

رتبه‌بندی داخلی مشتریان بانک‌ها با استفاده از مدل‌های رگرسیوني لاجيت

کورش پرويزيان*
سيد مرتضى ذکاوٲ**
مهدى محمدیان***

رتبه‌بندی متقاضیان اعتبار و پیش‌بینی احتمال عدم بازپرداخت، یکی از اساسی‌ترین و ضروری‌ترین اصول مدیریت ریسک در بانک‌ها و مؤسسات مالی است؛ به طوری که به آنها این امکان را می‌دهد که به صورت کارا در مورد اعتبارات و تسهیلات اعطایی خود با کمترین میزان کار

*. دکتر کورش پرويزيان؛ رئیس هیأت مدیره و مدیرعامل بانک توسعه صادرات ایران.

E. mail: chairman@edbi.ir

** . سيد مرتضى ذکاوٲ؛ رئیس اداره مدیریت ریسک بانک توسعه صادرات ایران.

E. mail: morteza.zekavat@edbi.ir

*** . مهدى محمدیان؛ کارشناس اداره مدیریت ریسک بانک توسعه صادرات ایران.

E. mail: mmohammadian2001@yahoo.com

اداری تصمیم‌گیری کنند. در این مقاله یکی از روشهای رتبه‌بندی با استفاده از مدل‌های رگرسیونی لاجیت به صورت دو سطحی و سه سطحی و با توجه به نسبت‌های مالی شرکتها بررسی شده است. نتایج نشان می‌دهد در مدل دوسطحی حدود ۷۵ درصد از مشتریان و در مدل سه سطحی حدود ۷۰ درصد مشتریان به درستی دسته‌بندی شده‌اند.

طبقه بندی JEL: C13 ، G21 ، G24 ، G33

کلید واژه‌ها:

رتبه‌بندی، بانک‌ها، ریسک اعتباری، مدل‌های رگرسیونی لاجیت، احتمال نکول،
منحنی ROC

Archive of SID

مقدمه

شرکتها و مؤسسات مالی در پی مدیریت انواع ریسک در فعالیتهای تجاری خود هستند. این در حالی است که تعدادی از آنها در این مهم موفق و تعدادی نیز شکست خورده‌اند. بعضی از مؤسسات بدون هیچگونه فعالیتی ریسک‌های مالی را پذیرفته و تعدادی با ایجاد یک محیط رقابتی برای ریسک‌های مالی، سعی کرده‌اند قضاوت‌های صحیح در این زمینه داشته باشند. در هر دو مورد برای جلوگیری از زیانهای ممکن، انواع ریسک به دقت باید مورد بررسی قرار گیرد و در نهایت با استفاده از ابزارهای مختلف مدیریت شود.^۱

بطور کلی ریسک را می‌توان به صورت نوسانات و نتایج غیر منتظره که اغلب تغییر در ارزش داراییها و بدهیها است، تعریف کرد^۲ و ریسک‌های مالی را نیز می‌توان به صورت ریسک‌هایی که با زیان در بازارهای مالی مرتبط وجود دارد، دانست. این زیانها ممکن است از نوسان در نرخ بهره و یا عدم اجرای تعهدات مالی از سوی مشتریان ناشی شود. مؤسسات مالی و اعتباری مانند بانک‌ها بیشتر در معرض اینگونه ریسک‌ها قرار دارند و سعی می‌کنند آن را به صورت فعال مدیریت کنند. این مؤسسات سعی دارند منبع ریسک را به منظور کنترل، شناسایی کنند.^۳

«ریسک اعتباری»^۴ ریسک زیان در قراردادهای مالی یا غیر مالی ناشی از ناتوانی افراد یا شرکتها در اجرای تعهدات ذکر شده در قرارداد است. این ریسک شامل دو جزء است. ۱. ریسک نکول: احتمال اینکه فرد یا شرکت توانایی اجرای تعهداتش را نداشته باشد. ۲. ریسک وصول: احتمال اینکه ارزش وصولی قرارداد نکول شده به سطحی کمتر از ارزش مورد انتظار آن کاهش یابد. اثر این ریسک با استفاده از هزینه جایگزین جریان نقدی - اگر افراد دچار نکول شوند - اندازه‌گیری و شامل ارزش در معرض خطر^۵ و نرخ بازیافت^۶ معوقات

^۱ Jorion. Ph, *Value at Risk, The New Benchmark for Managing Financial Risk*, (United States of America, McGraw-Hill, 2001), p. 3.

^۲ *Ibid*, p.3.

^۳ *Ibid*, p.4.

^۴ Credit Risk

^۵ Value at Risk

^۶ Recovery Rate

می‌شود^۱. لازم به ذکر است به دلیل اینکه بازار پیشرفته مالی در ایران وجود ندارد و خرید و فروش تسهیلات امکانپذیر نمی‌باشد، تنها با مورد اول ریسک اعتباری که همان احتمال نکول مشتری و عدم توانایی در اجرای تعهدات است، مواجه هستیم.

رتبه‌بندی متقاضیان اعتبار و پیش‌بینی احتمال عدم بازپرداخت، یکی از اساسی‌ترین و ضروری‌ترین اصول مدیریت ریسک در بانک‌ها و مؤسسات مالی است که با عنوان اصول مدیریت ریسک اعتباری در سطح بین‌المللی مورد توجه قرار گرفته است. مدل‌های رتبه‌بندی اعتباری یکی از مهمترین و اساسی‌ترین سیستم‌های تصمیم هستند که بخش عمده‌ای از اطلاعات مورد نیاز مؤسسات اعتباردهنده در مدیریت مؤثر اعتبارات را فراهم می‌کنند. مدل‌های مذکور در پیش‌بینی اندازه ریسک یک متقاضی اعتبار بکار برده می‌شود و طیف وسیعی از انواع روشهای کیفی و کمی را در بر می‌گیرند.

بطور کلی بانک‌ها و مؤسسات مالی به دو صورت می‌توانند از این مدل‌ها استفاده کنند: روش اول که بخصوص در حال حاضر در بانک‌های غربی استفاده می‌شود، رتبه‌بندیهایی است که توسط مؤسسات خارج از بانک انجام می‌شود و به صورت درجه ریسک برای هر شرکت اعلام می‌شود. سه مؤسسه S&P، Moody's و Fitch معتبرترین مؤسساتی هستند که در سطح بین‌المللی ریسک اعتباری شرکتهای مختلف را اندازه‌گیری و به صورت درجات مخصوصی ارائه می‌دهند^۲.

مؤسسات مذکور در محاسبات خود از روشهای کمی و کیفی استفاده می‌کنند؛ یعنی ضمن استفاده از مدل‌های آماری، به بررسی پارامترهای کیفی شرکت مورد مطالعه نظیر تواناییهای مدیریت، وضعیت حضور در بازار، دورنمای توسعه شرکت و ... نیز می‌پردازند و در نهایت با تلفیق این نتایج با نتایج حاصل از مدل‌های آماری، رتبه نهایی شرکت را اعلام می‌کنند.

عدم وجود رتبه‌بندی اعتباری توسط مؤسسات معتبر اعتبارسنجی برای تمامی شرکتهای و اشخاص حقیقی به عنوان متقاضیان بالقوه اعتبار، عاملی است که بانک‌ها و

^۱. *Ibid*, p.16.

^۲. Basel Committee on Banking Supervision, "Studies on the Validation of Internal Rating Systems", *Working Paper*, No. 14, (2005).

مؤسسات مالی را به سمت روش دوم؛ یعنی رتبه‌بندی داخلی سوق داده است. در روش رتبه‌بندی داخلی هر بانک یا مؤسسه مالی برای مدیریت اعتباراتش از یک روش خاص اندازه‌گیری ریسک برای رتبه‌بندی اعتباری درخواست‌کننده اعتبار که می‌تواند شخص حقیقی یا حقوقی باشد، استفاده می‌کند.

اجزای ریسک و توافق سرمایه‌ای جدید بازل^۱

توافق سرمایه‌ای جدید بازل برای تعیین سرمایه قانونی با در نظر گرفتن ریسک در پرتفوی اعتباری بانک طراحی شده است. این توافقنامه به بانک‌ها اجازه می‌دهد تا سرمایه مورد نیاز برای پوشش ریسک اعتباری خود را با دو روش محاسبه کنند: یک روش استاندارد که بر اساس توافق سرمایه‌ای ۱۹۸۸ اصلاح شده است؛ و دوم روش مبتنی بر رتبه‌بندی داخلی (IRB)^۲، که به موجب آن بانک‌ها اجازه دارند از رتبه‌بندی داخلی استفاده و آن را توسعه دهند. روش IRB بر پایه پارامترهای کلیدی زیر برای تخمین ریسک‌های اعتباری است.^۳

۱. PD، احتمال نکول^۴ یک قرض‌گیرنده در یک افق زمانی یکساله؛
۲. LGD، زیان ناشی از نکول^۵ (نرخ بازگشت^۶-۱)، بخشی از تسهیلات که در صورت نکول از بین می‌رود و برابر است با ۱ منهای درصد بازگشتی از تسهیلات پس از نکول که توسط وثیقه‌ها قابل نقد است. زیان ناشی از نکول به صورت درصدی از ارزش در معرض نکول بیان می‌شود.
۳. EAD، ارزش در معرض نکول^۷ (بر اساس مقدار و نه درصد)

^۱. Basel

^۲. Internal Rating Base

^۳. Basel Committee on Banking Supervision, The Internal Ratings-Based Approach, (2001), Internet.

^۴. Probability of Default

^۵. Lose Given Default

^۶. Recovery Rate

^۷. Exposure at Default

در یک تاریخ سررسید معین، این پارامترها برای تخمین زیان مورد انتظار (EL)^۱ استفاده می‌شوند.

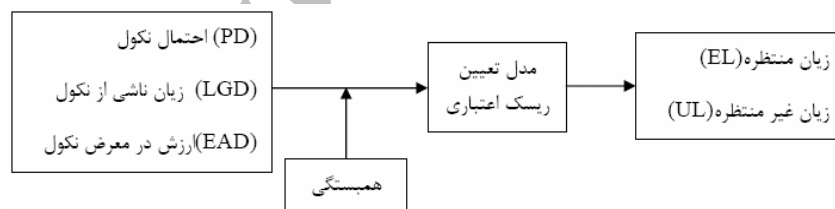
زیان مورد انتظار یک مقدار می‌باشد و به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$EL = PD * LGD * EAD$$

تعیین ریسک اعتباری

الف) زیان مورد انتظار (EL) و زیان غیرمنتظره (UL)^۲

پس از تخمین اجزای ریسک می‌توان میزان ریسک اعتباری در پرتفوی را اندازه‌گیری کرد. میزان ریسک اعتباری اغلب شامل زیان منتظره و زیان غیرمنتظره است. زیان منتظره، میانگین زیان تخمین زده شده برای یک دوره زمانی مشخص برای مثال یک سال می‌باشد. زیان غیرمنتظره به عنوان حداکثر زیان منهای زیان منتظره با یک سطح احتمال مشخص تعریف می‌شود (نمودار ۱ و ۲)^۳.

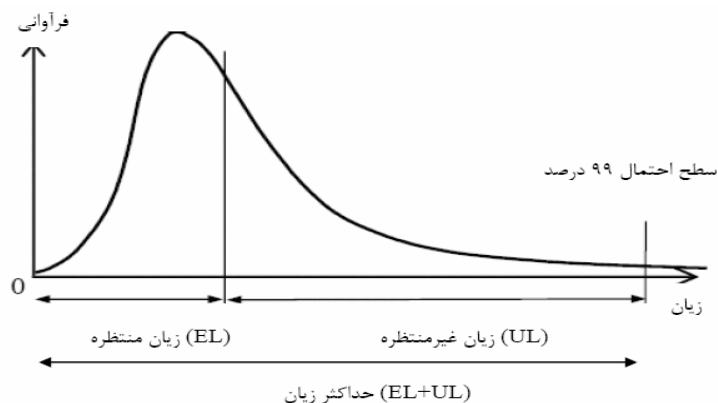


نمودار ۱. تعیین ریسک اعتباری

^۱. Expected Loss

^۲. Unexpected Loss

^۳. Bank of Japan, *Advancing Credit Risk Management through Internal Rating Systems*, (2005).



نمودار ۲. توزیع زیان پرتفوی اعتباری

همانطور که در نمودار مشاهده می‌شود، حداکثر میزان ریسک مجموع دو نوع ریسک است. انتظار می‌رود زیان منتظره با تخصیص هزینه لازم برای پذیرش ریسک، و زیان غیر منتظره با سرمایه، به عنوان زیان بالقوه ای که همراه با ریسک پذیری است پوشش داده شود.

ضرورت و اهداف تحقیق

مدیریت سرمایه یکی از موضوعات مهم برای مؤسسات مالی محسوب می‌شود؛ بطوریکه مجبور به استفاده از پیشنهادهای کمیته بال در این زمینه است. این مؤسسات به منظور مدیریت سرمایه خود پس از محاسبه میزان ریسک اعتباری، ریسک بازار و ریسک عملیاتی و برقراری ارتباط بین آنها سرمایه مورد نیاز برای پوشش این ریسک‌ها را نگهداری می‌کنند.^۱

یکی از مهمترین انواع ریسک که بانک‌ها و مؤسسات مالی با آن مواجه هستند، ریسک اعتباری است. این ریسک از این حقیقت ناشی می‌شود که افراد میل به ایفا و یا توانایی اجرای تعهداتشان را نداشته باشند که موجب زیان اقتصادی برای بانک شود. پیش نیاز تعیین و کنترل ریسک اعتباری، وجود سیستم رتبه‌بندی همراه با کلاسهای معین است؛ بطوریکه

^۱. Anonymous, *Loan Portfolio Management Introduction*, www.cba.am/banks/ 2.4.0 .pdf.

وجود سیستم رتبه‌بندی داخلی به بانک‌ها و مؤسسات مالی کمک می‌کند تا ریسک‌های اعتباری که از طریق اعطای تسهیلات و انجام سایر فعالیتها ایجاد می‌شود، را با استفاده از مدیریت بر درجه اعتبار قرض‌گیرندگان و کیفیت معاملات اعتباری، کنترل کنند. همانطور که قبلاً نیز اشاره شد، بطور کلی بانک‌ها و مؤسسات مالی به دو صورت می‌توانند از سیستم‌های رتبه‌بندی استفاده کنند؛ روش اول، رتبه‌بندی است که توسط مؤسسات خارج از بانک انجام می‌شود و روش دوم رتبه‌بندی داخلی است. عدم وجود رتبه‌بندی اعتباری به وسیله مؤسسات معتبر اعتبارسنجی برای تمامی شرکتها و اشخاص حقیقی، عاملی است که بانک‌ها و مؤسسات مالی را به سمت روش دوم؛ یعنی رتبه‌بندی داخلی سوق داده است. در روش رتبه‌بندی داخلی هر بانک یا مؤسسه مالی برای مدیریت اعتباراتش از یک روش خاص اندازه‌گیری ریسک برای رتبه‌بندی اعتباری متقاضی تسهیلات که می‌تواند شخص حقیقی یا حقوقی باشد، استفاده کند. در ادامه توضیح مختصری در مورد سیستم رتبه‌بندی داخلی، ضرورت و کاربردهای آن ارائه می‌شود.

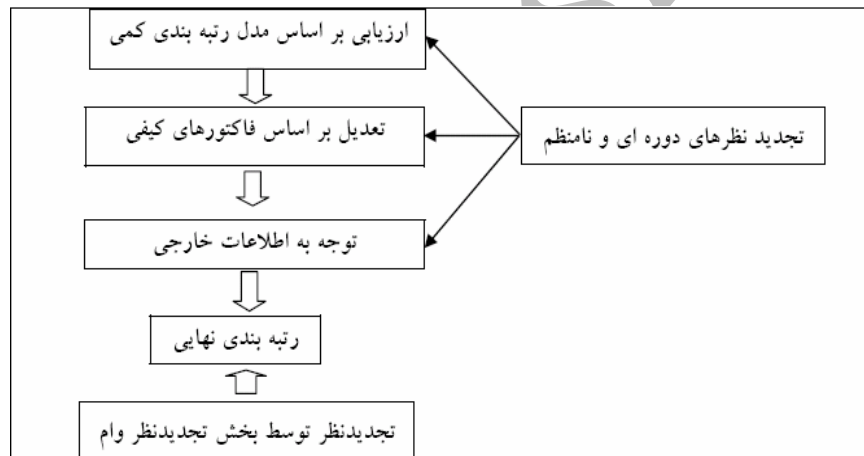
سیستم رتبه‌بندی داخلی

سیستم رتبه‌بندی داخلی، به بانک‌ها و مؤسسات اعتباری این امکان را می‌دهد که به صورت کارا در مورد اعتبارات و تسهیلات اعطایی خود با کمترین میزان کار اداری تصمیم‌گیری و مدیریت کنند. از طرف دیگر به آسانی می‌توان ارزش اعتباری قرض‌گیرنده و کیفیت معاملات اعتباری را با استفاده از یک معیار که همان رتبه است، تعیین کرد.^۱ سیستم رتبه‌بندی داخلی پیش‌نیازی برای توسعه مدیریت ریسک اعتباری در بانک‌ها و مؤسسات مالی محسوب می‌شود و انتظار می‌رود هر مؤسسه مالی و اعتباری از رتبه‌بندی اعتباری مؤسسات مربوطه استفاده و یا خود از یک سیستم رتبه‌بندی داخلی برخوردار باشد. از آنجا که هر مؤسسه‌ای با محیط تجاری متفاوتی مواجه است، لذا لازم است از طراحی داخلی مختص شرایط خود استفاده نماید. در نتیجه چارچوب رتبه‌بندی، به عنوان نمونه تعداد کلاسهای

^۱. Bank of Japan, *Advancing Credit Risk Management through Internal Rating Systems*, (2005), www.boj.or.jp.

رتبه‌بندی، تعریف هر کلاس و روش تعیین رتبه در مؤسسات مختلف متفاوت بوده و مؤسسات مالی سیستم رتبه‌بندی مربوط به خود را با توجه به خصوصیات پرتفوی وام، فعالیت‌های مربوطه، اهداف سیستم رتبه‌بندی و سایر عوامل طراحی می‌کنند. رتبه برای هر قرض‌گیرنده بر مبنای ارزیابی اطلاعات کمی از قبیل نسبت‌های مالی و اطلاعات کیفی از قبیل روندهای صنعت، سطح مدیریت، سوابق و سایر موارد تعیین می‌شود (شکل ۱).^۱

شکل ۱. فرآیند رتبه‌بندی



کاربردهای سیستم رتبه‌بندی داخلی^۲ الف) موارد استفاده از رتبه‌بندی

۱. ارائه تسهیلات

* ایجاد حد اعتباری (سقف اعتباری بر اساس رتبه‌ها: برای مثال مؤسسات مالی می‌توانند با عدم ارائه تسهیلات و یا ارائه تسهیلات کمتر به قرض‌گیرندگان با رتبه پایین، ریسک را کاهش دهند).

^۱. *Ibid*, pp. 13-17.

^۲. *Ibid*, pp. 32-38.

* ایجاد رتبه اعتباری برای اعطای تسهیلات در کلاسهای رتبه‌بندی مختلف استفاده می‌شود.

* مختصر شدن فرآیند اعطای تسهیلات برای فرض گیرندگان با رتبه اعتباری بالا: تخصیص منابع بر اساس مدیریت ریسک می‌تواند کارایی فرآیند اعطای تسهیلات را بهبود بخشد.

۲. بازبینی

* بازبینی فرض گیرندگان بر اساس رتبه اعتباری: برای مثال در بین فرض گیرندگان با رتبه متوسط می‌توان با بازبینی مجدد از طریق سیستم داخلی، رتبه‌ها را تعدیل کرد.

* بازبینی در کل پرتفوی وامی: برای مثال مؤسسات می‌توانند داراییهای زیان دیده را به وسیله ماتریس انتقال در رتبه‌بندی شناسایی کنند و با ایجاد رتبه‌بندی بر اساس صنعت و منطقه جغرافیایی در مبالغ نکول شده از وامها تغییر ایجاد کنند. به این صورت که پس از شناسایی بخشها و صنایع ریسکی، با حذف آنها از پرتفوی و یا کاهش تسهیلات اعطایی به آنها می‌توان ریسک پرتفوی را کاهش داد.

ب) استفاده از احتمال نکول (PD) در هر کلاس رتبه‌بندی

- * اندازه‌گیری ریسک اعتباری و تخصیص سرمایه پشتیبان
- * قیمت‌گذاری نرخ وامها که ریسک اعتباری را انعکاس می‌دهد.
- * ارزیابی ارزش اقتصادی وامها

بهبود سیستم رتبه‌بندی مشتریان همچنین می‌تواند با کاهش هزینه‌ها، بازده مؤسسات مالی را افزایش دهد. در این تحقیق با توجه به ضرورت مطالعه، اهداف زیر دنبال می‌شود:

۱. دسته‌بندی مشتریان به دو گروه خوش حساب و بد حساب با استفاده از مدل؛
۲. رتبه‌بندی مشتریان حقوقی بانک با استفاده از نتایج مدل‌های رگرسیونی لاجیت؛

۳. بررسی قدرت تشخیص مدل‌های رگرسیونی در پیش‌بینی نکول مشتریان بانک.

ادبیات موضوع

تا دهه ۱۹۶۰ تجزیه و تحلیل‌های اعتباری بیشتر به عنوان هنر مطرح بوده تا یک علم؛ زیرا فاقد یک راه و روش معین و مشخصی برای تعیین ریسک اعتباری بوده است. هر چند مشخص کردن نقطه شروعی برای اعتبار سنجی کمی به صورت مدرن، مشکل است ولی در سال ۱۹۶۸ «آلتمن»^۱ توانست در این موضوع پیشگام باشد. او استفاده از روش تجزیه و تحلیل ممیزی^۲ را برای پیش‌بینی ورشکستگی شرکتها پیشنهاد داد. در روش وی تعدادی بنگاه انتخاب شدند که بعضی از آنها در ایفای تعهدات دچار نکول^۳ و تعدادی نیز تسهیلات دریافتی را به موقع تسویه کرده بودند. هدف از این پژوهش این بود که با توجه به عوامل مختلف، قبل از نکول بتوان شرکت‌های در حال نکول را از سایر شرکتها تفکیک کرد. در مدل وی از نسبت‌های مالی برای پیش‌بینی نکول شرکتها استفاده شده است. با توجه به نتایج، نسبت‌های سرمایه در گردش به کل داراییها، درآمد به دارایی، درآمد قبل از کسر مالیات و بهره به دارایی، ارزش بازاری سهام به ارزش دفتری بدهیها و فروش به دارایی در مدل معنی دار شدند.

در دو دهه اخیر استفاده از مدل‌های اقتصاد سنجی مانند Logit و Probit ابزارهای عمومی‌تری برای رتبه‌بندی مشتریان بوده و به وفور مورد استفاده قرار گرفته‌اند. طبق گزارش «بارنیو و مک دونالد»^۴ در سال ۱۹۹۹، ۱۷۸ مقاله در ژورنال‌های مالی و حسابداری بین سالهای ۱۹۸۹ و ۱۹۹۶ از مدل Logit برای رتبه‌بندی مشتریان استفاده کرده‌اند. در ایران نیز مطالعاتی در این زمینه با استفاده از مدل‌های لاجیت انجام شده است؛ برای مثال «سبزواری و همکاران»^۵ به منظور ارزیابی مشتریان حقوقی بانک کارآفرین از مدل لاجیت و

^۱. Altman, (1968).

^۲. Liner Discriminant Analysis

^۳. Default

^۴. Barnive & McDonald, (1999)

^۵. حسن سبزواری و ایمان نوربخش، «برآورد و مقایسه مدل امتیازدهی اعتباری پارامتریک لاجیت با روش غیرپارامتریک CART»، مجموعه مقالات هفدهمین همایش بانکداری اسلامی، (۱۳۸۵).

روش غیر پارامتریک CART^۱ استفاده کردند. در این مطالعه دقت مدل‌ها در تفکیک مشتریان مورد ارزیابی قرار گرفت، بطوریکه دقت پیش بینی دو مدل تقریباً برابر بوده است. همچنین «ذکاوت»^۲ با استفاده از مدل لاجیت و مدل تجزیه و تحلیل ممیزی، مشتریان حقوقی بانک توسعه صادرات ایران را از نظر ریسک اعتباری دسته‌بندی کرد. بر اساس نتایج روشهای تحلیل ممیز و رگرسیون لجستیک در رابطه با دسته‌بندی شرکتها از نظر ریسک اعتباری نتایج تقریباً مشابهی را ارائه می‌دهند و از بین متغیرهای مالی، نسبت جاری بیشترین سهم را در تفکیک مشتریان داشته است.

پس از آن، مدل‌های تقلیل یافته^۳ که از قیمت‌های اعتباری واقعی برای استخراج احتمالات نکول استفاده می‌کنند، مطرح شدند. این مدل‌ها ارزش بازار بنگاه را مورد توجه قرار نمی‌دهند. زمان نکول بطور مستقیم هنگامی که اولین «جامپ»^۴ در یک فرایند پواسن رخ می‌دهد، مدل می‌شود به عبارتی وقوع نکول را پیامدی ناشی از یک فرآیند زوال تدریجی ارزش داراییها نمی‌دانند و آن را به عنوان یک حادثه غیرمنتظره در نظر می‌گیرند. در این مدل هر شرکتی با توجه به رتبه اعتباری خود با یک آماره کثرت وقوع نکول مواجه است که از این راه می‌توان احتمال وقوع نکول را در هر دوره محاسبه نمود.^۵

در سالهای اخیر نیز از مدل‌های ساختاری به وفور برای پیش بینی نکول مشتریان بانکها استفاده شده است. این مدل‌ها نشأت گرفته از مدل Black & Scholes در سال ۱۹۷۳ و مرتون^۶ در سال ۱۹۷۴ می‌باشد و از اطلاعات بازار و قیمت سهام شرکتها برای تعیین ریسک اعتباری استفاده می‌کنند؛ بطوریکه با توجه به بدهیها و ارزش سهام شرکت یک گزینه

^۱. Classification and Regression Tree

^۲. سید مرتضی ذکاوت، «مدل‌های ریسک اعتباری مشتریان بانک توسعه صادرات»، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، مؤسسه علوم بانکداری ایران، (۱۳۸۱).

^۳. Reduced Forms models

^۴. Jump

^۵. R. Jarrow and S. Turnbull, "Pricing Derivatives on Financial Securities Subject to Credit Risk", *The Journal of Finance*, No 50, (1995), pp. 53-85.

- D. Duffie and K. Singleton, "Modeling Term Structures of Defaultable Bonds", *Review of Financial Studies*, No12, (1999), pp. 687-720.

^۶. Merton

برای داراییهای شرکت تعریف می‌شود. از جمله مهمترین شرکتهایی که در این زمینه فعالیت دارند، می‌توان Moody's KMV و Riskmetrics Groups را نام برد.^۱

روش تحقیق

به منظور رتبه‌بندی شرکت‌های متقاضی تسهیلات با استفاده از اطلاعات مالی و سایر اطلاعات کیفی، از مدل‌های مختلفی می‌توان استفاده کرد. مؤسسات مالی ممکن است برای افزایش دقت، با توجه به صنایع مختلف، اندازه و حجم فعالیت و نوع تسهیلات از این مدل‌ها استفاده کنند. بطور کلی مدل‌های رتبه‌بندی را به صورت زیر می‌توان دسته‌بندی کرد:^۲

الف) مدل‌های ابتکاری^۳

۱. رتبه‌بندی پرسشنامه‌ای کلاسیک^۴
۲. سیستم‌های کیفی^۵
۳. سیستم‌های خبره^۶
۴. سیستم‌های با منطق فازی^۷

ب) مدل‌های آماری

۱. تجزیه و تحلیل ممیزی
۲. مدل‌های رگرسیونی

ج) مدل‌های علی^۸

۱. مدل قیمت‌گذاری اختیار^۹
۲. مدل‌های شبیه‌سازی^{۱۰}

¹. M. Crohi, D. Galai, R. Mark, *Risk Management, Comprehensive Chapters on Market, Credit and Operational Risk*, (United States of America, McGraw-Hill, 2001).

². Oesterreichische National Bank (OeNB), *Rating Models and Validation, Guidelines on Credit Risk Management*, www.oenb.at/en/img/rating_models_tcm16-22933.pdf, (November 2004).

³. Heuristic Models

⁴. Classic_Rating Questionnaires

⁵. Expert Systems

⁶. Qualitative Systems

⁷. Fuzzy Logic Systems

⁸. Neural Network

⁹. Causal Models

¹⁰. Option

در این مقاله یکی از مدل‌های رگرسیونی که بر اساس رگرسیون لجستیک^۱ می‌باشد، مورد بررسی قرار گرفته است که در ادامه، توضیح بیشتری در مورد آن داده می‌شود.

از مدل‌های رگرسیونی برای برازش متغیرهای وابسته دوتایی بر سایر متغیرهای مستقل می‌توان استفاده کرد. اگر از این مدل‌ها به عنوان روش‌های تعیین اعتبار استفاده شود، هدف آن دسته‌بندی مشتریان به دو گروه قادر به پرداخت دیون و ناتوان در پرداخت، با استفاده از خصوصیات اعتباری قرض‌گیرندگان می‌باشد. استفاده از مدل‌های غیرخطی مانند روش حداکثر درست‌نمایی برای بهینه کردن آن توابع به این معنا است که مدل‌های رگرسیونی محاسبه احتمالات عضویت و همچنین احتمالات نکول را به صورت مستقیم از مدل ممکن می‌سازند. این خصوصیات برای کالیبره کردن مدل رتبه‌بندی مناسب است. از بین مدل‌های رگرسیونی مدل‌های لاجیت و پروبیت را می‌توان نام برد که در این مقاله از مدل لاجیت به صورت زیر استفاده شده است:

$$\begin{aligned}
 \log\left(\frac{p(Y=1|X)}{P(Y=0|X)}\right) &= \beta X = (b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_nx_n) \\
 \Rightarrow P(Y=1|X) &= P(Y=0|X)e^{\beta X} \\
 P(Y=0|X) + P(Y=1|X) &= 1 \\
 \Rightarrow P(Y=0|X)e^{\beta X} + P(Y=0|X) &= 1 \\
 \Rightarrow P(Y=0|X)(e^{\beta X} + 1) &= 1 \Rightarrow P(Y=0|X) = \frac{1}{(e^{\beta X} + 1)} \\
 \Rightarrow P(Y=1|X) &= \frac{e^{\beta X}}{(e^{\beta X} + 1)} = \frac{1}{(e^{-\beta X} + 1)}
 \end{aligned}$$

^۱. logistic Regression

بنابراین:

$$P_{\logit} = \frac{1}{1 + \exp[-(b_0 + b_1 k_1 + b_2 k_2 + \dots + b_n k_n)]}$$

در این فرمول P ، دو حالت احتمال نکول و احتمال عدم نکول را برای قرض‌گیرندگان، n تعداد شاخصهای مالی در تابع رتبه‌بندی، K_i ، شاخصهای مالی که ارزش اعتباری قرض‌گیرنده را مشخص می‌کند و b_i ضرایب شاخصها را در توابع رتبه‌بندی نشان می‌دهد. انتخاب یک تابع لاجیت که منحنی آن به صورت S می‌باشد، تضمین می‌کند که ارزشهای p در تابع، بین صفر و یک باشد و بنابراین احتمالات واقعی را تفسیر می‌کند. در صورتی که اطلاعات مربوط به وضعیت اعتباری و عملکرد مشتریان بیشتر باشد - بطوریکه بتوان آنها را به سه یا حتی چهار گروه تقسیم نمود - مدل لاجیت را برای بیشتر از دو سطح متغیر وابسته نیز می‌توان تعریف کرد. در این مقاله علاوه بر مدل دو سطحی، مدل سه سطحی نیز به صورت زیر بررسی شده است. با فرض اینکه متغیر وابسته سه سطح $(y=0, y=1, y=2)$ داشته باشد، که $(y=2)$ بیانگر عدم تأخیر در بازپرداخت، $(y=1)$ بیانگر تأخیر تا حداکثر سه ماه و $(y=0)$ بیانگر تأخیر بیشتر از سه ماه است، با انتخاب $y=0$ به عنوان مبنا، مدل لاجیت به صورت زیر بیان می‌شود:

$$\log\left(\frac{p(y=1|x)}{p(y=0|x)}\right) = X' \beta_1$$

$$\log\left(\frac{p(y=2|x)}{p(y=0|x)}\right) = X' \beta_2$$

و احتمال پیش‌بینی شده برای هر گروه به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$P(Y = 0|X) = \frac{1}{1 + e^{X'\beta_1} + e^{X'\beta_2}}$$

$$P(Y = 1|X) = \frac{e^{X'\beta_1}}{1 + e^{X'\beta_1} + e^{X'\beta_2}}$$

$$P(Y = 2|X) = \frac{e^{X'\beta_2}}{1 + e^{X'\beta_1} + e^{X'\beta_2}}$$

در توابع بالا بردار X شاخصهای مالی که ارزش اعتباری قرض‌گیرنده را مشخص می‌کند و β ، ضرایب متغیرها را در توابع رتبه‌بندی نشان می‌دهد. پس از تخمین معادلات مذکور احتمال وقوع در هر یک از سطوح قابل محاسبه است.¹

داده‌ها و اطلاعات

داده‌های مورد نیاز برای تخمین مدل‌ها مربوط به اطلاعات مالی و وضعیت اعتباری ۹۰ شرکت از مشتریان یکی از بانک‌های کشور که در سالهای ۸۴ و ۸۵ تسهیلات دریافت نموده‌اند، می‌باشد.

این اطلاعات از ترازنامه و صورت سود و زیان شرکتهای مورد نظر استخراج شده است.

متغیرهای مالی

در جدول (۱) متغیرهای مالی که در مدل‌ها، مورد آزمون قرار گرفتند، نشان داده شده است.

¹. L. Jin, *Application of Pro Discrim and Proc Logistic in Credit Risk Modeling*, (2000), <http://www2.sas.com/proceedings/sugi31/081-31.pdf>.

جدول ۱. متغیر های مالی مورد آزمون در مدل

متغیر	نسبت	فاکتور ریسک اعتباری	فرضیه (تأثیر بر نکول)	علامت ضریب در مدل
X _۱	داراییها / بدهیها	اهرم	+	-
X _۲	داراییها/حقوق صاحبان سهام	اهرم	-	+
X _۳	داراییها/ بدهیهای بلند مدت	اهرم	+	-
X _۴	داراییها / مجموع تسهیلات کوتاه و بلندمدت	اهرم	+	-
X _۵	بدهیها / مجموع تسهیلات کوتاه و بلندمدت	اهرم	+	-
X _۶	هزینه بهره/سود خالص	اهرم	-	+
X _۷	بدهیهای جاری / داراییهای جاری	نقدینگی	-	+
X _۸	بدهی جاری/(موجودی نقد+حساب های دریافتی)	نقدینگی	-	+
X _۹	بدهیها/ داراییهای جاری	نقدینگی	-	+
X _{۱۰}	داراییها/سرمایه در گردش	نقدینگی	-	+
X _{۱۱}	داراییها/بدهیهای جاری	نقدینگی	+	-
X _{۱۲}	داراییها/ موجودی نقدی	نقدینگی	-	+
X _{۱۳}	فروش خالص / موجودی نقدی	نقدینگی	+/-	+/-
X _{۱۴}	فروش خالص/ سرمایه در گردش	نقدینگی	+/-	+/-
X _{۱۵}	فروش خالص/ داراییهای جاری	نقدینگی	+/-	+/-
X _{۱۶}	بدهیهای جاری / موجودی نقدی	نقدینگی	-	+
X _{۱۷}	بدهیهای جاری /سرمایه در گردش	نقدینگی	-	+
X _{۱۸}	فروش خالص/حسابهای دریافتی	فعالیت	+	-
X _{۱۹}	بدهیها/حسابهای دریافتی	فعالیت	-	+
X _{۲۰}	فروش خالص/حسابهای پرداختی	فعالیت	+	-
X _{۲۱}	دارایی /فروش	فعالیت	-	+
X _{۲۲}	دارایی ثابت/فروش	فعالیت	-	+
X _{۲۳}	داراییها/سود خالص	سوددهی	-	+
X _{۲۴}	فروش خالص/سود خالص	سوددهی	-	+
X _{۲۵}	دارایی ثابت /سود خالص	سوددهی	-	+
X _{۲۶}	حقوق صاحبان سهام/سود خالص	سوددهی	-	+
X _{۲۷}	فروش خالص/هزینه های پرسنلی تولید و فروش	بهره وری	+	-
X _{۲۸}	سهامی خاص یا عام	-	+/-	+/-
X _{۲۹}	اندازه بنگاه=ln(داراییها)	اندازه	+/-	+/-

نتایج

الف) مدل دو سطحی

پس از بررسی مدل‌های مختلف و تحلیل آماره‌هایی که در مدل رگرسیونی محاسبه شدند یکی از بهترین مدل‌های تخمین زده شده، مدلی است که در جدول (۲) نشان داده شده است. این مدل شامل متغیر وابسته دوتایی؛ یعنی دو حالت مشتریان خوش حساب و بدحساب که مشتریان خوش حساب با عدد ۱ و مشتریان بد حساب با عدد ۰ مشخص شده، و پنج متغیر مستقل نیز X_1, X_5, X_{16}, X_{21} و X_{24} هستند. این متغیرها به ترتیب عبارتند از:

X_1 : نسبت بدهیها به داراییها

X_5 : نسبت مجموع تسهیلات کوتاه و بلند مدت به بدهیها

X_{16} : نسبت موجودی نقدی به بدهیهای جاری

X_{21} : نسبت فروش به دارایی

X_{24} : نسبت سود خالص به فروش خالص

نسبت بدهی به دارایی و مجموع تسهیلات کوتاه و بلندمدت به بدهیها از گروه نسبتهای اهرمی، نسبت موجودی نقدی به بدهیهای جاری جزء نسبتهای نقدینگی، نسبت فروش به دارایی جزء نسبتهای فعالیت و نسبت سود خالص به فروش خالص جزء نسبتهای سوددهی می‌باشد. اثر هر یک از متغیرهای فوق بر خوش حساب یا بد حساب بودن مشتری به صورت زیر است:

- بدهیها به داراییها: این نسبت با نکول مشتری نسبت مستقیم دارد و با افزایش آن احتمال قصور مشتری افزایش می‌یابد که ضریب آن در تابع منفی و مطابق انتظار است.

- مجموع تسهیلات کوتاه و بلند مدت به بدهیها: با توجه به تئوری‌های مالی این نسبت با نکول مشتری نسبت مستقیم دارد؛ یعنی هر چه مجموع تسهیلات دریافتی کوتاه و بلندمدت شرکت بیشتر باشد، احتمال قصور آن بیشتر می‌شود که ضریب آن در تابع منفی و مطابق انتظار است.

- موجودی نقدی به بدهیهای جاری: از نظر تئوریک این نسبت با احتمال قصور نسبت معکوس دارد که در این تابع ضریب آن مثبت بوده و مطابق انتظار است.

- فروش به دارایی: این نسبت نشان‌دهنده میزان فعالیت شرکت است که با نکول نسبت عکس دارد و با افزایش آن میزان قصور مشتری در ایفای تعهداتش کاهش می‌یابد که ضریب آن در تابع، مثبت و مطابق انتظار است.

- سود خالص به فروش خالص: این نسبت نشان‌دهنده سهم سود خالص شرکت از فروش است که با نکول مشتری نسبت عکس دارد و با افزایش آن احتمال قصور مشتری کاهش می‌یابد. ضریب آن در تابع مثبت و مطابق انتظار می‌باشد.

آماره های مربوط به تخمین تابع در جدول (۲) نشان داده شده است. در ستون اول نام متغیر مستقل، ستون دوم ضرایب هر یک از متغیرها، ستون سوم انحراف استاندارد ضرایب، ستون چهارم مقدار Z استاندارد ضرایب و ستون پنجم مقدار P-value، معنی دار بودن یا نبودن هر یک از متغیرها را نشان می‌دهد. همانطور که در ستون پنجم نیز نشان داده شده متغیر X_1 و X_{24} در سطح ۹۰ درصد و سایر متغیرها در سطح ۹۵ درصد اطمینان، اختلاف معنی‌داری از صفر دارند. برای نشان دادن خوبی برازش آزمون Hosmer-Lemeshow توسط نرم افزارهای اقتصادسنجی انجام می‌شود، این آزمون مقادیر برازش شده مورد انتظار را با مقادیر واقعی هر گروه مقایسه می‌کند. اگر اختلافات، بزرگ باشد، مدل رد می‌شود. ضریب محاسبه شده برای این مدل برابر ۰/۹۴۹ است که برازش مناسبی را نشان می‌دهد.

جدول ۲. نتایج تخمین تابع

نام متغیر	ضریب	انحراف استاندارد	آماره z	احتمال
X_1	-1.751950	1.037477	-1.688664	0.0913
X_0	-2.984570	1.524507	-1.957728	0.0503
X_{16}	27.90271	10.54754	2.645423	0.0082
X_{21}	2.070869	0.909342	2.277327	0.0228
X_{24}	3.992139	2.462101	1.621436	0.100

منبع: نتایج تحقیق.

جدول پیش بینی صحت بر اساس مدل

این جدول مقایسه‌ای بین دسته‌بندی صورت گرفته توسط مدل و دسته‌بندی اولیه به صورت تخمین درست و نادرست مشتریان را در یک نقطه تقاطع مشخص (در اینجا ۰/۵) انجام می‌دهد (جدول ۳).

جدول ۳. Prediction Evaluation (Success Cutoff C = 0.5)

	Dep=0	Dep=1	Total	
P(Dep=1)≤C	۱۷	۹	۲۶	
P(Dep=1)>C	۱۴	۵۰	۶۴	
Total	۳۱	۵۹	۹۰	کل
Correct	۱۷	۵۰	۶۷	صحیح
% Correct	54.84	84.75	74.44	درصد صحیح
% Incorrect	45.16	15.25	25.56	درصد نادرست

منبع: نتایج تحقیق.

در این مدل اگر نقطه تقاطع را برابر ۰/۶ در نظر بگیریم خطای کل مدل کاهش می‌یابد و درصد خطا در هر یک از دو گروه متعادل‌تر می‌شود (جدول ۴).

جدول ۴. Prediction Evaluation (success cutoff C = 0.6)

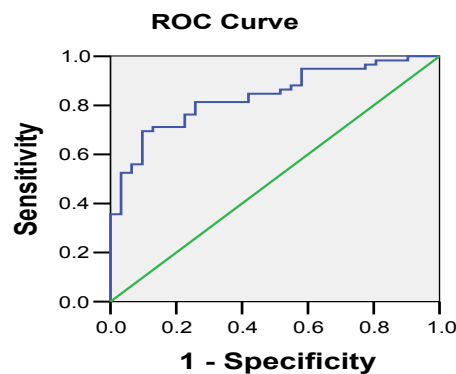
	Dep=0	Dep=1	Total	
P(Dep=1)≤C	23	13	36	
P(Dep=1)>C	8	46	54	
Total	31	59	90	کل
Correct	23	46	69	صحیح
% Correct	74.19	77.97	76.67	درصد صحیح
% Incorrect	25.81	22.03	23.33	درصد نادرست

منبع: نتایج تحقیق.

همانطور که در جداول نشان داده شده؛ عملکرد حدود ۷۵ درصد از مشتریان به درستی تخمین زده شده است.

منحنی ROC^۱ و بررسی قدرت تشخیص مدل

منحنی ROC برای ارزیابی عملکرد مدل استفاده می‌شود. این منحنی شاخصی برای ارزیابی دقت مدل است. سطح زیر منحنی ROC، سطح زیر منحنی یا (AUC)^۲ نامیده می‌شود و این، سطح قدرت تشخیص را در مقایسه با تابع رتبه‌بندی کامل نشان می‌دهد. منحنی‌ای قدرت تشخیص بیشتری دارد که نزدیکتر به تابع رتبه‌بندی کامل باشد. ارزش زیر منحنی بین صفر تا صد درصد است^۳. همانطور که در جدول ۵ نشان داده شده است محدوده زیر منحنی، ۰/۸۳۹ است. در حالتی که رفتار مشتریان به صورت تصادفی پیش بینی می‌شود، احتمال درست پیش بینی کردن برابر ۰/۵ بوده و در پیش بینی با استفاده از مدل این احتمال برابر ۰/۸۴ است.



¹. Receiver Operating Characteristic

². Area Under Curve

³. C. Beinert, P. Reichling, B. Vogt, *The Discriminative Power of Rating Function*, (2005), www.uni-magdeburg.de/finance/PDF-Free/Beinert_Reichling_Vogt_RatingBerlin080306.pdf.

جدول ۵. نتیجه محاسبات مربوط به منحنی ROC

محدوده زیر منحنی	انحراف خطا	ارزش prob	سطح معنی داری ۹۵ درصد	
			مرز پایینی	مرز بالایی
0.839	0.041	0.000	.757	.920

منبع: نتایج تحقیق.

مقدار تابع لاجیت

مقدار تابع لاجیت عددی بین ۰ و ۱ است. با توجه به تعریف اولیه برای متغیر وابسته در تابع لاجیت که به شرکتهای بدحساب عدد ۰ و به مشتریان خوش حساب عدد ۱ را اختصاص داده است؛ اگر مقدار تابع را با α نشان دهیم، $1-\alpha$ احتمال نکول مشتری را نشان می‌دهد. هر چه مقدار تابع به صفر نزدیکتر باشد، نشان دهنده وضعیت بدتر شرکت است و بالعکس. لازم به ذکر است از این عدد می‌توان به عنوان شاخصی برای رتبه‌بندی مشتریان استفاده کرد به این صورت که با تعریف تعداد کلاسهای رتبه‌بندی و تعیین حد بالا و پایین در هر کلاس، رتبه هر شرکت مشخص می‌شود.

ب) مدل سه سطحی

برای حالتی که بیش از دو سطح داشته باشیم می‌توان از مدل رگرسیونی لاجیت چند سطحی برای رتبه‌بندی استفاده کرد در این مدل مشتریان با توجه به عملکرد اعتباریشان به چند دسته (در اینجا سه دسته) تقسیم می‌شوند. گروه اول مشتریانی که بدون تأخیر، اقساط خود را باز پرداخت نموده‌اند ($Y=2$). گروه دوم مشتریانی که کمتر از سه ماه تأخیر داشته‌اند ($Y=1$) (با توجه به اینکه پس از سه ماه تأخیر، مبلغ قسط به حساب سررسید گذشته منظور می‌شود) و گروه سوم مشتریانی که بیشتر از سه ماه تأخیر در باز پرداخت داشته‌اند (وامهای معوق را نیز شامل می‌شوند) ($Y=0$). استفاده از مدل‌های چند سطحی به دلیل اینکه اطلاعات بیشتری در مورد مشتریان را بررسی می‌کنند مناسب‌تر است.

پس از بررسی مدل‌های مختلف مدل زیر شامل شش متغیر مستقل X_3 ، X_6 ، X_{11} ، X_{12} ، X_{18} و X_{24} انتخاب شد. این متغیرها به ترتیب عبارتند از:

X_3 : نسبت بدهیهای بلند مدت به داراییها

X_6 : نسبت سود خالص به هزینه بهره

X_{11} : نسبت بدهیهای جاری به داراییها

X_{12} : نسبت موجودی نقدی به داراییها

X_{18} : نسبت حسابهای دریافتی به فروش خالص

X_{24} : نسبت سود خالص به فروش خالص

نسبتهای X_3 و X_6 جزء نسبتهای اهرمی، X_{11} و X_{12} جزء نسبتهای نقدینگی، X_{18} جزء نسبتهای فعالیت و X_{24} جزء نسبتهای شوددهی می‌باشد. انتظار می‌رود متغیرهای X_3 ، X_{11} و X_{18} تأثیر مثبت و سایر متغیرها تأثیر منفی بر نکول داشته باشند که علامت همه متغیرها مطابق انتظار می‌باشد.

آماره‌های مربوط به تخمین توابع در جدول (۶) نشان داده شده است. در این تخمین گروه صفر به عنوان گروه مرجع در نظر گرفته شده و برای هر یک از گروههای ۱ و ۲ توابع مورد نظر تخمین زده شده است. ستون دوم نام متغیر مستقل، ستون سوم ضرایب هر یک از متغیرها و ستون آخر سطح معنی داری هر یک از متغیرها را نشان می‌دهد. پس از تخمین توابع مورد نظر، احتمال واقع شدن در هر یک از گروهها محاسبه و بر اساس آن مشاهدات دسته‌بندی می‌شوند.

جدول ۶. پارامترهای تخمین زده شده

Sig.	df	Wald	Std. Error	B	نام متغیر	y(a)
۰/۱۶۳	۱	۱/۹۴۸	۲/۲۰۲	-۳/۰۷۴	X ₃	1.00
۰/۱۰۲	۱	۲/۶۷۸	۰/۰۵۹	۰/۰۹۶	X ₆	
۰/۰۴۲	۱	۴/۱۲۷	۱/۰۳۴	-۲/۱۰۱	X ₁₁	
۰/۰۱۴	۱	۶/۰۳۵	۱۹/۱۰۴	۴۶/۹۲۹	X ₁₂	
۰/۹۵۴	۱	۰/۰۰۳	۱/۱۵۸	-۰/۰۶۶	X ₁₈	
۰/۹۲۷	۱	۰/۰۰۸	۲/۶۰۲	۰/۲۳۷	X ₂₄	
۰/۰۱۳	۱	۶/۲۰۲	۲/۸۹۶	-۷/۲۱۲	X ₃	2.00
۰/۱۰۰	۱	۲/۶۹۸	۰/۰۵۹	۰/۰۹۷	X ₆	
۰/۳۹۶	۱	۰/۷۱۹	۱/۰۴۸	-۰/۸۸۹	X ₁₁	
۰/۰۰۲	۱	۹/۹۶۷	۱۹/۳۱۵	۶۰/۹۷۹	X ₁₂	
۰/۰۱۴	۱	۶/۰۱۳	۱/۵۵۶	-۳/۸۱۶	X ₁₈	
۰/۰۶۵	۱	۳/۴۱۶	۲/۷۵۳	۵/۰۸۹	X ₂₄	

(a) گروه صفر (شرکتهای با تأخیر در سررسید بیشتر از سه ماه) به عنوان گروه مرجع در نظر گرفته شده است.
منبع: نتایج تحقیق.

جدول پیش بینی صحت بر اساس مدل

این جدول مقایسه ای بین دسته بندی صورت گرفته توسط مدل و دسته بندی اولیه انجام می دهد. همانطور که مشاهده می شود در گروه صفر که شامل شرکتهای نکول شده است، بیش از ۸۷ درصد مشاهدات به درستی تخمین زده شده اند که نشان دهنده دقت بالای مدل برای پیش بینی این گروه است. همچنین گروه دوم (شامل شرکتهای کاملاً خوش حساب) با دقت بیش از ۷۵ درصد به خوبی برازش شده است. فقط در گروه اول (شامل شرکتهای متوسط که کمتر از سه ماه تأخیر در بازپرداخت داشته اند)، ۳۸/۵ درصد مشاهدات

به درستی پیش‌بینی شده است. در کل نیز مدل، حدود ۷۰ درصد مشاهدات را به درستی پیش‌بینی نموده است (جدول ۷).

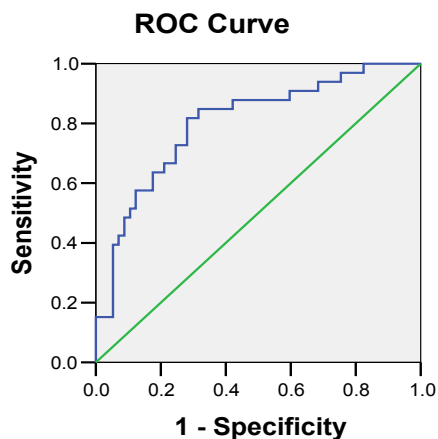
جدول ۷. Classification

مشاهده شده	پیش‌بینی شده			درصد صحیح
	0.00	1.00	2.00	
0.00	27	2	2	87.1%
1.00	10	10	6	38.5%
2.00	6	2	25	75.8%
Overall Percentage	47.8%	15.6%	36.7%	68.9%

منبع: نتایج تحقیق.

منحنی ROC و بررسی قدرت تشخیص مدل

سطح زیر منحنی ROC، قدرت تشخیص مدل را در مقایسه با تابع رتبه‌بندی کامل نشان می‌دهد. منحنی‌ای قدرت تشخیص بیشتری دارد که نزدیکتر به تابع رتبه‌بندی کامل باشد. همانطور که در جدول (۸) نشان داده شده است، محدوده زیر منحنی $0/۸۰۳$ است. در حالتی که رفتار مشتریان به صورت تصادفی پیش‌بینی شود، احتمال درست پیش‌بینی کردن برابر $0/۵$ است و در پیش‌بینی با استفاده از مدل این احتمال به $0/۸۰۳$ افزایش می‌یابد.



جدول ۸. سطح زیر منحنی و نتیجه محاسبات مربوط به منحنی CRO

محدوده زیر منحنی	انحراف خطا	ارزش prob	سطح معنی داری ۹۵ درصد	
			مرز پایینی	مرز بالایی
۰.۸۰۳	۰.۰۴۹	۰.۰۰۰	۰.۷۰۸	۰.۸۹۸

منبع: نتایج تحقیق.

مقدار توابع لاجیت در مدل سه سطحی

برای هر یک از سطوح مورد بررسی ($Y=0$, $Y=1$ و $Y=2$)، احتمال واقع شدن در آن گروه توسط مدل محاسبه می‌شود و با توجه به آن شرکت مورد نظر در گروهی که بیشترین احتمال را دارد، قرار می‌گیرد. بر اساس نتایج مدل، می‌توان با محاسبه میانگین وزنی احتمالات مربوطه در سطوح مختلف شاخص عددی بین صفر و ۱ محاسبه و از آن برای رتبه‌بندی شرکتها استفاده نمود.

نتیجه‌گیری

نتایج مطالعه نشان می‌دهد استفاده از مدل رگرسیونی لاجیت به منظور دسته‌بندی و در نهایت رتبه‌بندی مشتریان با توجه به ویژگیهای خاصی که این مدل دارد؛ یعنی محاسبه احتمال واقع شدن در یک گروه خاص، می‌تواند مناسب باشد؛ بطوریکه به راحتی می‌توان از این احتمالات، شاخصی برای رتبه‌بندی مشتریان در نظر گرفت و با تعیین کلاسهای مشخص سیستم رتبه‌بندی را تعریف کرد. همانطور که مشاهده شد مدل دو سطحی حدود ۷۵ درصد مشتریان را و مدل سه سطحی حدود ۷۰ درصد آنها را به درستی دسته‌بندی کردند. علت اینکه مدل سه سطحی خطای بیشتری داشته است، عدم پیش بینی مناسب برای گروه اول (شامل شرکتهای متوسط که کمتر از سه ماه تأخیر در بازپرداخت داشته‌اند) می‌باشد که با توجه به نتایج پیشنهاد می‌شود استفاده از مدل‌هایی با سطوح بالاتر (سه سطحی و یا حتی چهارسطحی و بیشتر) زمانی استفاده شود که تعداد داده‌های مورد آزمون زیاد باشد، در غیر اینصورت، مدل نخواهد توانست به خوبی گروهها را تفکیک کند.

پی‌نوشتها:

۱. ذکاوت، سیدمرتضی. «مدل‌های ریسک اعتباری مشتریان بانک توسعه صادرات». *پایان‌نامه کارشناسی ارشد*، مؤسسه علوم بانکداری ایران، (۱۳۸۱).
۲. سبزواری، حسن و نوربخش، ایمان. «برآورد و مقایسه مدل امتیازدهی اعتباری پارامتریک لاجیت با روش غیرپارامتریک CART». *مجموعه مقالات هفدهمین همایش بانکداری اسلامی*، (۱۳۸۵).
3. Ahmad. T. "Logit Models for Bankruptcy Data Implemented in XploRe"., <http://edoc.hu-berlin.de/master/ahmad-taleb-2005-11-24/PDF/ahmad.pdf>, (2005).
4. Altman, E. "Financial Ratios, Discriminant Analysis and the Prediction of Corporate Bankruptcy"., *Journal of Finance*, Vol. 23, (September 1968).
5. Anonymous, Loan Portfolio Management Introduction, www.cba.am/banks/2.4.0.pdf.
6. Bank of Japan, Advancing Credit Risk Management through Internal Rating Systems, www.boj.or.jp, (2005).
7. Barnive. R and McDonald. J. "Review of Categorical Models for Classification Issues in Accounting and Finance"., *Review of Quantitative Finance and Accounting*, Vol. 13, 39-62, (1999).
8. Basel Committee on Banking Supervision, "Studies on the Validation of Internal Rating Systems"., *Working Paper*, No. 14, www.bis.org, (2005).
9. Basel Committee on Banking Supervision, "The Internal Ratings-Based Approach"., www.bis.org, (2001).
10. Beinert. C., Reichling. P, Vogt. B, "The Discriminative Power of Rating Function"., (2005). www.uni-magdeburg.de/finance/PDF-Free/Beinert_Reichling_Vogt_Rating_Berlin_080306.pdf.
11. Crohi. M, Galai. D, Mark. R, *Risk Management, Comprehensive Chapters on Market, Credit and Operational Risk*, United States of America, McGraw-Hill, (2001).
12. Duffie. D and Singleton. K. "Modeling Term Structures of Defaultable Bonds", *Review of Financial Studies*, No.12, (1999).
13. D'Vari. R. Yalamanchili. K and Bai. D. "Application of Quantitative Credit Risk Models in Fixed Income Portfolio Management"., *The Third International*

Workshop on Computational Intelligence in Economics and Finance, (2003), www.rondvari.com/CIEF%202003_Final.pdf.

14. Fernandes. E. "Corporate Credit Risk Modeling: Quantitative Rating System and Probability of Default Estimation", www.defaultrisk.com/pp_score_47.htm, (2005).

15. Hayden. E, "Are Credit Scoring Models Sensitive With Respect to Default Definitions? Evidence from the Austrian Market", (2003), <http://papers.ssrn.com/sol3/papers>.

16. Jarrow. R and Turnbull. S. "Pricing Derivatives on Financial Securities Subject to Credit Risk", *The Journal of Finance*, No 50, (1995); 53-85.

17. Jin. L. "Application of Pro Discrim and Proc Logistic in Credit Risk Modeling", <http://www2.sas.com/proceedings/sugi31/081-31.pdf>, (2000).

18. Jorion. Ph, *Value at Risk, The New Benchmark for Managing Financial Risk*. United States of America: McGraw-Hill, (2001).

19. Oesterreichische Nationalbank (OeNB), "Rating Models and Validation, Guidelines on Credit Risk Management", (November 2004), www.oenb.at/en/img/rating_models_tcm16-22933.pdf.

20. Westgaard. S. "What Can Modern Statistical and Mathematical Techniques Add to the Analysis and Prediction of Bankruptcy", (2005), <http://papers.ssrn.com/sol3/papers>.