک اعتباری در نظام بانکی - رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها و رگرسیون لجستیک و شبکه عصبی، فصلنامه دانش سرمایه‌گذاری، ۱۳۹۱، سال اول، شماره دوم
- ۲) تقوی فرد محمدتقی، سادات حسینی فریبا، خان بابایی محمد، مدل رتبه‌بندی اعتباری هیبریدی با استفاده از الگوریتم‌های ژنتیک و سیستم‌های خبره فازی (مطالعه موردی: مؤسسه مالی و اعتباری قوامین)، مدیریت فناوری اطلاعات، ۱۳۹۳، دوره 6، شماره ۱، صص ۳۱-۴۶
- ۳) رهنمای رودپشتی فریدون، امیرحسینی زهرا، بازار رهن و اوراق بهادار به پشتوانه املاک و مستغلات، انتشارات ترمه، تهران، ۱۳۹۰
- ۴) شکورزاده شبنم - کباری آذر امیر - اسدیان محمد، داده‌کاوی بر اساس متدولوژی CRISP-DM بهبودیافته و مدل شبکه عصبی در شبکه توزیع برق، پنجمین کنفرانس مهندسی دانش‌بنیان و نوآوری اسفند ۱۳۹۷
- ۵) عبدلی قهرمان، فرد حریری علیرضا، الگوسازی سنجش ریسک اعتباری مشتریان حقوقی بانک رفاه، فصلنامه نظریه‌های کاربردی اقتصاد، ۱۳۹۴، سال دوم، شماره ۱، صص ۱-۲۴
- ۶) فلاح شمس میرفیض، مهدوی راد، طراحی مدل اعتبارسنجی و پیش‌بینی ریسک اعتباری مشتریان تسهیلات لیزینگ (مورد مطالعه: شرکت لیزینگ ایران خودرو)، فصلنامه پژوهشنامه اقتصادی (رویکرد اسلامی - ایرانی)، ۱۳۹۱، سال دوازدهم، شماره ۴۴، صص ۲۳۴-۲۱۳
- ۷) کمیجانی اکبر، فلاحی سامان، شناسایی عوامل درونی تأثیرگذار بر ریسک اعتباری بانک‌ها، تحقیقات اقتصادی، ۱۳۹۵، دوره ۵۱، شماره ۳، صص ۶۵۲-۶۳۵
- ۸) محمدیان حاجی کرد امین، اصغرزاده زعفرانی ملیحه، امام دوست مصطفی، بررسی ریسک اعتباری مشتریان حقوقی با استفاده از مدل ماشین بردار پشتیبان و مدل هیبریدی الگوریتم ژنتیک مطالعه موردی بانک تجارت، مجله مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار، ۱۳۹۵، شماره بیست و هفتم
- ۹) محمدی تیمور، جوهری هادی، طراحی و تدوین مدل ریسک اعتباری در نظام بانکی کشور با استفاده از مدل‌های چند سطحی، فصلنامه علمی پژوهشی دانش مالی تحلیل اوراق بهادار، ۱۳۹۸، سال دوازدهم، شماره چهل و یکم بهار
- ۱۰) میرزائی حسین، نظریان رافیک، باقری رعنا، بررسی عوامل مؤثر بر ریسک اعتباری اشخاص حقوقی بانک‌ها (مطالعه موردی شعب بانک ملی ایران، شهر تهران)، فصلنامه روند پژوهش‌های اقتصادی، ۱۳۹۰، سال نوزدهم، شماره ۵۸، صص ۶۷-۹۸

فصلنامه مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار / شماره چهل و هفتم / تابستان ۱۴۰۰

۱۱) میر غفوری سید حبیب، امین آشوری زهره، ارزیابی ریسک اعتباری مشتریان بانکها، دو فصلنامه علمی پژوهشی کاوش‌های مدیریت بازرگانی، ۱۳۹۴، سال هفتم، شماره ۱۳، صص ۱۶۶-۱۴۷

۱۲) ناجی اصفهانی سید علی، رستگار محمدعلی، برآورد ریسک اعتباری مشتریان با استفاده از تحلیل چندبعدی ترجیحات (مطالعه موردی: یک بانک تجاری در ایران)، فصلنامه مدل‌سازی اقتصادی، دوره ۱۲، شماره ۴۴، زمستان ۱۳۹۷، صفحه 143-161

۱۳) نظری فشتالی شقایق، غلامی شهیندی حمید، ارائه مدل ارزیابی ریسک اعتباری برای بانک‌های خصوصی، کنفرانس پژوهش‌های نوین ایران و جهان در مدیریت، اقتصاد حسابداری و علوم انسانی، شیراز، ۲۸ اردیبهشت ۱۳۹۶

14) Abdou, H. A., and Pointon, J. (2011). Credit scoring, statistical techniques and evaluation criteria: A review of the literature. *Intelligent Systems in Accounting, Finance and Management*, 18(2-3), 59-88.

15) Abdou, H., El-Masry, A., & Pointon, J. (2007). On the applicability of credit scoring models in Egyptian banks. *Banks and Bank Systems*, 2(1), 4.

16) Chen, F. L., & Li, F. C. (2010). Combination of feature selection approaches with SVM in credit scoring. *Expert Systems with Applications*, 37(7), 4902-4909

17) Di Wang, Zuoquan Zhang, Rongquan Bai, Yanan Mao(2018), A hybrid system with filter approach and multiple population genetic algorithm for feature selection in credit scoring *Journal of Computational and Applied Mathematics* Volume 329, Pages 307-321

18) Eftychia Nikolaidoua, Sofoklis Vogiazasb(2017), Credit risk determinants in Sub-Saharan banking systems: Evidence from five countries and lessons learnt from Central East and South East European countries *Review of Development Finance*, 52-63

19) Etemadi, H., Rostamy, A. A. A., & Dehkordi, H. F. (2009). A genetic programming model for bankruptcy prediction: Empirical evidence from Iran. *Expert Systems with Applications*, 36(2), 3199-3207.

20) Hamadani, A. Z., Shalbazadeh, A., Rezvan, T., & Moghadam, A. (2013). An integrated genetic-based model of naive Bayes networks for credit scoring. *International Journal of Artificial Intelligence & Applications*, 4(1), 85.

21) Huang, C. L., Chen, M. C., & Wang, C. J. (2007). Credit scoring with a data mining approach based on support vector machines. *Expert systems with applications*, 33(4), 847-856.

22) Kang Li, Jyrki Niskanen, Mikko Kolehmainen, Mervi Niskanen(2016). Financial Innovation: Credit Default Hybrid Model for SME Lending, *Expert Systems with Applications*

23) Kozeny, V. (2015). Genetic algorithms for credit scoring: Alternative fitness function performance comparison. *Expert Systems with Applications*, 42(6), 2998-3004.

آزمون نوآوری مالی در نظام بانکداری: ارائه یک مدل هیبریدی... / شریفی و محمدزاده

- 24) Lin, S. L. (2009). A new two-stage hybrid approach of credit risk in banking industry. *Expert Systems with Applications*, 36(4), 8333-8341
- 25) Liang, D., Tsai, C. F., & Wu, H. T. (2015). The effect of feature selection on financial distress prediction. *Knowledge-Based Systems*, 73, 289-297.
- 26) Lingxiao Tang, Fei Caib, Yao Ouyanga, (2019), Applying a nonparametric random forest algorithm to assess the credit risk of the energy industry in China, *Technological Forecasting and Social Change* Volume 144, Pages 563-572
- 27) Oreski, S., & Oreski, G. (2014). Genetic algorithm-based heuristic for feature selection in credit risk assessment. *Expert systems with applications*, 41(4), 2052-2064
- 28) Soydaner, D., & Kocadağlı, O. (2015). Artificial Neural Networks with Gradient Learning Algorithm for Credit Scoring. *Istanbul University Journal of the School of Business*, 44(2), 003-012.
- 29) Shu Ling Lin (2009), A new two-stage hybrid approach of credit risk in banking industry, *Expert Systems with Applications* Volume 36, Issue 4, Pages 8333-8341
- 30) Tsai, C.-F., and Wu, J.-W. (2008). Using neural network ensembles for bankruptcy prediction and credit scoring. *Expert Systems with Applications*, 34(4), 2639-2649
- 31) Zhao, Z., Xu, S., Kang, B. H., Kabir, M. M. J., Liu, Y., & Wasinger, R. (2015). Investigation and improvement of multi-layer perception neural networks for credit scoring. *Expert Systems with Applications*, 42(7), 3508-3516
- 32) https://fa.wikipedia.org/wiki/رگرسیون_لجستیک
- 33) <http://www.brainworld.ir/1398/01/08/مصنوعی-شبکه-عصبی-artificial-neural-networks>
- 34) <http://www.ifc.org/msmecountryindicators>

یادداشت‌ها:

^۱ Financial Reform

^۲ (Banasik, Crook & Thomas, 2001) (Altman & sabato, 2007) (Altman, 1968)

^۳ (Angelini, Tollo & Roli, 2008), (Tsai & Wu, 2008)

^۴ Cross-industry standard process for data mining as CRISP-DM

^۵ Feature Selection Methods

^۶ Outliers Data