



Kharazmi University

Designing a Comparative Model of Bank Credit Risk Using Neural Network Models, Survival Probability Function and Support Vector Machine

Nasreen Motdin^{1*}  | Rafik Nazarian²  | Marjan Daman-Ksheidh³ 
| Roya Seifipour⁴ 

1. PhD student of Economics, Islamic Azad University, Central Tehran branch, Tehran. Email: nmotedayen@gmail.com
2. Assistant Professor, Islamic Azad University, Central Tehran Branch, Tehran (Corresponding Author). Email: r-nazarian@yahoo.com
3. Assistant Professor, Islamic Azad University, Central Tehran Branch, Tehran. Email: m.damankeshehideh@yahoo.com
4. Assistant Professor, Islamic Azad University, Central Tehran Branch, Tehran. Email: resifipour@yahoo.com

Article Info	ABSTRACT
Article type: Research Article	Credit risk is the probability of default of the borrower or the counterparty of the bank in fulfilling its obligations, according to the agreed terms. In other words, uncertainty about receiving future investment income is called risk, which is of great importance in banks. The purpose of this article was to estimate the credit risk of Mellat Bank's legal customers. In this study, the statistical information of 7330 real customers was used. In this regard, the results of neural network model and support vector machine model have been compared. The obtained results have shown that the components considered in this study based on personality, financial and economic characteristics had significant effects on the probability of customer default and credit risk calculation. Also, the results of this study showed that the application of control policies at the beginning of the repayment period
Article history: Received: 2022/06/01	
Received in revised form: 2022/07/02	
Accepted: 2022/07/28	
Keywords: Credit Risk, Credit Rating, Financial Ratios, Neural Network Model, Support Vector Machine.	
JEL: C23, B26, G21, E22.	

suggests facilities that have the highest probability of default with long life and high repayment. Comparing the results obtained from the prediction accuracy of different models, it was observed that the explanatory power of the support vector machine model and the use of the survival probability function was higher than that of the simple neural network model for the studied groups of real customers. has been higher

Cite this article: Motdin, Nasreen; Nazarian, Rafik; Daman-Ksheidh, Marjan & ; Seifipour, Roya. (2021). Designing a Comparative Model of Bank Credit Risk Using Neural Network Models, Survival Probability Function and Support Vector Machine. *Journal of Economic Modeling Research*, 11 (45), 199-230.
DOI: 00000000000000000000



© The Author(s).

Publisher: Kharazmi University



Kharazmi University

طراحی الگوی مقایسه‌ای ریسک اعتباری بانک با استفاده از مدل‌های شبکه عصبی، تابع احتمال بقا و ماشین بردار پشتیبان

نسرین متدین^۱ | رافیک نظریان^{۲*} | مرجان دامن کشیده^۳ | رویا سیفی پور^۴ |

۱. دانشجوی دکتری اقتصاد دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران مرکزی، تهران. رایانامه: nmotedayen@gmail.com

۲. استادیار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران مرکزی، تهران (نویسنده مسئول). رایانامه: r-nazarian@yahoo.com

۳. استادیار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران مرکزی، تهران. رایانامه: m.damankeshideh@yahoo.com

۴. استادیار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران مرکزی، تهران. رایانامه: resifipour@yahoo.com

چکیده

اطلاعات مقاله

ریسک اعتباری احتمال قصور وام گیرنده یا طرف مقابل بانک نسبت به انجام تعهداتش، طبق شرایط توافق شده است. به عبارت دیگر عدم اطمینان در مورد دریافت عایدات آتی سرمایه گذاری را ریسک می‌گویند که در بانک‌ها از اهمیت بالایی برخوردار است. هدف این مقاله برآورد ریسک اعتباری مشتریان حقوقی بانک ملت بوده است. در این مطالعه از اطلاعات آماری ۷۳۳۰ مشتری حقیقی استفاده شده است. در این راستا نتایج مدل شبکه عصبی و مدل ناشی از ماشین بردار پشتیبان مورد مقایسه قرار گرفته است. نتایج بدست آمده بیانگر این بوده است که مولفه‌های در نظر گرفته شده در این مطالعه بر اساس ویژگی‌های شخصی، مالی و اقتصادی اثرات معناداری در احتمال نکول مشتریان و محاسبه ریسک اعتباری داشته است. همچنین نتایج این مطالعه نشان داد اعمال سیاست‌های کنترلی در ابتدای دوره بازپرداخت تسهیلاتی که بیشترین احتمال نکول را با طول عمر و بازپرداخت بالا دارند پیشنهاد می‌دهد. در مقایسه نتایج بدست آمده از دقت پیش بینی مدل‌های مختلف مشاهده گردید که قدرت بالاتر توضیح دهندگی مدل ماشین بردار پشتیبان و استفاده از تابع احتمال بقا نسبت به مدل شبکه عصبی ساده برای گروه‌های مورد مطالعه از مشتریان

نوع مقاله:

مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت:

۱۴۰۱/۳/۱۱

تاریخ ویرایش:

۱۴۰۱/۰۴/۱۱

تاریخ پذیرش:

۱۴۰۱/۵/۲

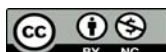
واژه‌های کلیدی:

ریسک اعتباری، رتبه بندی اعتباری، نسبت‌های مالی، مدل شبکه عصبی، ماشین بردار پشتیبان.

طبقه‌بندی JEL: حقیقی بالاتر بوده است.

H80, H81, C45, B23

استناد: متدین، نسرین؛ نظریان، رافیک؛ دامن‌کشیده، مرجان؛ و سیفی‌پور، رویا. (۱۴۰۰). طراحی الگوی مقایسه‌ای ریسک‌اعتباری بانک با استفاده از مدل‌های شبکه عصبی، تابع احتمال بقا و ماشین بردار پشتیبان. *تحقیقات مدل‌سازی اقتصادی*، ۱۱ (۴۵)، ۱۹۹-۲۳۰. DOI: 000000000000000000000000



© نویسندگان.

ناشر: دانشگاه خوارزمی.

۱. مقدمه

فرایند جهانی شدن و به تبع آن تشدید رقابت موسسات مالی و اقتصادی در بازارهای محلی و جهانی، روز به روز ضرورت تقویت و اصلاحات سیستمی را در بنگاه‌های مالی و سرمایه‌ای در سرتاسر دنیا افزایش می‌دهد. بانک‌ها نیز از این امر مستثنی نیستند. از آنجا که سودآوری به عنوان یکی از مهمترین اهداف در فعالیتهای اقتصادی مطرح است و ارتباط تنگاتنگی با میزان ریسک‌های گوناگون بسته به فعالیتهای متنوع بانکی دارد، مدیریت ریسک به عنوان یک اولویت در اصلاح و بهینه‌سازی ساز و کارهای بانکی در تمام دنیا قرار گرفته است (چن و همکاران^۱، ۲۰۱۶).

به طور کلی حصول اطمینان در به انجام رساندن هر نوع فعالیتی از شاخصه‌های اصلی انگیزشی شروع آن فعالیت است. اگر این نکته را در قالب بانکی مطرح کرد می‌توان گفت بانک‌ها در صدد اعطای تسهیلات به شرکت‌ها و موسسات و نهادهای تولیدی و خدماتی هستند که ضمن برخورداری از ریسک کم و محدود بتوانند بازدهی مناسب و فزاینده‌ای برای بانک داشته باشند (بوراک و همکاران^۲، ۲۰۱۳). این امر زمانی محقق می‌شود که نظام بانکی بتواند اطلاعات دقیق و روشنی از فضای فعالیت تولیدی و خدماتی اقتصاد کشور داشته و هم زمان قادر به شناسایی مشتریان اعتباری خود اعم از حقیقی و حقوقی باشد. تا بتواند آنها را بر اساس توانایی نسبت به بازپرداخت تسهیلات اخذ شده و تعهدات خود در زمان مقرر با معیارهای مالی و غیرمالی مناسب مورد ارزیابی، رتبه بندی و طبقه بندی خود قرار دهد. اگر انجام پروسه اعطای تسهیلات توسط بانک تا بازپرداخت آن توسط مشتریان به صورت صحیح طی شود می‌توان با منابع حاصل از این سرمایه‌گذاری‌ها همزمان هم تولید ثروت نمود و هم تولید مولد کشور را افزایش داد به طور کلی هم در معیارهای خرد و هم در معیارهای کلان اقتصاد کشور تاثیر مثبت خواهد داشت و حتی می‌تواند منجر به خلق پول گردد و از این منابع می‌توان به عنوان بازگشت سرمایه در اقتصاد کشور به

1. Chen and et al
2. Burak and et al

صورت مجدد مورد بهره‌برداری در قالب اعطای تسهیلات جدید قرار داد که می‌تواند موجب به ثمر رساندن فعالیت مشتریان و هم به سود نظام بانکی و هم رشد اقتصادی کشور منجر شود (اسکندری و روحی، ۱۳۹۵).

مؤسسات مالی و بانک‌هایی که خواستار بدست آوردن سود بیشتر هستند در عین حال با مخاطرات بیشتری مواجه هستند، که از جمله آنها ریسک اعتباری، ریسک نقدینگی، ریسک بازار و ریسک راهبردی یا عملیاتی هستند که در این میان ریسک اعتباری و مدیریت آن از جایگاه و اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. مدیریت ریسک اعتباری در بانک‌ها و مؤسسات مالی و شرکت‌های بیمه جز با اعتبارسنجی دقیق و صحیح مشتریان ممکن نیست. با وجود اهمیت ریسک اعتباری در فعالیت بانک‌ها و موسسه‌های مالی، به نظر می‌رسد حرکت منسجم و سازمان‌یافته‌ای برای ایجاد مدل‌های ریسک اعتباری در کشور صورت نگرفته است. از سوی دیگر در زمینه اعطای تسهیلات اعتباری به مشتریان نیز روند منظم و منسجمی برای تعیین ریسک اعتباری و در نتیجه درجه‌بندی مشتری از این نظر و همچنین تعیین سقف‌های اعتباری براساس شاخص‌های ریسک ملاحظه نمی‌شود (ناجی اصفهانی و رستگار، ۱۳۹۷). اگر شاخص‌هایی نیز برای تعیین احتمال عدم بازپرداخت تعهدات مشتری در نظر گرفته شود این شاخص‌ها براساس تشخیص کارشناسان و کمیته‌های اعتباری است و شکل شفاف و تعریف شده‌ای ندارد. در حالی که نه تنها استفاده از شاخص‌های درجه‌بندی شرکت‌ها از نظر ریسک اعتباری در کشورهای توسعه‌یافته امری رایج است بلکه این امر در کشورهای در حال توسعه نیز مشاهده می‌شود و در این کشورها موسسه‌هایی وجود دارند که ریسک اعتباری شرکت‌ها و موسسه‌های مالی را ارزیابی و منتشر می‌کنند. نوآوری مطالعه حاضر در این موضوع است که برای به حداقل رساندن ریسک اعطای تسهیلات به مشتریان حقوقی، به بررسی و ارزیابی ریسک اعتباری این دسته از مشتریان با استفاده از روش شبکه عصبی و نیز روش ماشین بردار پشتیبان پرداخته می‌شود.

ساختار مقاله حاضر از پنج بخش تشکیل شده است. در ادامه و در بخش دوم به بررسی ادبیات نظری تحقیق و مروری بر مطالعات پیشین پرداخته می‌شود. در بخش سوم روش‌شناسی تحقیق و مدل‌های مورد استفاده تشریح خواهد شد. در بخش چهارم مدل تجربی برآورد شده و در انتها به نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادات پرداخته می‌شود.

۲. ادبیات تحقیق

۱،۲. مبانی نظری تحقیق

بانک نهادی اقتصادی است که وظیفه‌هایی چون تجهیز و توزیع اعتبارات، عملیات اعتباری، عملیات مالی، خرید و فروش ارز، نقل و انتقال وجوه، وصول مطالبات اسنادی و سود سهام مشتریان، پرداخت بدهی مشتریان، قبول امانات، نگهداری سهام و اوراق بهادار و اشیای قیمتی مشتریان، انجام وظیفه قیمومیت و وصایت برای مشتریان، انجام وکالت خرید یا فروش را بر عهده دارند. وظایف بانک مرکزی عبارتست از انتشار اسکناس و تنظیم حجم پول در گردش، نگهداری فلزات گرانبها و ارزهای متعلق به دولت، نگهداری ذخایر قانونی و موجودی نقدی بانک‌های تجاری، ایجاد امکانات اعتباری برای بانک‌های تجاری، انجام دادن عملیات تصفیه حساب بین بانک‌ها، صندوقداری و نمایندگی مالی برای عملیات بانکی دولت، اجرای سیاست پولی و کنترل حجم اعتبارات. این بانک مسئولیت کنترل شبکه بانکی و اداره سیاست پولی ثبات را بر عهده دارد. این بانک، بانک‌ها را در جهت ارائه خدمت و هماهنگی با اقتصاد به فعالیت وامی‌دارد.

ریسک عبارت است از احتمال تغییر در مزایا و منافع پیش‌بینی شده برای یک تصمیم، یک واقعه و یا یک حالت در آینده. منظور از احتمال این است که اطمینانی به تغییرات متغیر نیست (درگاهی و همکاران، ۱۳۹۹). در صورتی که اطمینان کافی نسبت به تغییرات وجود داشته باشد، تغییرات مطمئن در چارچوب منافع و مزایای پیش‌بینی شده پوشش پیدا می‌کرد، در حالی که عدم امکان پیش‌بینی ناشی از احتمالی بودن تغییرات، آن را به

ریسک حاکم بر منافع و مزایا تبدیل کرده است. تغییر اشاره به هرگونه کاهش یا افزایش در منافع دارد. به این معنا که صرفاً تغییرات نامطلوب نیست که در چارچوب ریسک پوشش داده می‌شود. بلکه تغییرات مطلوب نیز در این معنا در چارچوب ریسک قرار دارد. تصمیم، واقعه یا حالت اشاره به ارادی و غیرارادی بودن شرایطی دارد که ریسک بر آن حاکم می‌شود. ممکن است تصمیمی به صورت ارادی گرفته شود، مزایا و منافع آن ارزیابی شود، و بر مزایا و منافع آن ریسک خاصی حاکم باشد. از طرف دیگر ممکن است واقعه یا حالتی در آینده به صورت غیر ارادی پیش آید و پیش‌بینی‌های مزایا و منافع احتمال تغییر کند. اولین بار هری مارکویتز براساس تعاریف کمی ارائه شده، شاخص عددی برای ریسک معرفی کرد. سایر شاخص‌ها نیز به همین ترتیب محاسبه می‌شوند، از جمله: ریسک نرخ بازدهی سهام، ریسک تغییرات قیمت و ریسک نرخ سود (ژو و همکاران^۱، ۲۰۲۱).

ماهیت فعالیت بانک‌ها به گونه‌ای است که اگر چه، ظاهراً علامتی از بحران و یا ورشکستگی از خود نشان نمی‌دهند، ولی می‌توانند بحران‌های پنهان را به حالت‌های گوناگون با خود حمل نمایند و این بحران‌ها، مسئولین نهادهای نظارتی و اجرایی سیستم‌های مالی را بر آن داشته است تا مدیریت ریسک نهادهای مالی و به خصوص بانک‌ها را با جدیت بیشتر و به صورت کارشناسی شده مورد توجه قرار دهند. با توجه به پیامدها و هزینه‌هایی که مساله ناپایداری مالی می‌تواند برای بانک‌ها و موسسات پولی و اعتباری، اقتصاد کشور و سایر افراد و نهادها ایجاد کند. در بازاری که حاشیه سود بانک‌ها به دلیل تشدید رقابت همواره در حال کاهش بوده و همواره فشار برای کاهش بیشتر هزینه‌ها احساس می‌شود، مدل‌های ریسک اعتباری با پیش‌بینی زیان‌های عدم بازپرداخت وام‌ها نوعی برتری نسبی برای بانک‌ها و نهادهای اعتباری ایجاد خواهد کرد.

مدل‌های ریسک اعتباری امکان بهینه‌سازی ترکیب پرتفوی اعتباری و تعیین سرمایه اقتصادی بانک‌ها برای کاهش هزینه‌های سرمایه‌ای را فراهم خواهد ساخت. وقوع این اتفاق ناشی از عدم نظارت دقیق بر اعطای تسهیلات است. وقوع بحران مالی جهانی درس-

هایی را با خود به همراه داشت. یکی از این درس‌ها بیان می‌کند که محصولات جدید سیستم مالی، می‌توانند ریسک‌های پیش‌بینی نشده‌ای را در بر داشته باشند. درس دیگر، دلالت بر این امر دارد که حتی با وجود در اختیار داشتن سیستم‌های رتبه‌بندی ریسک اعتباری، بی‌توجهی به ماهیت ریسک سیستماتیک می‌تواند سبب عدم بهره‌برداری مناسب از سیستم‌های مربوطه شود (کومار و همکاران^۱، ۲۰۲۲).

با مقایسه اطلاعات کسب شده از بانک‌های سایر کشورها، می‌توان پی برد که در بانک‌ها و موسسات مالی کشور بر خلاف سایر کشورها، مدلی جامع برای ارزیابی ریسک وجود ندارد. بالا بودن ذخایر بانک‌ها و تسهیلات اعطایی سوخت شده و یا معوق بانک‌ها گویای نبود مدل‌های مناسب اندازه‌گیری ریسک اعتباری و سیستم‌های مدیریت ریسک در شبکه بانکی است. از دیگر دلایل اهمیت سنجش این ریسک می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

الف) هم‌اکنون مهمترین عامل ورشکستگی بانک‌ها ریسک اعتباری است. اگر مشتری به موقع تعهدات خود را بازپرداخت نکند، این تسهیلات به صورت مطالبات معوق بانکی در می‌آید و قدرت وام‌دهی بانک به افراد جدید کاهش می‌یابد و سودآوری بانک کاهش خواهد یافت و این امر موجب اختلال در توزیع اعتبارات بانکی و در نتیجه اختلال در اقتصاد کشور می‌شود.

ب) اندازه‌گیری ریسک اعتباری با پیش‌بینی زیان‌های عدم بازپرداخت اعتبارات و ایجاد رابطه منطقی بین ریسک و بازده، امکان بهینه‌سازی ترکیب پرتفوی اعتباری، قیمت‌گذاری دارایی‌ها و تعیین سرمایه اقتصادی بانک‌ها را به منظور کاهش هزینه‌های سرمایه‌ای و حفظ توان رقابتی فراهم و نوعی مزیت نسبی برای بانک‌ها و موسسات اعتباری ایجاد می‌نماید.

ج) در ایران از یک طرف فعالیت بانک‌ها بر اساس قانون بانکداری بدون ربا و مبتنی بر عقود اسلامی است؛ بنابراین نمی‌توان بین بازار پول و سرمایه مرزی قائل شد. از طرف دیگر با توجه به ساختار اقتصادی کشور، عملیات بازار سرمایه (بازار اوراق بهادار و

سهام) و سایر شبکه‌های غیربانکی، پیشرفت قابل ملاحظه‌ای نداشته و از این رو سهم قابل توجهی از سرمایه‌گذاری از طریق بازار بانکی انجام می‌گیرد. بنابراین موفقیت بانک‌ها در انجام این امور از اهمیت خاصی برخوردار است.

د) در نظام ربوی پس از پرداخت وام ارتباط بانک با پول قطع می‌شود و بانک بدون توجه به نوع فعالیت اقتصادی، اصل و فرع پول خود را مطالبه می‌نماید؛ بنابراین با گرفتن ضمانت کافی، لزومی به ارزیابی دقیق از مشتری وجود ندارد حال آنکه در سیستم بانکداری اسلامی بانک شریک گیرنده تسهیلات در فعالیت‌های اقتصادی است و به طور عمده سهم آورده فرد به عنوان ضمانت در نظر گرفته می‌شود. بنابراین با توجه به منابع مالکیتی- و کالتی ارزیابی توان بازپرداخت مشتری بسیار اهمیت دارد. رتبه‌بندی اعتباری مشتریان توسط بانک‌ها با رویکردهای مختلف شامل مدل‌های پارامتریک و ناپارامتریک است.

مدل‌های پارامتریک: این روش‌ها شامل مدل‌های همچون رگرسیون چند متغیره، تحلیل پروبیت، لوجیت و تحلیل ممیزی می‌شود. همه این مدل‌ها احتمال عدم بازپرداخت یا صرف زیان عدم بازپرداخت وام‌ها به عنوان وابسته و نسبت‌های مالی و سایر شاخص‌های (کمی و کیفی از قبیل مدیریت، رقابت و) به عنوان متغیرهای مستقل محسوب می‌شوند. مدل‌های ناپارامتریک: این مدل‌ها شامل سه دسته بندی کلی می‌شوند که عبارتند از: شبکه‌های عصبی، سیستم‌های مبتنی بر کامپیوتر است که به دنبال تقلید از کارکرد مغز انسان بوده و مسائل را به عنوان شبکه‌ای از نرون‌های متصل به هم در فرایند تصمیم‌گیری در نظر می‌گیرد. نرون‌ها کوچکترین واحدهای تصمیم‌گیری در مغز هستند. در اینجا از داده‌های یکسانی که در فنون اقتصادسنجی نیز بکار گرفته می‌شود، جهت اتخاذ تصمیم مناسب بکار گرفته می‌شود. البته فرایند تصمیم‌گیری در شبکه‌های عصبی به روش آزمون صحیح و خطا است.

تکنیک‌های بهینه‌سازی: این تکنیک‌ها، مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی است که وزن‌های بهینه‌ای را برای تخصیص‌های وام و وام‌گیرنده جهت به حداقل رساندن زیان عدم بازپرداخت حداکثر سود در نظر می‌گیرد.

سیستم‌های خبره یا سیستم‌های مبتنی بر قواعد: این سیستم‌ها با استفاده از روش‌های ساختار یافته، به دنبال تقلید از فرایند تصمیم‌گیری متخصصین با تجربه است. به عبارت دیگر سیستم‌های خبره سعی می‌کند که فرایند تصمیم‌گیری متخصصین با خبرگان را به صورت مجموعه‌ای از قواعد و دستورالعمل‌ها در درون سازمان مستقر نموده بطوریکه در صورت نبود آنها نیز امکان تحلیل و اتخاذ تصمیمات اعتباری درست امکان پذیر باشد.

۲.۲. مروری بر مطالعات پیشین

ساندرز و آلن^۱ (۲۰۰۱) از مدل آلتمن برای پیش‌بینی ریسک اعتباری شرکت‌هایی که از بانک‌ها وام دریافت کرده بودند، استفاده کردند و با بررسی‌های صورت گرفته مشخص شد که این مدل برای پیش‌بینی ریسک اعتباری از قدرت بالایی برخوردار است. استفاده از چنین مدلی در بانک، باعث می‌شود که اگر نمره Z شرکت وام‌گیرنده پایین‌تر از حد بحرانی باشد، درخواست وام رد شود و یا کنترل و تسلط بیشتری برای افزایش ایمنی وام اعطایی اعمال شود و از این راه زیان‌های ناشی از عدم بازپرداخت وام به کمترین حد خواهد رسید.

بولتن و همکاران^۲ (۲۰۰۹) موضوع ریسک اعتباری را مورد بررسی قرار دادند. آنها بیان کردند که بحران‌های مالی منجر به توجه دوباره به به تضاد منافع موسسات در رتبه بندی اعتباری^۳ (CRAS) شده است. آنها در مطالعه خود مدل مناقشه سازمان تنظیم مقررات در مورد ریسک اعتباری برای جذب کسب و کار بیشتر، و درگیری صادرکننده کارت‌های خرید اعتباری به مطلوب‌ترین رتبه بندی (خرید صادرکننده)، و بررسی اثربخشی تعدادی از راه‌حل‌های تنظیمی پیشنهاد شده از CRAS را مورد بررسی قرار

1. Sanders and Allen

2. Bolton and et al

3. Cumulative Risk Assessment

دادند. آنها به این نتیجه رسیدند که موسسات اعتبار سنجی (CRAS) بیشتر در معرض بیش از حد ارزش گذاری و رتبه بندی در ارزش اسمی موسسات هستند، مدل آنها پیش بینی می‌کند که CRAS احتمال بیشتری به درک ریسک اعتباری در دوران رکود نسبت به دوران رونق دارند. بنابراین آنها نشان می‌دهند که موسسات اعتبارسنجی در دوران رکورد ارزش کمی برای اعتبارات مشتریان قائل بوده و در دوران رونق ارزش اعتباری آنها را بالا ارزیابی می‌کنند که منجر به افزایش در هزینه‌های تامین مالی افراد وام گیرنده می‌شود.

هیلشر و ویلسون^۱ (۲۰۱۲) به بررسی این موضوع پرداختند که آیا ریسک اعتباری و رتبه بندی اعتبار یک معیار کافی در جهت مدیریت ریسک بانک‌ها است یا خیر. این مطالعه به بررسی اطلاعات در خصوص رتبه بندی اعتباری شرکت‌ها از یک چشم انداز مثبت و هنجاری پرداخته است. اگر رتبه بندی شاخص اطلاعاتی از ریسک اعتباری باشد بنابراین این شاخص‌ها باید مشخص کننده این باشند که چه چیزی درباره یک سرمایه گذار ریسک‌گریز در شرایط ریسک سیستماتیک و احتمالی وجود دارد. همچنین این مورد که رتبه بندی ناشی اقدامات نادرست برگرفته از احتمال پیش فرض است یا نه؟ آنها عوامل مؤثر بر این موضوع را توسط یک مدل ساده بر اساس اطلاعات در دسترس عموم مالی مورد بررسی قرار دادند. با این حال، رتبه بندی اطلاعات صورت گرفته توسط این دو مربوط به اندازه گیری نحوه قرار گرفتن در معرض خطر و اشتراک تنوع در احتمال به طور پیش فرض است. آنها به این نتیجه رسیدند که با توجه به ماهیت چند بعدی ریسک اعتباری، برای اندازه گیری همه اطلاعات مربوطه به ریسک اعتباری و اعتبار سنجی امکان پذیر نیست. در نتیجه، رتبه بندی ممکن است مستعد ابتلا به سوء تعبیر شود.

لیائو^۲ (۲۰۱۵) موضوع مدیریت ریسک اعتباری ارزی مشتریان بانک با رویکرد داده کاوی را مورد بررسی قرار داد. در این مطالعه، با ارائه مدل به دست آمده بوسیله داده کاوی بر روی اطلاعات ۳۱۹ نفر از مشتریان ارزی از بانک‌های مختلف در دوره زمانی

1. Jens Hilscher and Mungo Wilson

2. Liao

۲۰۱۲-۲۰۱۴ به این نتیجه رسیده شد که مدیریت ریسک اعتباری ارزی با طبقه بندی مشتریان ممکن می‌گردد. در بررسی نوع مشتری بر اساس سهم بانک، ۱۸ درصد مشتریان خوش حساب دارای ریسک بالا، ۸ درصد مشتریان خوش حساب دارای ریسک متوسط و ۷۵ درصد مشتریان خوش حساب دارای ریسک پایین هستند. همچنین ۴ درصد مشتریان متوسط دارای ریسک بالا و ۹۶ درصد مشتریان متوسط دارای ریسک پایین هستند و برای مشتریان بد حساب، همه مشتریان در دسته ریسک بالا هستند. همچنین مشخص شد نوع مشتری بر جمع مانده اصل سررسید گذشته تاثیر دارد و جمع مانده اصل معوق شده تحت تاثیر جمع مانده اصل سررسید گذشته است.

فنگ^۱ (۲۰۱۶) به بررسی مدیریت ریسک اعتباری در بانک‌های چین با استفاده از روش پارامتریک و ناپارامتریک پرداخت. در این مطالعه اطلاعات ۱۸۷ پرونده تسهیلاتی مشتریان حقیقی بانک مورد ارزیابی قرار گرفته شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از روش‌های لاجیت و CART انجام گرفت و نتایج بر صحت این فرضیه استوار گشت که بین شاخص‌های فردی مشتریان و ریسک اعطای اعتبار به ایشان رابطه معنی دار وجود دارد. همچنین عوامل موثر بر ریسک اعطای اعتبار به مشتریان حقیقی شناسایی و اعلام گردید. نگو و همکاران (۲۰۲۱) در مطالعه‌ای به بررسی عوامل موثر بر ریسک اعتباری در فعالیت‌های وام دهی بانک‌های تجاری سهامی، پرداختند. نتایج نشان داد، سودآوری و تورم اثرات مثبتی بر ریسک اعتباری دارند، در حالی که سرمایه بانک، اندازه بانک، رشد اقتصادی و نسبت وام به سپرده‌ها دارای اثرات منفی هستند.

ژو و همکاران^۲ (۲۰۲۱) به مدلسازی ریسک اعتباری با استفاده از شواهد بین المللی پرداختند. این مطالعه در کشور چین و با استفاده از مدل لاجیت، شبکه عصبی و ماشین بردار پشتیبان انجام شد. نتایج این مطالعه نشان داد که در مدلسازی ریسک اعتباری ماشین بردار پشتیبان نسبت به مدل لاجیت و شبکه عصبی عملکرد بهتری داشته است.

1. Feng
2. Zhou

کومار و همکاران^۱ (۲۰۲۲) به بررسی ریسک اعتباری با استفاده از ماشین بردار پشتیبان و همچنین شبکه عصبی پرداختند. در این مطالعه با استفاده از اطلاعات آماری ۲۵۰ مشتری به ارزیابی دقت مدل‌های معرفی شده پرداخته شد. نتایج بدست آمده نشان دهنده این بود که مدل بردار پشتیبان نسبت به مدل شبکه عصبی دارای قدرت بالاتری در پیش بینی ریسک اعتباری مشتریان است.

سوریانتو و همکاران^۲ (۲۰۲۲) به مدل‌سازی ریسک اعتباری با استفاده از مدل یادگیری انتقال و تطبیق دامنه پرداختند. در این مطالعه با استفاده از اطلاعات آماری ۳۸۰ مشتری به بررسی عوامل موثر بر ریسک اعتباری با استفاده از مدل‌های ذکر شده پرداخته شد. نتایج بدست آمده بیانگر این بود که نسبت‌های مالی مانند نسبت آنی، جاری، مطالبات معوق و .. مهمترین عوامل اثر گذار بر ریسک اعتباری مشتریان حقوقی بوده است.

عرب مازار و روئین تن (۱۳۸۴) عوامل موثر بر ریسک اعتباری مشتریان بانکی، مطالعه موردی بانک کشاورزی را مورد بررسی قرار دادند. در این مطالعه اطلاعات کیفی و مالی یک نمونه تصادفی ۲۰۰ تایی از شرکت‌هایی که در سال‌های ۱۳۷۸-۱۳۸۳ از شعب بانک کشاورزی استان تهران تسهیلات - اعتباری دریافت نموده‌اند مورد بررسی قرار گرفت. آنها در مطالعه خود ۳۶ متغیر کیفی و مالی را شناسایی کرده، سپس با استفاده از تحلیل لاجیت در نهایت ۱۷ متغیر که اثر معناداری بر ریسک اعتباری و تفکیک بین دو گروه از مشتریان خوش حساب و بد حساب داشتند، انتخاب و مدل نهایی را به وسیله آنها برآزش کرده‌اند. نتایج آنها نشان می‌دهد مدل لاجیت در برآورد عوامل مؤثر بر ریسک اعتباری از توان بالایی برخوردار است.

موسوی و قلی پور (۱۳۸۸) به رتبه‌بندی معیارهای اعتبار سنجی مشتریان بانکی با رویکرد دلفی پرداختند. بدین منظور اطلاعات مورد نیاز از صاحب‌نظران و مسئولان تسهیلات بانک‌های منتخب و با استفاده از ابزار پرسشنامه، جمع آوری شده مورد تجزیه و تحلیل قرار

1. Kumar and et al

2. Suryanto and et al

گرفت. در این تحقیق پس از بررسی مبانی نظری و تحقیقات پیشین، ابتدا متغیرهای کلیدی موثر در ریسک اعتباری مشتریان بر مبنای مدل C5 شامل متغیرهای کیفی و مالی شناسایی و بررسی شد و از میان آنها ۲۵ متغیر انتخاب گردید. سپس با استفاده از داده‌های گردآوری شده از طریق پرسشنامه، متغیرهای موثر بر ریسک اعتباری مشتریان اولویت‌دهی و نهایتاً با رویکردی فازی و با استفاده از نظرات پاسخ دهندگان، معیارهای اعتبارسنجی مشتریان بانک‌ها رتبه‌بندی شد. اساس این تحقیق بر این مبنا گذاشته شده بود که بین معیارهای چندگانه سنجش ریسک اعتباری مشتریان، تفاوت و اولویت وجود دارد و برخی از این معیارها و ابعاد در مقایسه با سایر معیارها از اهمیت بیشتری برخوردارند.

عیسی زاده و عریانی (۱۳۸۹) به بررسی رتبه‌بندی مشتریان حقوقی بانک کشاورزی بر حسب ریسک اعتباری به روش تحلیل پوشش داده‌ها پرداختند. در این مطالعه با استفاده از روش نمونه‌گیری خوشه‌ای از مناطق شرق و غرب بانک کشاورزی استان تهران، ۲۸۶ شرکت تسهیلات گیرنده مورد بررسی قرار گرفته و پس از خارج کردن داده‌های نامناسب تنها ۷۵ شرکتی که با استفاده از عقد فروش اقساطی ۲۴ ماهه با سررسید پایان اردیبهشت ماه ۱۳۸۴ تسهیلات دریافت کرده بودند، برای تجزیه و تحلیل نهایی مورد استفاده قرار گرفتند. در نهایت با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها، کارایی‌های فنی محاسبه و شرکت‌ها رتبه‌بندی شدند. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که ۱۵ شرکت (معادل ۲۰ درصد شرکت‌های مورد بررسی) روی مرز کارایی قرار داشته و کاملاً کارا قلمداد شده‌اند.

میرزائی و همکاران (۱۳۹۰) به بررسی عوامل مؤثر بر ریسک اعتباری اشخاص حقوقی بانک‌ها (مطالعه موردی شعب بانک ملی ایران، شهر تهران) پرداختند. در این مطالعه با استفاده از روش رگرسیون لجستیک یک نمونه تصادفی ۴۵۵ تایی (۳۲۳ مشتری خوش حساب و ۱۳۲ مشتری بدحساب) از شرکت‌های حقوقی را که در سال ۱۳۸۷ از بانک ملی ایران شعب شهر تهران تسهیلات اعتباری دریافت نموده‌اند، بررسی گردید. ابتدا ۳۹ متغیر توضیح دهنده شامل متغیرهای کیفی و مالی با استفاده از روش C5 شناسایی شده و در نهایت ۱۱ متغیر را که اثر معناداری بر ریسک اعتباری و تفکیک بین دو گروه از

مشتریان خوش حساب و بد حساب داشتند، انتخاب کرده و مدل نهایی را به وسیله آنها برازش گردید. نتایج نشان داد که براساس شاخص‌های آماری، این توابع از نظر ضرایب و همچنین قدرت تفکیک کنندگی معنادار بوده و اعتبار بالایی دارند.

عبدلی و فردحریری (۱۳۹۴) به الگوسازی سنجش ریسک اعتباری مشتریان حقوقی بانک رفاه پرداختند. این مطالعه با هدف شناسایی عوامل موثر بر ریسک اعتباری مشتریان و تدوین مدلی برای سنجش آن در میان مشتریان حقوقی بانک رفاه انجام شده است. بدین منظور اطلاعات کیفی و مالی یک نمونه تصادفی ۳۵۰ تایی از مشتریانی که در سال‌های ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲ از شعب بانک رفاه در سراسر کشور تسهیلات اعتباری دریافت نموده‌اند، جمع‌آوری و با بکارگیری روش رگرسیون لجستیک عوامل موثر بر ریسک اعتباری مشتریان این بانک برآورد شده است. نتایج مطالعه نشان می‌دهد تعداد چک برگشتی و نسبت مبلغ معوق به دارایی جاری اثر مستقیم بر ریسک اعتباری دارند.

محمدیان و همکاران (۱۳۹۵) به بررسی ریسک اعتباری مشتریان حقوقی با استفاده از مدل ماشین بردار پشتیبان و مدل هیبریدی الگوریتم ژنتیک در بانک تجارت پرداختند. بدین منظور، مطالعه‌ای بر روی متغیرهای مالی ۲۸۲ شرکت که طی سال‌های ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۰ از بانک تجارت تسهیلات دریافت شده، صورت گرفته است. در این مطالعه برای بهینه‌سازی ورودی‌های ماشین بردار پشتیبان از الگوریتم ژنتیک بهره گرفته شده است، توان بسیار بالای الگوریتم ژنتیک در انتخاب نقاط بهینه، همواره این اطمینان خاطر را برای استفاده کننده فراهم می‌آورد که نقاط بهینه پیشنهادی، نقاط بهینه بهتری برای مساله خواهند بود. در مدل هیبریدی GA-SVM، الگوریتم ژنتیک داده‌های ورودی مدل SVM را بهینه می‌سازد. یافته‌های این مطالعه نشان می‌دهد مدل هیبریدی GA-SVM نسبت به مدل SVM عملکرد بهتری در شناسایی مشتریان خوش حساب و بد حساب و پیش‌بینی ریسک اعتباری مشتریان دارد.

رستم‌زاده و همکاران (۱۳۹۷) به شناسایی عوامل موثر بر ریسک اعتباری در صنعت بانکداری ایران با استفاده از آزمون استرس پرداختند. هدف این پژوهش بررسی میزان

تأثیرگذاری متغیرهای کلان اقتصادی بر ریسک اعتباری صنعت بانکداری ایران طی سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۵ و شبیه‌سازی و پیش‌بینی وضعیت ریسک اعتباری در سال ۱۳۹۶ تحت سناریوهای استرس مختلف با بهره‌گیری از آزمون استرس بود. داده‌های استفاده شده در این پژوهش، سری زمانی و فصلی است. به منظور پیاده‌سازی آزمون استرس و رسیدن به هدف پژوهش، ابتدا با استفاده از مدل خود توضیحی با وقفه‌های توزیعی گسترده (ARDL) متغیرهای کلان اقتصادی تأثیرگذار بر ریسک اعتباری شناسایی و میزان تأثیرگذاری هر یک بر این متغیر مشخص شده است. نتایج به دست آمده از آزمون استرس و سناریوسازی‌ها نشان می‌دهند که کاهش دستوری سود تسهیلات بانکی در هر سه سناریو ابتدا در فصل اول سال ۱۳۹۶ منجر به کاهش ریسک اعتباری می‌شود اما افزایش نرخ ارز، افزایش نرخ تورم، کاهش رشد اقتصادی و همچنین انباشت مقادیر گذشته ریسک اعتباری، باعث افزایش سریع و در سناریوهایی با شوک‌های شدیدتر، منجر به افزایش افسار گسیخته ریسک اعتباری در دوره‌های بعد می‌شود.

ناجی اصفهانی و رستگار (۱۳۹۷) به برآورد ریسک اعتباری مشتریان با استفاده از تحلیل چند بعدی ترجیحات پرداختند. بدین منظور، با استفاده از نمونه‌گیری تصادفی بین مقطعی، ۷۵ درصد درون نمونه‌ای و ۲۵ درصد برون نمونه‌ای و مدل تحلیل چندبعدی ترجیحات وضعیت نسبت‌های مالی و عملکرد آن‌ها نزد بانک طی سال‌های ۱۳۸۹-۱۳۹۳ مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاکی از کارایی روش استفاده شده جهت پیش‌بینی رفتار اعتباری مشتریان بانک است.

محمدی و همکاران (۱۳۹۸) در پژوهشی به بررسی عوامل مؤثر بر احتمال نکول وام‌های پرداختی به مشتریان بانک، پرداختند. نتایج نشان داد، متغیرهای درآمد ماهانه مشتری، نوع رابطه وام گیرنده با ضامن، سرمایه تحت ضمانت ضامن، تجربه و ثبات شغلی مشتری، مدت زمان بازپرداخت وام و سابقه ارتباط مشتری با بانک، تأثیر معکوسی بر احتمال نکول دارند و همچنین متغیر مبلغ وام تأثیر مستقیم بر احتمال نکول وام دارد.

هاتفی مجومرد و همکاران (۱۴۰۰) در پژوهشی به شناسایی عوامل مؤثر بر مدیریت ریسک اعتباری در بانک‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران، پرداختند. نتایج حاصل شده نشان می‌دهد که متغیر توسعه تأمین اعتبارات، تورم، نسبت کفایت سرمایه و نرخ رشد تولید ناخالص داخلی به دارایی‌ها با ریسک اعتباری رابطه معناداری دارد. همچنین نسبت حقوق صاحبان سهام به دارایی‌ها و نسبت درآمد سود خالص به دارایی‌ها با ریسک اعتباری رابطه معناداری ندارد. نرخ رشد تولید ناخالص داخلی به دارایی‌ها با ریسک اعتباری رابطه معناداری دارد.

مقدسه و همکاران (۱۴۰۰) در پژوهشی به بررسی اثر متغیرهای جمعیت شناختی بر خوش‌حسابی مشتریان بانکی، پرداختند. نتایج نشان داد که سن، درآمد، تحصیلات، مالکیت، جنسیت، اموال فعلی و میزان تسهیلات دریافتی، اثر معناداری بر ریسک اعتباری و تفکیک بین دو گروه از مشتریان خوش‌حساب و بدحساب داشته‌اند. نتایج مطالعه گویای این بود که؛ شش متغیر به لحاظ آماری معنادار شده تا احتمال بازپرداخت وام را تحت تأثیر قرار دهد. این متغیرهای مهم عبارتند از: سطح تحصیلات، نوع وام، میزان ارتباط و نزدیکی وام‌گیرنده به مؤسسات، اندازه خانواده و درآمد حاصل از فعالیت‌های مالی وام و آموزش است.

۳. روش‌شناسی تحقیق

هدف از این مقاله ارائه الگوی مقایسه‌ای ریسک اعتباری بانک با استفاده از مدل‌های شبکه عصبی و تابع ماشین بردار پشتیبان است. در این مطالعه برای رسیدن به توانایی پیش‌بینی ریسک اعتباری مشتریان و طراحی سیستم هشدار سریع برای ریسک اعتباری بانک ملت با استفاده از تابع بقا، ماشین بردار پشتیبان و شبکه عصبی مصنوعی است، لذا ابتدا با ۳۰۰۰ نمونه اقدام به مدل‌سازی کرده سپس با توجه به مدل‌های بدست آمده برای تعدادی از مشتریان انتخاب شده به صورت تصادفی پیش‌بینی را انجام می‌دهیم و نتایج حاصل از پیش‌بینی را با یکدیگر مقایسه می‌نمائیم. در این راستا تعداد ۳۰۰۰ مشاهده برای آموزش و ۱۳۳۰ مشاهده برای آزمایش در نظر گرفته شده است. علاوه بر این در مطالعه حاضر مدل‌های برازش شده برای ۷۳۳۰ مشتری حقیقی مورد محاسبه قرار گرفته شده است. در مدل‌های برآورد شده در این مطالعه مشتریان به چهار گروه تقسیم شده‌اند. گروه اول مشتریانی هستند که به تمامی تعهدات خود عمل کرده و اقساط خود را نکول نکرده‌اند، گروه دوم مشتریانی هستند که تاخیر حداکثر ۱۰ روز، گروه سوم بیانگر تاخیر در بازپرداخت حداکثر تا

سه ماه (بیش از ۶۱ روز برابر با سررسید گذشته) و گروه چهارم بیانگر تاخیر در بازپرداخت بیش از سه ماه برابر با مطالبات معوق است. در ادامه به معرفی متغیرهای مورد استفاده پرداخته شده است.

جدول ۱. متغیرهای توضیحی مدل

نوع متغیر	نماد متغیر	معادل فارسی	نحوه اندازه‌گیری
شرایط فردی	X1	جنسیت	برای مرد صفر، زن یک
	X2	سن	میزان سن وام‌گیرندگان در زمان اخذ وام
شرایط اقتصادی	X3	مبلغ وام	مبلغ وام
	X4	زمان بازپرداخت وام	زمان بازپرداخت وام دریافتی بر حسب ماه
	X5	فاصله اقساط	فاصله اقساط (ماه)
	X6	تعداد اقساط	تعداد اقساط
	X7	مبلغ هر قسط	مبلغ هر قسط در ماه متناسب با سود تسهیلات و مدت بازپرداخت
	X8	تمدید وام	تمدید (تمدید=۱ و عدم تمدید=۰)
	X9	وام قبلی	متغیر مجازی اگر قبلاً فرد وام دریافت کرده باشد، یک قرار می‌دهیم و در غیر اینصورت صفر
	X10	وثیقه ملکی	وثیقه ملکی، عدد یک و برای وثیقه‌های غیر ملکی صفر قرار می‌دهیم.
	X11	معدل موجودی	معدل موجودی متقاضی تسهیلات در زمان اخذ وام به میلیون ریال
	X12	نرخ سود تسهیلات	نرخ سود تسهیلات بر حسب نوع قرارداد
X13	نوع تسهیلات	نوع تسهیلات (سرمایه‌ای=۱ و جاری=۰)	
شرایط اجتماعی	X14	سطح تحصیلات	تحصیلات؛ برای سطح تحصیلات دیپلم و پائین تر از آن عدد ۰، برای سطح لیسانس عدد ۱ و برای فوق لیسانس و بالاتر عدد ۲ در نظر گرفته شده است.
	X15	شغل	اگر مشتری دارای شغل دولتی باشد مقدار این متغیر برای آن ۱ و اگر آزاد باشد ۰

ماخذ: محاسبات محقق

در خصوص محاسبه ماشین بردار پشتیبان SVM الگوریتمی است که نوع خاصی از مدل‌های خطی را می‌یابد که حداکثر حاشیه ابر صفحه را حاصل می‌کنند. حداکثر کردن حاشیه ابر صفحه منجر به حداکثر شدن تفکیک بین طبقات می‌شود. به نزدیک ترین نقاط آموزشی به حداکثر حاشیه ابر صفحه، بردارهای پشتیبان اطلاق می‌گردد. تنها از این بردارها (نقاط) برای مشخص کردن مرز بین طبقات استفاده می‌شود (شین، ۲۰۰۵).

اگر داده‌ها به صورت خطی مجزا از هم باشند، SVM به ماشین‌های خطی برای تولید یک سطح بهینه که داده‌ها را بدون خطا و با حداکثر فاصله میان صفحه و نزدیکترین نقاط آموزشی (بردارهای پشتیبان) تفکیک می‌نماید، آموزش می‌دهد. اگر نقاط آموزشی را به صورت $[x_i, y_i]$ و بردار ورودی $x_i \in R^n$ و ارزش طبقه $y_i \in \{-1, 1\}, i = 1$ تعریف کنیم، آنگاه در حالتی که داده‌ها بصورت خطی قابل تفکیک هستند، قواعد تصمیم‌گیری که تعریف می‌شود و توسط یک صفحه بهینه که طبقات تصمیم‌گیری باینری را تفکیک می‌کند، به صورت معادله زیر است:

$$y = \text{sing}(\sum_{i=1}^N y_i \alpha_i (X_i \cdot X_i) + b) \quad (1)$$

که در آن y و خروجی معادله، y_i ارزش طبقه نمونه آموزشی X_i و \bullet نشان دهنده ضرب داخلی است. بردار $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ نشان دهنده یک داده ورودی و بردارهای $X_i, i = 1, \dots, N$ بردارهای پشتیبان هستند. در معادله فوق پارامترهای b و α_i تعیین کننده ابر صفحه هستند. اگر داده‌ها به صورت خطی قابل تفکیک نباشند، معادله فوق به معادله زیر تغییر می‌یابد:

$$y = \text{sign}(\sum_{i=1}^N y_i \alpha_i K(X, X_i) + b) \quad (2)$$

تابع $K(X, X_i)$ تابع کرنلی است که برای ایجاد ماشین‌هایی با انواع مختلفی از سطوح تصمیم‌گیری غیرخطی در فضای داده‌ها، ضرب‌های داخلی تولید می‌کند. تابع کرنل تابع کرنل، تابع وزنی است که در تکنیک‌های پیش‌بینی غیر پارامتریک استفاده شده و دارای دو شرط $\int_{-\infty}^{+\infty} k(u) du = 1$ و $\int_{-\infty}^{+\infty} k(u) du = 1$ برای تمام مقادیر u برقرار

است. اگر دو کلاس به نحوی باشند که نتوان آنها را با یک صفحه جدا کرد، از روش‌های غیرخطی و تعریف تابع تصمیم‌گیری و توابع کرنل استفاده می‌شود. در SVM ها از کرنل‌ها برای تعریف شباهت ورودی‌ها و از تابع تلفات برای سنجش میزان شباهت خروجی‌ها بهره می‌گیرند. در واقع کرنل‌ها ابزارهایی برای تعیین شباهت بین ورودی‌ها هستند که دارای کلاس‌های متفاوتی هستند. هر کلاس از کرنل‌ها توانایی تشخیص نوع خاصی از شباهت را دارد و بنابراین نوع خاصی از فضای ویژگی را بازسازی می‌کند (گان، ۱۹۹۸).

۴. برآورد مدل تجربی

۴.۱. نتایج مدل‌سازی شبکه عصبی با الگوریتم GMDH^۱

با توجه به توانایی الگوریتم GMDH در شناسایی متغیرهای زاید و انتخاب متغیرهای مهم در فرآیند مدل‌سازی، تمام متغیرها در مدل‌سازی در همان ابتدا وارد شده است. نتایج حاصل از تخمین بیانگر آنست که برخی متغیرها دارای اثر بالا، برخی اثر معمولی و برخی دیگر کم اثر هستند. جدول (۲) اثر هر یک از متغیرهای مستقل را در مدل‌سازی به کمک شبکه‌های عصبی با الگوریتم GMDH با دو و سه لایه پنهان را نمایش می‌دهد.

جدول ۱.۲ اثر متغیرهای توضیحی در شبکه عصبی GMDH با دولایه پنهان

۱	X1	جنسیت	کم اثر
۲	X2	سن	اثر معمولی
۳	X3	مبلغ وام	اثر بالا
۴	X4	زمان باز پرداخت وام	اثر بالا
۵	X5	فاصله اقساط	اثر معمولی
۶	X6	تعداد اقساط	کم اثر
۷	X7	مبلغ هر قسط	کم اثر
۸	X8	تمدید وام	کم اثر
۹	X9	وام قبلی	اثر معمولی
۱۰	X10	وثیقه ملکی	کم اثر
۱۱	X11	معدل موجودی	اثر بالا
۱۲	X12	نرخ سود تسهیلات	اثر بالا
۱۳	X13	نوع تسهیلات	اثر معمولی
۱۴	X14	سطح تخصیلات	اثر بالا
۱۵	X15	شغل	اثر معمولی

ماخذ: محاسبات محقق

جدول ۱.۳ اثر متغیرهای توضیحی در شبکه عصبی GMDH با سه لایه پنهان

۱	X1	جنسیت	کم اثر
۲	X2	سن	اثر معمولی
۳	X3	مبلغ وام	اثر بالا
۴	X4	زمان باز پرداخت وام	اثر بالا
۵	X5	فاصله اقساط	اثر معمولی
۶	X6	تعداد اقساط	اثر معمولی
۷	X7	مبلغ هر قسط	کم اثر
۸	X8	تمدید وام	کم اثر
۹	X9	وام قبلی	اثر بالا
۱۰	X10	وثیقه ملکی	کم اثر
۱۱	X11	معدل موجودی	اثر بالا
۱۲	X12	نرخ سود تسهیلات	اثر بالا
۱۳	X13	نوع تسهیلات	اثر معمولی
۱۴	X14	سطح تخصیلات	اثر بالا
۱۵	X15	شغل	اثر معمولی

ماخذ: محاسبات محقق

با استفاده از اطلاعات متغیرها برای اعتبار سنجی، مدل شبکه عصبی GMDH با دو و سه لایه پنهان برآورد گردید. همانطور که در جدول (۴) نشان داده شده است محدوده زیر منحنی در مدل مربوط به شبکه عصبی GMDH برای مشتریان برابر با ۰/۹۱۵ است. در حالتی که رفتار مشتریان به صورت تصادفی پیش‌بینی می‌شود، احتمال درست پیش‌بینی کردن برابر ۰/۵ بوده و در پیش‌بینی با استفاده از مدل شبکه عصبی این احتمال برابر ۰/۹۱ است.

جدول ۴. نتیجه محاسبات مربوط به منحنی ROC مدل شبکه عصبی GMDH

محدوده زیر منحنی	انحراف معیار	مقدار سطح معنی‌داری	سطح معناداری ۹۵ درصد	
			مرز بالایی	مرز پایینی
۰/۹۱۵	۰/۰۰۹	۰/۰۰۰	۰/۸۲۵	۰/۹۵۷

ماخذ: محاسبات محقق

۲.۴. تابع احتمال بقا و ماشین بردار پشتیبان

در این قسمت به منظور تدوین بهترین مدل با کمترین متغیرهای ممکن، استفاده از رهیافت گام به گام در دستور کار قرار گرفته است. در این رویکرد در ابتدا فرایند انتخاب رو به جلو متغیر وابسته به ازای تک تک متغیرها، بهترین مدل دو متغیره و پس از آن مدل‌های سه متغیره و بیشتر برآزش می‌شوند تا جایی که معیارهای خوب بودن مدل رگرسیونی جدید از مدل گزینش شده قبلی بهتر نباشد. پس از آن در رویکردی رو به عقب سعی می‌شود تا ابعاد مدل کاهش یابد و این اقدام نیز با این شرط انجام می‌پذیرد که در معیارهای برآزش مدل تاثیر منفی نداشته باشد. بدین منظور در این مطالعه از نرم افزار Matlab استفاده گردید.

تحلیل بقا، زمان تا وقوع رخداد را مورد بررسی قرار می‌دهد. در ابتدا کاپلان و میر (۱۹۵۸)، برآورد دیگری را ایجاد نمودند که به دنبال برآورد تابع بقا برای داده‌های سانسور شده و سانسور نشده بود. سپس کاکس (۱۹۷۲) توابع خطر متناسب را مطرح نمود تا بتوان از طریق آن، بین ویژگی‌های فردی افراد و زمان تا وقوع رخداد مورد علاقه (در اینجا

قصور) ارتباط برقرار نماید. در این مطالعه، متغیر تصادفی T زمان تا وقوع قصور یا همان زمان بقا برای یک مشتری است. به عبارت دیگر، این متغیر طول مدت زمان تا رسیدن به وضعیت قصور برای هر مشتری را نشان می‌دهد. معمولاً در داده‌های مربوط به وام و اعتبارات، اطلاعات بازپرداختی مشتریان به صورت ماهانه نشان داده می‌شوند. براساس تعاریف رایج در صنعت بانکداری، اگر مشتری ۳ ماه متوالی و یا بیشتر تأخیر در بازپرداخت اقساط داشته باشد، آنگاه این مشتری به عنوان فرد قصور کرده، تلقی می‌شود. این تعریف نیز توسط کمیته بازل مورد تأیید قرار گرفته است.

اگر زمان تا وقوع قصور مشتریان با متغیر تصادفی T نشان داده شود، حال احتمال قصور مشتری قبل از زمان t ($P_B(t, X)$) به صورت زیر است:

$$P_B(t, X) = \Pr\{T < t\} \quad (1)$$

لازم به ذکر است که احتمال فوق به برخی ویژگی‌های فردی مشتریان که با X نشان داده می‌شوند نیز می‌تواند بستگی داشته باشد. می‌توان $P_B(t, X)$ تابع توزیع احتمال متغیر تصادفی T و $P'_B(t, X)$ تابع چگالی متناظر با آن نیز تعریف نمود. براین اساس احتمال قصور در فاصله $[t, t + \delta t]$ به صورت زیر خواهد بود:

$$\Pr\{t < T < t + \delta t, X\} = P'_B(t, X)\delta t \quad (2)$$

تابع احتمال بقا که در آن قصور بعد از زمان اتفاق می‌افتد ($P_G(t, X)$)، به صورت رابطه زیر است:

$$P_G(t, x) = 1 - P_B(t, X) = \Pr\{T \geq t\} = \int_t^{\infty} P'_B(u, X)du \quad (3)$$

تابع نرخ خطر یکی دیگر از مفاهیم پایه‌ای تحلیل بقا است و این را نشان می‌دهد که اگر مشتری در فاصله $[t, 0]$ قصور نکرده باشد، نرخ قصور در فاصله $[t, t + \delta t]$ چه قدر است. این تابع احتمال شرطی به صورت زیر تعریف می‌شود.

$$h(t, X) = \Pr\{t < T \leq t + \delta t; T > t; X\} \quad (4)$$

در ادامه به برآورد تابع بقا با استفاده از روش خطرات متناسب کاکس پرداخته شده است که نتایج آن در جدول (۵) نمایش داده شده است:

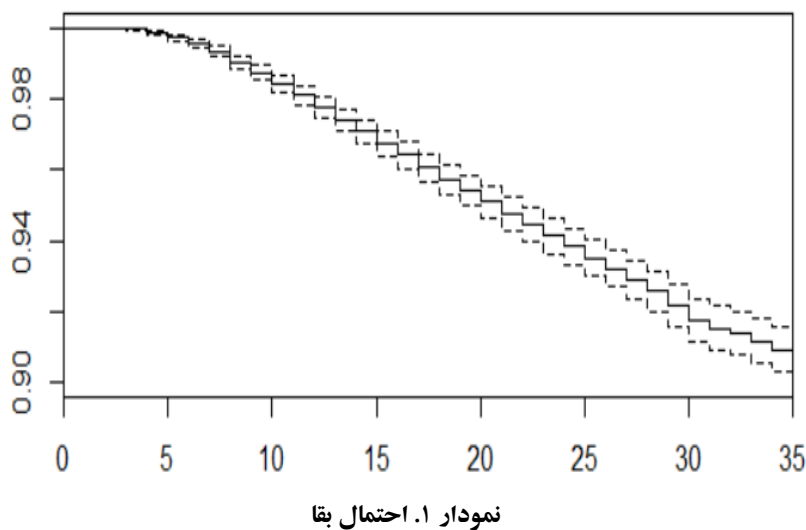
جدول ۵. برآورد مدل کاکس برای نرخ خطر مشتریان

متغیرها	گروه اول	گروه دوم	گروه سوم	گروه چهارم
C	(۰/۰۲)-۲/۴۵	(۰/۰۰)-۱/۹۸	(۰/۰۰)-۱/۵۳	(۰/۰۰)-۰/۶۸
X1	(۰/۰۰) ۱/۳۸	(۰/۰۰) ۱/۵۸	(۰/۰۳) ۲/۱۴	(۰/۰۲) ۳/۱۹
X2	(۰/۰۴) ۰/۳۶	(۰/۰۲) ۰/۵۳	(۰/۰۰) ۰/۶۲	(۰/۰۰) ۰/۷۱
X3	(۰/۰۰) ۰/۸۴	(۰/۰۰) ۰/۹۵	(۰/۰۲) ۱/۱۵	(۰/۰۰) ۱/۵۷
X4	(۰/۰۲) ۰/۹۲	(۰/۰۱) ۰/۷۵	(۰/۰۰) ۰/۶۳	(۰/۰۳) ۰/۴۷
X5	(۰/۰۰) ۰/۷۲	(۰/۰۰) ۰/۵۹	(۰/۰۰) ۰/۴۱	(۰/۰۳) ۰/۳۳
X6	(۰/۰۱) ۰/۵۵	(۰/۰۰) ۰/۴۲	(۰/۰۰) ۰/۳۵	(۰/۰۰) ۰/۲۲
X7	(۰/۰۰) ۰/۲۱	(۰/۰۲) ۰/۱۷	(۰/۰۴) ۰/۱۲	(۰/۰۱) ۰/۰۷
X8	(۰/۰۳) ۰/۷۸	(۰/۰۰) ۰/۶۶	(۰/۰۰) ۰/۵۲	(۰/۰۰) ۰/۳۹
X9	(۰/۰۰) ۰/۱۲	(۰/۰۱) ۰/۰۹	(۰/۰۰) ۰/۰۵	(۰/۰۰) ۰/۰۲
X10	(۰/۰۰) ۰/۴۸	(۰/۰۰) ۰/۳۴	(۰/۰۲) ۰/۲۶	(۰/۰۳) ۰/۱۹
X11	(۰/۰۴) ۰/۸۱	(۰/۰۰) ۰/۹۲	(۰/۰۰) ۱/۰۶	(۰/۰۰) ۱/۲۹
X12	(۰/۰۰) ۰/۶۷	(۰/۰۴) ۰/۵۲	(۰/۰۲) ۰/۴۱	(۰/۰۰) ۰/۳۵
X13	(۰/۰۰) ۰/۴۶	(۰/۰۰) ۰/۳۵	(۰/۰۰) ۰/۲۷	(۰/۰۴) ۰/۱۸
X14	(۰/۰۳) ۰/۲۰	(۰/۰۲) ۰/۲۹	(۰/۰۱) ۰/۳۸	(۰/۰۰) ۰/۴۵
X15	(۰/۰۰) ۰/۱۸	(۰/۰۰) ۰/۱۲	(۰/۰۰) ۰/۰۹	(۰/۰۲) ۰/۰۵

ماخذ: محاسبات محقق

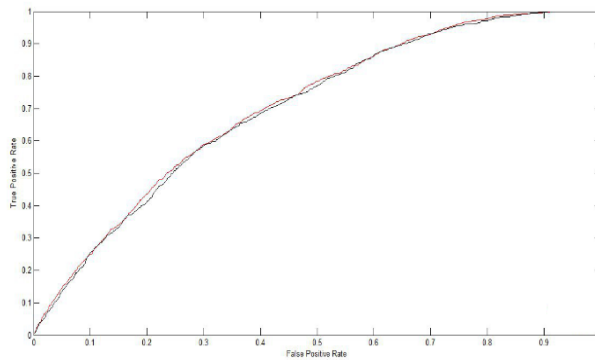
در آنالیز چند متغیری با استفاده از رگرسیون گام به گام می‌توان، بهترین مجموعه از متغیرهای پیش‌بینی‌کننده را شناسایی نمود. رایج‌ترین فرآیندهای رگرسیونی مورد استفاده در تحلیل بنا حذف رو به عقب و انتخاب رو به جلو هستند. آنچه واضح است نتیجه حاصل از انتخاب هر یکی از روش‌ها یکسان است. در این مطالعه از هر دو روش برای آنالیز چند متغیری استفاده شده است. اما به دلیل یکسان بودن نتیجه آنها، تنها برآوردهای حاصل از روش حذف رو به عقب با استفاده از نرم‌افزار Stata در جدول (۵) گزارش شده است. در این تکنیک ابتدا تمامی متغیرها وارد مدل می‌شوند و سپس بر اساس آزمون معناداری، متغیرهایی که کمترین میزان قدرت پیش‌بینی را بر اساس سطح معناداری دارند حذف می‌شوند. متغیرهایی با بیشترین میزان سطح معناداری که بالاتر از سطح معناداری

(به طور معمول ۰/۰۵) هستند، از مدل حذف می‌شوند و دوباره مدل با متغیرهای باقی مانده برآورد می‌شود، این فرآیند تا زمانی که تمامی متغیرها معنادار شوند ادامه پیدا می‌کند. لازم به ذکر است جهت انجام آنالیز چند متغیری، تمامی متغیرها وارد مدل می‌شوند تا میزان اثرگذاری هر یک از عوامل بر بقا و نرخ خطر مشتریان با کنترل نمودن سایر متغیرها بررسی گردند. نمودار (۱) تابع بقای تعدیل شده را نشان می‌دهد.

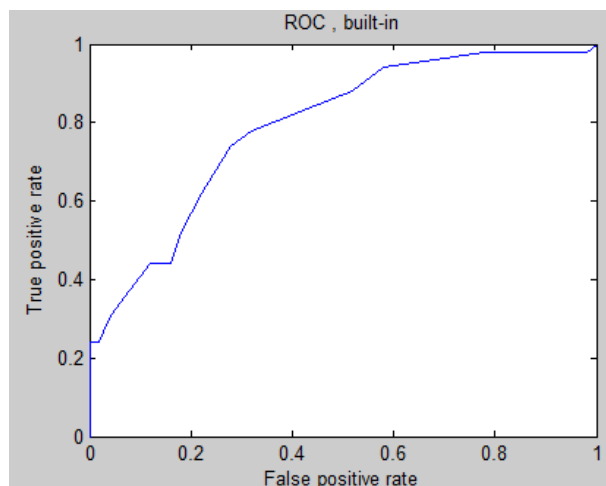


ماخذ: محاسبات محقق

همانطور که در شکل (۱) مشخص است، در ابتدا تابع بقا مقدار یک را می‌گیرد که علت آن تعریفی است که برای نکول داریم و این است که گفته می‌شود زمانی نکول اتفاق افتاده که فرد ۳ ماه اقساط خود را پرداخت نکرده باشد که در نتیجه در ۳ ماه اول هیچ گونه نکولی رخ نمی‌دهد. به این دلیل که در داده‌های موجود تقریباً ۱۰٪ داده‌ها نکول انجام داده‌اند تابع احتمال بقا به سمت ۰/۹ میل می‌کند. به دلیل گسسته بودن زمان‌ها تابع بقا به صورت پله‌ای در می‌آید.



نمودار ۲. ROC مربوط به تابع احتمال بقا



نمودار ۳. ROC مربوط به مدل شبکه عصبی

ماخذ: محاسبات محقق

SVM خود به عنوان تابع شایستگی الگوریتم ژنتیک می باشد و هدف کمینه کردن خطای طبقه بندی با استفاده از GA می باشد. کروموزم‌ها در این روش باینری است و طول کروموزم به اندازه داده‌های ورودی است. جمعیت اولیه الگوریتم ژنتیک بصورت تصادفی تولید می گردد بدین صورت که ابتدا کروموزم‌هایی بطول داده‌های ورودی که تمام بیت‌های آنها ۱ است تولید کرده و بطور تصادفی حداکثر ۲۰ درصد بیت‌ها را به صفر تبدیل

کرده و جمعیت تولید شده را در الگوریتم ژنتیک استفاده می‌کنیم در خروجی الگوریتم ژنتیک اگر بیت مربوطه ۱ باشد داده به عنوان داده آموزش در SVM در نظر گرفته می‌شود و اگر ۰ باشد به همراه داده‌های تست ابتدای مدل به عنوان داده‌های تست در انتهای مدل آزمون می‌شود. جداول زیر نتایج پیش‌بینی مدل SVM را در هشت بار اجرای مدل را نشان می‌دهند. در این مطالعه برای اجرای مدل‌های مورد نظر از نرم افزار MATLAB و توابع موجود در این نرم افزار استفاده شده است. بر اساس نتایج بدست آمده دقت پیش‌بینی مدل SVM برای مشتریان بد حساب حدود ۷۴ درصد و برای مشتریان خوش حساب ۷۵ درصد است.

۵. نتیجه گیری و پیشنهادات

نظام بانکی در ایران همچون سایر کشورها نقش بسیار مهمی در اقتصاد ایفا می‌نماید، زیرا علاوه بر آنکه بانک‌ها واسطه وجوه در بازار پول هستند، به سبب عدم توسعه کافی بازار سرمایه، نقش اساسی در تأمین مالی برنامه‌های میان مدت و بلندمدت اقتصادی دارند. در مجموع می‌توان گفت، مهمترین فعالیت بانک‌ها جمع‌آوری منابع مالی و تخصیص آنها به بخش‌های مختلف اقتصادی است. اما باید توجه داشت که از یک سوی، همین منابع مالی، تأمین کننده نیازهای بانک برای اعطای تسهیلات بوده و از سوی دیگر، بانک‌ها باید منابع مالی محدود خود را به صورت بهینه به تولید کالاها و خدمات اختصاص دهند که به معنای فعالیت بنگاه در سطح کارا است، چرا که از نظر تئوری‌های اقتصاد، کارایی نتیجه بهینه‌سازی تولید و تخصیص منابع است. به بیان دیگر، در یک واحد تولیدی، مدیران و نیروی کار با توجه به اهداف مورد نظر بنگاه و توان فناوری موجود درصدد تعیین میزان تولید خود به گونه‌ای هستند که ضمن استفاده از حداکثر امکانات و منابع و تخصیص مطلوب هزینه، عوامل تولید (سرمایه و نیروی کار) را به صورت بهینه مورد استفاده قرار دهند. بانک‌ها نیز از این قاعده مستثنی نبوده و درصدد اعطای تسهیلات به شرکت‌هایی هستند که ضمن برخورداری از ریسک پایین بتوانند بازده متناسب با سود تسهیلات اعطایی

را داشته باشند. این امر زمانی محقق می‌شود که بانک‌ها قادر به شناسایی مشتریان اعتباری خود (حقیقی و حقوقی) بوده و بتوانند آنها را براساس توانایی و تمایل نسبت به باز پرداخت کامل و به موقع تعهدات طبقه بندی نمایند. در این مقاله به بررسی ریسک اعتباری بانک با استفاده از شبکه عصبی، تابع بقا و ماشین بردار پشتیبان پرداخته شده است. مدل‌های آماری در ارزیابی ریسک اعتباری در برخی شرایط (در صورتی که پیش فرض‌های آماری آنها فراهم باشد) در حل مسائل به خوبی جواب می‌دهند به همین دلیل در این مطالعه به کمک الگوریتم ژنتیک برای بهینه‌سازی ماشین بردار پشتیبان به ارزیابی ریسک مشتریانی که از سیستم بانکی تسهیلات مالی دریافت کرده‌اند، پرداخته شده است. نتایج آزمون‌های آماری حاکی از این موضوع بود که مدل SVM از دقت بالاتری در پیش‌بینی ریسک اعتباری مشتریان برخوردار است. همانطوری که نتایج پیش‌بینی و مدل‌سازی نشان دادند، می‌توان گفت که این مدل‌ها توانایی لازم برای کمی کردن ریسک اعتباری را دارا هستند و نتایج پیش‌بینی در تمام مدل‌های ارائه شده با توجه به معیارهای خوبی برآزش، قابل قبول هستند. با توجه به نتایج بدست آمده پیشنهاد می‌شود که پایگاه داده‌ای که حاوی داده‌های مالی، اقتصادی، شخصیتی و مدیریتی مشتریان است بطور اختصاصی در این موسسات و بانک‌ها دایر شده و در طول زمان بروز رسانی شود. همچنین پیشنهاد می‌شود که بانک در اخذ وثیقه بانکی به طور دقیق عمل کرده و از طریق اخذ وثایقی که وجاهت قانونی بالاتری داشته باشد اقدام کنند. همچنین با توجه به روند فزاینده سهم مطالبات معوق از کل مطالبات بخش غیردولتی استقرار سیستم رتبه‌بندی اعتباری مشتریان، بانک‌ها را در تخصیص بهینه منابع و تسهیلات مالی خود یاری می‌دهد، به بیان دیگر در این سیستم تسهیلات به مشتریان مطلوب تخصیص می‌یابد.

۶. تقدیر و تشکر

در انتهای مقاله از تمامی همکاران و دوستانی که در بانک مورد مطالعه در گردآوری اطلاعات به تیم تحقیقاتی کمک کردند تشکر می‌شود.

منابع

- Abdoli, Ghahraman and Fardhariri, Alireza (2014), Modeling credit risk assessment of legal clients of Refah Bank, Quarterly of Applied Economic Theory, 1, 1-24. (In Persian)
- Altman, E. I. (1968). Financial Ratios, Discriminant Analysis and the Prediction of Corporate Bankruptcy. *Journal of Finance*, 23, 589-609.
- Arab Mazar, Abbas and Ruin Tan, Pune (2004), factors affecting the credit risk of bank customers; A case study of Keshavarzi Bank, *Economic Research Quarterly*, 6, 45-80. (In Persian)
- Basel Committee on Banking Supervision, Best Practices for Credit Risk Disclosure, September 2000.
- Beaver, W. (1967). Financial Ratio as Predictors of Failure, *Empirical Research in Accounting: Selected Studies 1966*. *Journal of Accounting Research*, 4, 71-111.
- Bolton, P., Chen, H. and Wang, N. (2009), "A unified theory of Tobin's q, corporate investment, financing, and risk management", *The Journal of Finance*, Vol. 66 No. 5, pp. 1545-1578.
- Chen, W, Xiang, G. Liu, Y. Wang, K. (2016). Credit risk Evaluation by hybrid data mining technique. *Systems Engineering Procedia*, 3(0), 1, 20-94.
- Dargahi Hassan, Ghasemi Mojtabi, Fethullahi Sajjad (2019), the effect of bounced check financial crime on banks' credit risk and economic growth with an emphasis on the law enforcement index: a provincial panel approach, *Economic Modeling Research*, 11 (40), 7-32 . (In Persian)
- Elmer, P. J. and Borowski, D. M. (1988). "An Expert System and Neural Networks Approach to Financial Analysis". *Financial Management*, 12, 66-76.
- Emel, Ahmet Burak. Oral, Muhittin. Reisman, Arnold. Yolalan, Reha. (2003). A credit scoring approach for the commercial banking sector. *Socio-Economic Planning Sciences*, 37, 103-123.
- Eskandari, Maitham Jafari and Rouhi, Milad (2015), credit risk management of bank customers using decision vector machine method improved by genetic algorithm with data mining approach, *Asset Management and Financing Quarterly*, 1, 12-38. (In Persian)
- Feng, Z. (2016). *China Microfinance Industry Assessment Report*. China Association of Microfinance.
- Hitchins J Hogg M and Mallett D (2001) *Banking: A Regulatory Accounting and Auditing Guide* (The Institute of Chartered Accountants).
- Isazadeh Saeed, Ariani Bahare (2009), ranking of legal clients of banks according to credit risk by data coverage analysis method: a case

- study of branches of Agricultural Bank, Economic Research and Policy Quarterly, 18 (55), 59-86. (In Persian)
- Kumar, M., Kumar, P., Kumar, A. Anil Kumar, Ahmed Elbeltagi & Alban Kuriqi (2022), Modeling stage–discharge–sediment using support vector machine and artificial neural network coupled with wavelet transform, Applied Water Science, 12, 87.
- Liao, A. B. (2015). A Credit Rating Approach for the Commercial Banking Sector. Journal of Socio-Economic Planning Sciences, 37, 45-58.
- Mirghfoury Seyedhabib Alah and Ashuri Zohra (2014), credit risk assessment of bank customers, Business Management Research Quarterly, 7, 13, 147-166. (In Persian)
- Mirzaei, Hossein, Nazarian, Rafik and Bagheri, Rana, (2018), Investigating factors affecting the credit risk of legal entities of banks (a case study of branches of the National Bank of Iran, Tehran), Economic Research Trends Quarterly, 19th year , 58, 67-98. (In Persian)
- Mousavi, Seyedreza and Qolipour, Elnaz (2018), Rating of validation criteria of bank customers with Delphi approach, the first international conference on marketing of banking services. (In Persian)
- Naji Esfahani, Seyed Ali and Rastgar, Mohammad Ali (2017), Estimating customers' credit risk using multidimensional analysis of preferences (case study: a commercial bank in Iran), Economic Modeling Quarterly, 12(44), 143-161. (In Persian)
- Paula Matias Gama, Ana & Susana Amaral Geraldes, Helena (2014), Credit Risk Assessment and the Impact of the New Basel Capital Accord on Small and Medium-sized Enterprises: An Empirical Analysis, Management Research Review.
- Rostamzadeh Parviz, Shahnazi Rohollah, Nissani Mohammad Sadegh (2017), Identification of factors affecting credit risk in Iran's banking industry using stress test, Economic Modeling Research, 9 (32), 91-128. (In Persian)
- Salahi, Mohammad (2017), review and prioritization of effective factors for credit evaluation of bank customers using AHP method (Case: Sina Bank), School of Management, Department of Financial Affairs, University of Tehran. (In Persian)
- Sanders, A. & Allen, L. (2002). Credit Risk Measurement. Second Edition, NewYork: John Wiley & Sons.
- Shi-chen, Sh.; Yousefi, N. & Qorbannezhad, J. (2011). "The Study of Effective Factors of Default Bank Credit Facilities (the case study of Legal Customers of Export Development Bank of Iran)". Journal of Financial Knowledge of security analysis, 2: pp. 111-137.

- Suryanto H, Mahidadia A, Bain M, Guan C and Guan A (2022), Credit Risk Modeling Using Transfer Learning and Domain Adaptation. *Front. Artif. Intell.* 5:868232. doi: 10.3389/frai.2022.868232.
- Tehrani, Reza and Fallah Shams, Mirfaiz (2014), Designing and explaining the credit risk model in the country's banking system, *Journal of Social and Human Sciences of Shiraz University*, 43, 45-60. (In Persian)
- Treacy, William F, Carey Mark s (1998), credit risk rating at large U.S banks, *Journal of Banking and Finance*.
- West, S, A. (2014). "Credit Risk Model and ranking Legal Clients of the Agriculture Bank". *Economic Journal*, 4: 99-128.
- Ying Zhou, Mohammad Shamsu Uddin, Tabassum Habib, Guotai Chi & Kunpeng Yuan (2021), Feature selection in credit risk modeling: an international evidence, *Economic Research-Ekonomska Istraživanja*, 34:1, 3064-3091, DOI: 10.1080/1331677X.2020.1867213.
- Zhou, Ying, Mohammad Shamsu Uddin, Tabassum Habib, Guotai Chi & Kunpeng Yuan (2021), Feature selection in credit risk modeling: an international evidence, *Economic Research-Ekonomska Istraživanja*, 34:1, 3064-3091.