

## برآورد ریسک اعتباری مشتریان با استفاده از تحلیل چند بعدی ترجیحات (مطالعه موردی: یک بانک تجاری در ایران)

سیدعلی ناجی اصفهانی\*، محمدعلی رستگار\*\*

تاریخ دریافت: ۹۶/۱۱/۲۰ تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۰/۲۷

### چکیده

هدف این مقاله ارزیابی و پیش‌بینی ریسک اعتباری شرکت‌های متقاضی تسهیلات از یک بانک تجاری در ایران است. 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 می‌باشد. با توجه به مزیت‌های روش استفاده شده که شامل عدم وابستگی به سابقه عملکرد مالی شرکت‌ها و دقت پیش‌بینی این روش نسبت به روش‌های متداول می‌باشد، پیشنهاد می‌شود از این روش به عنوان ورودی تحقیقات مدیریت پرتفوی اعتباری بانک‌ها استفاده گردد.

طبقه‌بندی JEL: G32, C15, G21.

واژگان کلیدی: ریسک اعتباری، بانک تجاری، آنالیز چند بعدی ترجیحات (LINMAP).

---

std\_a\_naji@khu.ac.ir

\*دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه خوارزمی، پست الکترونیکی:

\*\*استادیار گروه مهندسی مالی، دانشکده مهندسی صنایع و سیستم‌ها، دانشگاه تربیت مدرس (نویسنده مسئول)، پست

ma\_rastegar@modares.ac.ir

الکترونیکی:

#### ۱. مقدمه

با توجه به توسعه سرمایه‌گذاری‌ها و بازارهای مالی در دنیا، «ریسک اعتباری<sup>۱</sup>» تبدیل به یکی از مهم‌ترین ریسک‌های مالی (که فعالان بازار با آن مواجه هستند) شده است. بنابراین، تخمین ریسک اعتباری، کمک زیادی به نهادهای مالی برای ارزیابی طرف‌های قرارداد و یا مشتریان خود می‌نماید. با توجه به مشکلات عمیق سیستم بانکی کشور، که ناشی از منجمد بودن بخش بزرگی از دارایی‌های بانک‌ها که در قالب تسهیلات معوق، سررسید گذشته و مشکوک الوصول است، اهمیت مطالعات کمی و مدل‌سازی ریاضی با دقت بالا برای شناسایی مشتریان بدحساب برای اتخاذ تصمیمات اعطای تسهیلات نمایان‌تر شده است.

با افزایش معوقات تسهیلات در بانک‌های کشور در سال‌های اخیر، مطالعه این ریسک در کانون توجه موسسات مالی قرار گرفته است. در این حوزه، ارائه ارزیابی ریسک اعتباری با توجه به معیارها و شاخص‌های مورد نظر بانک و به صورت نسبی از اهمیت بالایی برخوردار است.

بانک‌ها معمولاً علاقه دارند، مشتریان خود را بر اساس معیارهای خود و سنجه‌های مربوط به سطوح مشتریان خود بسنجند؛ این درحالی است که سیستم‌های رتبه‌بندی معمولاً از روش‌های ثابتی برای ارزیابی ریسک اعتباری مشتریان استفاده می‌کنند. همچنین، بسیاری از سیستم‌های تخمین ریسک اعتباری و رتبه‌بندی در بانک‌ها بر اساس سابقه عملکرد مالی شرکت‌ها در آن بانک عمل کرده و این روش‌ها از کارایی پایینی در تخمین ریسک اعتباری مشتریان جدید بانک برخوردار هستند؛ در حالی که یکی از استفاده‌های مهم سیستم‌های تخمین ریسک اعتباری در بانک‌ها، ارزیابی مشتریان جدید آن‌ها است.

در ارزیابی ریسک اعتباری با استفاده از تحلیل چند بعدی ترجیحات از معیارهای نسبی استفاده شده است. بنابراین، هر بانک بر اساس ماهیت مشتریان خود و وضعیت آن‌ها رتبه‌بندی مناسبی از آن‌ها به دست می‌آورد. همچنین شاخص‌های استفاده شده در این روش می‌تواند کاملاً بر اساس نقاط پر اهمیت نزد هر بانک تغییر کند.

---

<sup>۱</sup> Credit Risk

بسیاری از روش‌های رتبه‌بندی متکی به نوعی امتیازبندی اولیه می‌باشند؛ در این روش، مقایسه از دو به دو مشتریان به عنوان ورودی مدل استفاده شده است. مقایسه دو به دو با معیارهای تعیین شده توسط بانک، ساده‌تر انجام شده و انعطاف بیشتری در تصمیم‌گیری ایجاد می‌نماید. اغلب روش‌های موجود برای تخمین ریسک اعتباری مشتریان بانک بر مبنای عملکرد پیشین این مشتریان عمل کرده و برای مشتریان جدید بانک که سوابق آنها در عمل به تعهدات خود روشن نیست، پاسخ مناسبی ندارند. استفاده از تحلیل چند بعدی ترجیحات، همان‌گونه که در ادامه به آن اشاره می‌شود، با درصد بالایی توانایی رتبه‌بندی مناسب مشتریان جدید بانک را دارد. این موضوع، مهم‌ترین مزیت این روش نسبت به روش‌های دیگر به شمار می‌آید. در ادامه به ارائه نحوه اجرای این روش و ارزیابی صحت و کارایی آن پرداخته خواهد شد.

هدف این مقاله، ارزیابی ریسک اعتباری مشتریان یک بانک تجاری و ارزیابی میزان کارایی روش استفاده شده می‌باشد. بدین منظور، از روشی بر اساس برنامه‌ریزی خطی برای تحلیل چند بعدی ترجیحات<sup>۱</sup> اقدام به بررسی موردی<sup>۲</sup> بر داده‌های یکی از بانک‌های تجاری ایران شده و با استفاده از این داده‌ها به ارزیابی ریسک اعتباری مشتریان این بانک پرداخته خواهد شد. برای دستیابی به هدف، ساختار مقاله بدین شکل سازماندهی می‌شود: در ادامه بعد از مقدمه، بررسی ادبیات تحقیق و پس از آن، روش مورد استفاده معرفی و داده‌های ورودی روش نیز آنالیز خواهد شد. در ادامه نتایج استفاده از روش یاد شده مورد بررسی قرار گرفته و میزان کارایی این روش ارزیابی می‌شود.

## ۲. مروری بر ادبیات

ریسک اعتباری از جمله حوزه‌هایی است که از گذشته تا کنون چه در زمینه پژوهش و چه در زمینه استفاده عملی از دانسته‌های علمی، به آن توجه بسیار زیادی شده است. در دهه ۷۰ میلادی تحقیقات پایه‌ای در این زمینه انجام شده که اساس روابط و تحقیقات تاکنون قرار گرفته است. در این پژوهش‌ها محققان بر این باور بوده‌اند که می‌توان برای مشخصات یک شرکت (نسبت‌های مالی و متغیرهای استراتژیک) و میزان ریسک اعتباری آن شرکت ارتباط

<sup>۱</sup> Linear Programming Technique for Multidimensional Analysis of Preference (LINMAP)

<sup>۲</sup> Case Study

منطقی برقرار نمود. از این دسته تحقیقات به عنوان نمونه می‌توان به تحقیق دومپس، کسمیدو، بوراکیس و زپوندیس<sup>۱</sup> (۲۰۰۲) و ژو، تنگ و شی<sup>۲</sup> (۲۰۰۵) اشاره نمود. در این گونه رویکردها ابتدا عوامل موثر بر ریسک اعتباری مشخص شده و سپس، مدل‌های تصمیم‌گیری برای به دست آوردن این ریسک تدوین می‌گردند. از این گونه روش‌ها می‌توان به مدل‌های ارائه شده توسط آلتمن و ساندرز<sup>۳</sup> (۱۹۹۷) اشاره کرد که از نوع مدل‌های رتبه‌بندی با محوریت متغیر نرمال حاصل از ترکیب متغیرهای عملکردی شرکت می‌باشد.

بعدها به دلیل مشخص نبودن و ناتوانی در تشخیص عوامل موثر بر ریسک اعتباری و همچنین میزان تاثیر آن‌ها در ریسک اعتباری، از روش‌های دیگری مانند الگوی فازی<sup>۴</sup> نیز در ارزیابی ریسک اعتباری استفاده شده است. به عنوان نمونه، در پژوهش انجام شده توسط اگلیاردی و اگلیاردی<sup>۵</sup> (۲۰۰۹) مدل ساختاری برای اوراق قرضه نکول‌پذیر در یک محیط فازی ارائه شده است. نتایج عددی محاسبه شده در این تحقیق از راه حل فرم بسته بوده و نشان‌دهنده فازی بودن یا غیرقطعی بودن رفتار دارایی می‌باشد. همچنین، ثابت شده که ورشکستگی، دارای اثر مهم بر ساختار گسترش اعتبار و دوره اوراق قرضه نکول‌پذیر دارد.

روش تحلیل چند بعدی ترجیحات برای اولین بار توسط سرینیواسان و شوکر<sup>۶</sup> (۱۹۷۳) معرفی شد. آن‌ها بر برنامه‌ریزی خطی برای آنالیز چند بعدی اولویت‌ها و بررسی عملکرد این روش جدید آنالیز تفکیک شده تحقیق نمودند. در این روش با استفاده از جداسازی چند بعدی، فاصله طبقه هر کدام از ماهیت‌ها در ابعاد مسئله مشخص شده و می‌توان آن‌ها را با هم مقایسه کرد. در گذشته از این روش در حل مسائل مختلفی از جمله در مکان‌یابی استفاده شده است. همچنین این مدل توسعه‌هایی نیز داشته که بیشتر در زمینه فازی‌سازی بوده‌اند. به عنوان مثال، می‌توان به تحقیقات ژیا، لی، ونگ و ژو<sup>۷</sup> (۲۰۰۶) و برکتلی، جنویوس، البیرک و اوزیل<sup>۸</sup> (۲۰۱۱) اشاره کرد.

<sup>۱</sup> Doumpos, Kosmidou, Baourakis & Zopounidis

<sup>۲</sup> Zhou, Tang & Shi

<sup>۳</sup> Altman & Saunders

<sup>۴</sup> Fuzzy

<sup>۵</sup> Agliardi & Agliardi

<sup>۶</sup> Srinivasan & Shocker

<sup>۷</sup> Xia, Li, Zhou & Wang

<sup>۸</sup> Bereketli, Genevois, Albayrak, Ozyol

در تحقیق دیگری از این روش، برای پیدا کردن میزان ریسک اعتباری هر شرکت با استفاده از یک نمونه تجربی مبادرت شده است. این پژوهش توسط مو، ژو و شی<sup>۱</sup> (۲۰۰۶) برای یک بانک تجاری معتبر در چین استفاده شده است و در نهایت، وزنهای ارزیابی اعتبار بهینه و نقطه ایده‌آل توسط مدل به دست می‌آید.

در سالهای اخیر با پیشرفت روشهای بهینه‌سازی و قابلیت حل مدل‌های پیچیده توسط رایانه‌های قدرتمند، تحقیقات در زمینه ریسک اعتباری و رتبه‌بندی اعتباری صورت جدیدی به خود گرفته است.

کاستانتی و روسی<sup>۲</sup> (۲۰۱۳) با مدلی ساختاری به بررسی اوراق قرضه بر پایه یورو پرداخته پرداخته و با اتخاذ یک استراتژی برآورد دو مرحله‌ای، به بررسی ریسک اعتباری و میزان بازده مازاد نسبت به اوراق خزانه پرداخته‌اند. اورسنیو و ورسلیس<sup>۳</sup> (۲۰۱۳) با استفاده از روش آنالیز جزء اصلی<sup>۴</sup> و روش ایزومپ درخت دوگانه محدود شده<sup>۵</sup> به مقایسه مدل‌های خطی و غیرخطی پرداخته‌اند. آن‌ها به ارزیابی میزان عملکرد این روش‌ها در کاهش ابعاد مساله به منظور تخمین اعتبار، پرداخته و متغیرهای مهم و پر قدرت مالی را تعیین نمودند. همچنین، در این مقاله مثال‌های محاسباتی گسترده‌ای بر رتبه‌بندی شش بانک آورده شده که نشان‌دهنده کاربرد کاهش ابعاد مساله در مسائل غیرخطی و بهبود دقت رتبه‌بندی می‌باشد. همچنین نشان داده شده که روش ایزومپ درخت دوگانه محدود شده نسبت به روش آنالیز جزء اصلی دارای عملکرد بهتر و دقت پیش‌بینی بالاتری است.

چیلوورو و هایر<sup>۶</sup> (۲۰۱۲) به بررسی ریسک اعتباری در تسهیلات مسکن پرداخته‌اند. در این این مطالعه با ارائه سناریوهای مختلف بر این گونه تسهیلات و اوراق رهنی مربوط به آنها به بررسی ریسک اعتباری پرداخته شده است.

پرز و واکا<sup>۱</sup> (۲۰۱۸) با توجه به بالا رفتن حجم داده‌های موجود در پایگاه داده بانک‌ها و موسسات اعتباری اقدام به ارائه روشی مبتنی بر داده‌های بزرگ نموده‌اند. آن‌ها با استفاده از

<sup>1</sup> Mou, Zhou & Shi

<sup>2</sup> Castagnetti & Rossi

<sup>3</sup> Orsenigo & Vercellis

<sup>4</sup> Principal Component Analysis (PCA)

<sup>5</sup> Double-Bounded Tree-Connected Isomap (Dbt-Isomap)

<sup>6</sup> Chiluveru & Hayre

شبیه‌سازی مونت کارلو<sup>۲</sup> و یک مدل خطی مختلط<sup>۳</sup> ریسک اعتباری بنگاه‌های اقتصادی را با در نظر گرفتن حجم‌های مختلف داده محاسبه نمودند. بررسی‌ها در این مقاله نشان می‌دهد که حل سریع، انعطاف‌پذیر و بدون سوگیری این مساله نیاز به تکنیک‌ها و الگوریتم‌های داده‌های بزرگ دارد. این تکنیک‌ها به تصمیم‌گیری با دقت بیشتر کمک زیادی کرده است؛ درحالی که در زمان حل مساله تاثیر چندانی ایجاد نمی‌کنند. با توجه به عدم وجود قطعیت در این رفتار و پیش‌بینی آن، در زمینه فازی‌سازی رفتار اعتباری مشتریان، شن، ما، لی، ژو و کای<sup>۴</sup> (۲۰۱۸) به ارائه مدل تصمیم‌گیری چند معیاره<sup>۵</sup> پرداخته و برای فازی‌سازی از مجموعه‌ای به صورت فازی عضویت‌پذیر (IFS)<sup>۶</sup> استفاده کرده‌اند. همچنین در این مطالعه شاخص جدیدی برای محاسبه فاصله در مجموعه فازی عضویت‌پذیر تعریف و خواصی برای آن اثبات شده است. پس از مقایسه الگوریتم تعریف شده برای مساله تخمین ریسک اعتباری کارایی بالاتر این الگوریتم نسبت به سایر الگوریتم‌ها مورد بررسی قرار گرفته است.

در همین راستا، تحقیق انجام شده توسط رستگار و جبینی (۱۳۹۷) به ارائه یک مدل مبتنی بر بهینه‌سازی خطی و غیرخطی پرداخته است. در این روش، ابر صفحه‌ای جداکننده وضعیت خوش‌حسابی یا بدحسابی مشتریان یک بانک تجاری را در ایران تخمین می‌زند. در این راستا، از توابع کرنل، فازی‌سازی داده‌ها و ضرایب جریمه به منظور بهبود مدل ریاضی استفاده شده است. نتایج این تحقیق بیان‌گر این است که مدل بهینه‌سازی خطی با تابع کرنل سیگموئیدی بهترین نتایج را در مقایسه با مدل‌های بهینه‌سازی خطی و غیرخطی با کرنل‌های خطی، چندجمله‌ای، سیگموئیدی و پایه‌شعاعی داراست.

### ۳. روش تحقیق

در این بخش به معرفی روش تحلیل چند بعدی ترجیحات، که برای اولین بار توسط سرنیواسان و شوکر<sup>۷</sup> (۱۹۷۳) ارائه گردید، پرداخته می‌شود. فضای تصمیم‌گیری شامل چند بعد

<sup>۱</sup> Pérez & Vaka

<sup>۲</sup> Monte Carlo

<sup>۳</sup> Linear Mixed Model (LMM)

<sup>۴</sup> Shen, Ma, Li, Xu, Cai

<sup>۵</sup> Multi Criteria Decision Making (MCDM)

<sup>۶</sup> Intuitionistic Fuzzy Set (IFS)

<sup>۷</sup> Srinivasan & Shocker

را در نظر بگیرید. در این فضا نقاط پراکنده‌ای وجود دارند که می‌بایست با یکدیگر مقایسه شوند. این مقایسه توسط متغیر مستقل خارجی (به عنوان مثال، عملکرد نقاط) و یا ترکیبی از عملکرد نقاط در ابعاد مختلف انجام می‌شود. اگر بخواهیم با استفاده از متغیرهای موثر در مساله، مقایسه‌ای میان نقاط موجود داشته باشیم، باید بیشترین میزان انطباق میان این مقایسه و متغیر مستقل عملکرد آنها وجود داشته باشد. در واقع، الگوریتم تحلیل چند بعدی ترجیحات با به دست آوردن نقطه‌ای به عنوان نقطه بهینه نسبی و وزن‌های بهینه هر شاخص، بیشترین میزان تطابق میان فواصل از نقطه بهینه و عملکرد هر کدام نقاط، بر اساس معیار مستقل را تضمین می‌نماید.

به منظور استفاده از این روش در تخمین میزان ریسک اعتباری مشتریان بانک می‌توان سناریوی زیر را در نظر گرفت.

فرض کنید یک بانک تجاری به  $m$  مشتری تسهیلات ارائه می‌دهد و قصد دارد ریسک اعتباری آنها را در  $n$  شاخص مورد ارزیابی و تخمین قرار دهد ( $m \geq n$ ). بنابراین،  $m$  شرکت و  $n$  شاخص یک فضای تصمیم‌گیری را تشکیل می‌دهند. در این فضای تصمیم‌گیری، اعتبار هر یک از شرکت‌ها به عنوان یک نقطه مشخص می‌شود. حال، بهترین نوع مشتری را در نظر بگیرید؛ اگر بتوانیم وضعیت اعتباری آن را نشان دهیم، اعتبار هر کدام از مشتریان را می‌توان با استفاده فاصله وزن‌دار از آن نقطه معین تعیین نمود. در فضای تصمیم‌گیری فاصله میان نقطه  $(x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{in})$  از نقطه ایده‌آل  $(x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*)$  با استفاده از معادله (۱) محاسبه می‌شود که در آن  $w_j$  ( $j=1, \dots, n$ ) وزن هر کدام از معیارها می‌باشد که نشانگر اهمیت شاخص  $j$  ام است.

$$S_i = d_i^2 = \sum_{j=1}^n w_j (X_{ij} - X_j^*)^2, i = 1, 2, \dots, m \quad (1)$$

در معادله بالا بردارهای  $w$  و  $x^*$  می‌بایست مشخص و معلوم باشند. در روش تحلیل چند بعدی ترجیحات می‌توان این دو بردار را با استفاده از یک نمونه تجربی به دست آورد. در این نمونه تجربی باید بر اساس شاخصی مستقل، مقایسه دو به دو بین مشتریان انجام شده باشد که بر اساس آن ترتیبی از ارتباطات به دست می‌آید که این ارتباط با زوج مرتب  $(k, l)$

نشان داده می‌شود. وجود زوج مرتب  $(k, l)$  به این معناست که اعتبار مشتری  $k$  ام بهتر از مشتری  $l$  ام است. با انجام تمامی مقایسه‌ها مجموعه‌ای از زوج‌های مرتب به دست می‌آید که با  $Q = \{(k, l)\}$  نشان داده می‌شود. به وضوح پیداست که اگر همه شرکت‌ها را دو به دو با یکدیگر مقایسه نماییم، مجموعه  $Q = \frac{n(n-1)}{2}$  عضو خواهد داشت. با داشتن این زوج مرتب‌ها و حل مدل خطی روش تحلیل چند بعدی ترجیحات می‌توان بیشترین میزان تطابق میان شاخص‌های موجود در مدل و عملکرد مشتریان با توجه به مقایسه دو به دو انجام شده در نمونه تجربی را تضمین کرد.

به منظور اجرای روش آنالیز چند بعدی محدودیت‌ها به منظور تخمین ریسک اعتباری، اطلاعات مربوط به مشتریان بانک تجاری به دو دسته داده نیاز است:

۱. اطلاعات صورت‌های مالی شرکت‌های مورد مطالعه (به عنوان شاخص‌های مورد استفاده در مدل)؛

۲. زوج مرتب‌های حاصل از مقایسه دو به دو بی شرکت‌های مورد نظر از دیدگاه بانک (به عنوان شاخص مستقل مقایسه دو به دو).

با توجه به در دسترس بودن و قابلیت اتکا صورت‌های مالی شرکت‌های پذیرفته شده در بورس، از میان مشتریان بانک مورد نظر، ۸۰ شرکت بورسی استخراج گردیده و بررسی‌ها بر این مشتریان انجام شده‌اند. همچنین، به دلیل آنکه ماهیت ریسک اعتباری مشتریان بانک ماهیتی مقطعی نبوده و ممکن است، اثرات عملکرد مالی در دوره‌های متعدد بر وضعیت اعتباری مشتریان تاثیرگذار باشد، از داده‌های صورت‌های مالی مربوط به سال ۱۳۸۹ لغایت صورت‌های مالی ۶ ماهه سال ۱۳۹۳ استفاده شده است. به منظور یکسان‌سازی مقاطع صورت‌های مالی از تعدیلات لازم استفاده گردیده است. در صورت اختلاف در سال مالی شرکت‌ها برای حساب‌های ترازنامه‌ای از صورت‌های مالی میان دوره‌ای این شرکت‌ها و برای حساب‌های سود و زیانی از تفریق و میانگین‌گیری برای به دست آوردن سود در دوره مورد نظر استفاده شده است.



به منظور مقایسه دو به دویی مشتریان از دیدگاه بانک، این بانک تجاری رتبه‌بندی بر اساس میزان ارزش طول عمر مشتری<sup>۱</sup> را در نظر گرفته است. ارزش طول عمر مشتری مقدار ارزشی است که انتظار می‌رود یک مشتری در یک افق زمانی معین برای بانک به همراه داشته باشد. بدون شک، این ارزش با میزان منفعتی که از این دسته مشتریان عاید بانک می‌شود، ارتباط مستقیم دارد. مبنای این روش بر فرض ارتباط مستقیم عملکرد گذشته مشتری و سطح سوددهی او در آینده استوار بوده و مقیاسی از نتایج گذشته می‌تواند به عنوان ارزش آینده مشتری به کار رود.

در این روش، ارزش مشتری بر مبنای کل سود کسب شده از او ناشی از تعاملات در گذشته محاسبه می‌شود؛ به طوری که مقادیر سود با در نظر گرفتن ارزش زمانی پول به زمان حال منتقل شده و مبنایی برای ارزش آینده مشتری است. محاسبه ارزش طول عمر مشتری توسط سیستمی در بانک‌ها انجام شده و اطلاعات و روش عددی محاسبه آن از اطلاعات محرمانه بانک به حساب می‌آید و در این پژوهش، نتایج این روش در دسترس می‌باشد. در این روش، شرکت‌هایی با میزان حساب‌های جاری بیشتر، میزان بازپرداخت تسهیلات بیشتر و به موقع‌تر و مشتریان با تراکنش‌های بیشتر دارای امتیاز بالاتری می‌باشند. روش ارزش طول عمر مشتری، به طور کامل، بر اساس عملکرد مالی مشتریان، در قبال بانک، محاسبه می‌شود. به عبارت دیگر، این روش برای مشتریانی که به تازگی به بانک مراجعه نموده و یا از سابقه کمی در بانک مورد نظر برخوردار هستند، کارایی بالایی ندارد.

در روش آنالیز چند بعدی اولویت‌ها به شاخص‌هایی از دسته‌های دل‌خواه نیاز است. این شاخص‌ها با توجه به مواردی که بانک تجاری احساس می‌کند، می‌توانند در میزان ریسک اعتباری و امتیاز اعتباری آنها موثر باشد، تعیین شده و در مورد هر بانک می‌تواند متغیر باشد. در این تحقیق از ترکیبی از شاخص‌های مطرح شده توسط آلتمن و ساندرز<sup>۲</sup> (۱۹۹۷) و اهلسون<sup>۳</sup> (۱۹۸۰) در مورد ورشکستگی شرکت‌ها استفاده شده است. این شاخص‌ها با نمادهای  $X_1$  تا  $X_9$  در جدول (۱) معرفی و نحوه محاسبه آنها نیز توضیح داده شده است.

<sup>1</sup> Customer Lifetime Value (CLV)

<sup>2</sup> Altman & Saunders

<sup>3</sup> Ohlson

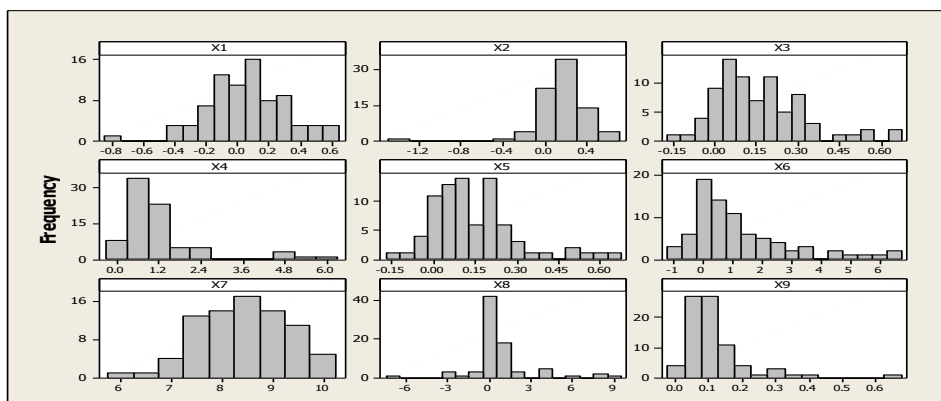
آن‌ها تماماً بر اساس صورت‌های مالی افشا شده شرکت‌ها و اطلاعات موجود در آنها بوده و در مقالاتی که آلتمن (۲۰۰۰ و ۲۰۰۱) به چاپ رسانده به عنوان معیار سنجش میزان اعتباری استفاده، و معرفی شده است. این شاخص‌ها در گستره وسیعی از تحقیقات موثر بوده است. همچنین هیستوگرام مربوط به هر یک از این شاخص‌ها نیز در شکل (۱) آورده شده است. این نمودارها پراکندگی شاخص‌های محاسبه شده را نشان می‌دهد. هیستوگرام‌های موجود در شکل (۱) حاکی از شبه نرمال بودن داده‌های موجود در اکثر شاخص‌ها، و وجود حداقلی داده خارج از محدوده آماری می‌باشد. اما در شاخص‌هایی مانند  $X_8$  با وجود لگاریتمی در نظر گرفتن شاخص همچنان پراکندگی بالایی در نسبت سود قبل از کسر مالیات به هزینه‌های مالی مشاهده می‌گردد. البته این موضوع و یا توزیع نسبت‌های به دست آمده از صورت‌های مالی تأثیری در روند حل مدل و کارایی آن ندارد. سایر اطلاعات توصیفی مربوط به این متغیرها نیز در جدول (۱) آورده شده است.

به منظور استفاده در مدل مربوطه شاخص‌های  $X_6, X_7$  به صورت کل بازه زمانی و مابقی شاخص‌ها به صورت سالانه وارد مدل شده‌اند؛ بنابراین، تعداد کل ۳۷ شاخص مجزا در مدل استفاده شده است. همچنین اطلاعات مربوط به میانگین فروش و دارایی‌ها آورده شده در جدول (۱) بیانگر استفاده از شرکت‌های بزرگ و با درآمد مناسب در بررسی‌ها می‌باشد.

جدول ۱. اطلاعات و آمار توصیفی شاخص‌های مورد استفاده در پژوهش

بیشترین	کمترین	مد	انحراف معیار	میانگین	توضیحات	معیار	معیار
۰/۸۳	-۰/۸۶	۰/۰۲	۰/۲۵	۰/۰۲	مقدار پایین برای شرکت‌های دارای زیان عملیاتی مداوم	نسبت سرمایه در گردش به کل دارایی‌ها	X <sub>۱</sub>
۰/۴۱	-۱/۲۲	۰/۱۳	۰/۲۲	۰/۱۰	مقدار پایین برای شرکت‌های با تقسیم سود بالا یا کم سودده	نسبت سود انباشته به کل دارایی‌ها	X <sub>۲</sub>
۰/۵۰	-۰/۱۷	۰/۰۵	۰/۱۱	۰/۰۷	سود قبل از بهره و مالیات به کل دارایی‌ها	نسبت بازده دارایی‌ها	X <sub>۳</sub>
۳/۴۲	۰/۰۰	۰/۳۸	۰/۶۵	۰/۵۸	از سنجه‌های میزان ظرفیت مدیریت در مواجهه با شرایط رقابتی	نسبت فروش به کل دارایی‌ها	X <sub>۴</sub>
۰/۲۹	-۰/۱۷	۰/۰۴	۰/۰۹	۰/۰۶	معیاری برای بازده شرکت	نسبت سود خالص به مجموع دارایی‌ها	X <sub>۵</sub>
۵/۳۶	-۲/۲۸	۰/۴۷	۱/۶۲	۰/۹۳	میانگین تغییرات سود خالص در دوره ۵ ساله مورد بررسی	تغییرات سود خالص	X <sub>۶</sub>
۸/۲۲	۴/۷۳	۶/۹۰	۰/۷۳	۶/۸۶	انحراف معیار درآمد در دوره ۵ ساله مورد بررسی	پایداری درآمد	X <sub>۷</sub>
۴۶۱/۹۱	-۶/۸۸	۰/۳۵	۵۱/۸۲	۶/۹۱	لگاریتم نسبت در پایه ده به منظور بهبود نرمال بودن داده‌ها	نسبت سود قبل از کسر مالیات به هزینه‌های مالی	X <sub>۸</sub>
۰/۶۶	۰/۰۱	۰/۰۹	۰/۱۰	۰/۱۱	لگاریتم میزان دارایی‌های شرکت	اندازه شرکت	X <sub>۹</sub>

منبع: یافته‌های تحقیق



شکل ۱. هیستوگرام مربوط به هریک از شاخص‌های مدل تحلیل چند بعدی ترجیحات

منبع: یافته‌های تحقیق

اطلاعات مربوط به شرکت‌های مورد مطالعه و همچنین اطلاعات مربوط به بازه زمانی هریک از شاخص‌ها در جدول (۲) نشان داده شده است.

جدول ۲. اطلاعات مربوط به شرکت‌ها و انواع شاخص‌ها از نظر بازه زمانی

مقدار	توضیحات
۸۰	تعداد شرکت‌ها
۷	تعداد شاخص‌های سالیانه
۲	تعداد شاخص‌های کلی
۴۹۶۰	تعداد داده‌های ورودی از صورت‌های مالی
۹۲۵۷۳۳۰۳۰۷۴	میانگین امتیاز ارزش طول عمر مشتری شرکت‌ها
۱۳۳۶۵۷۰۶	میانگین فروش در شرکت‌ها در آخرین دوره (میلیون ریال)
۲۱۸۶۳۴۸۴	میانگین دارایی در شرکت‌ها در آخرین دوره (میلیون ریال)

منبع: یافته‌های تحقیق

میانگین فروش و دارایی‌های ۸۰ شرکت مورد مطالعه در این پژوهش نشان می‌دهد این شرکت‌ها از جمله شرکت‌های بزرگ فعال در کشور هستند.



توضیحات	نماد
میزان معیار $j$ برای شرکت متقاضی وام $l$	$X_{lj}$
متغیرهای کمکی	
متغیر کمکی مربوط به حل مساله	$\lambda_{kl}$
متغیر کمکی مدل برابر با $X_j^* w_j$	$v_j$

منبع: روش تحقیق

جواب‌های به دست آمده از مدل بالا می‌تواند به صورت آورده شده در معادله (۳) به وزن‌ها و نقاط بهینه برای مقایسه منجر شود.

$$w^* = \begin{pmatrix} w_1^* \\ w_2^* \\ \vdots \\ w_n^* \end{pmatrix}, \quad v^* = \begin{pmatrix} v_1^* \\ v_2^* \\ \vdots \\ v_n^* \end{pmatrix} \quad \text{and} \quad X^* = \begin{pmatrix} v_1^* / w_1^* \\ v_2^* / w_2^* \\ \vdots \\ v_n^* / w_n^* \end{pmatrix} \quad (3)$$

در ادامه به بررسی صحت و کارایی روش در تخمین ریسک اعتباری مشتریان پرداخته شده است. برای این منظور از روش نمونه‌گیری بین مقطعی<sup>۱</sup> استفاده شده که در توضیحات مربوط به آن آورده شده است.

در این روش از کل ۸۰ شرکت مورد بررسی به طور تصادفی ۶۰ شرکت انتخاب شده و با استفاده از اطلاعات مربوط به این ۶۰ شرکت مدل تحلیل چند بعدی ترجیحات را اجرا و بر اساس آن جواب‌های بهینه مدل به دست آمده است. سپس با استفاده از ۲۰ شرکت باقی مانده به بررسی صحت جواب‌های به دست آمده اقدام شد. به منظور بررسی صحت مدل از دو سطح بررسی زیر استفاده شده است.

<sup>۱</sup> Cross Sectional Sampling

الف) بدون انجام دسته‌بندی شرکت‌ها (۲۰ وضعیت اعتباری متمایز برای ۲۰ شرکت برون نمونه‌ای)؛

ب) انجام دسته‌بندی شرکت‌ها (تعریف ۴ وضعیت اعتباری متمایز برای ۲۰ شرکت).  
در سطح (الف) به تعداد شرکت‌های برون نمونه وضعیت اعتباری در نظر گرفته شده و در سطح (ب) با گروه‌بندی شرکت‌ها به چهار وضعیت اعتباری صحت مدل مورد بررسی قرار گرفته است. به منظور بررسی صحت مدل ارائه شده رد هریک از سطوح، ایجاد مقاطع درون نمونه‌ای و برون نمونه‌ای و همچنین حل مدل برای ۵۰۰ بار تکرار شده است. در هر بار تکرار، رتبه‌بندی به دست آمده با توجه به پارامترهای بهینه مدل روش تحلیل چند بعدی ترجیحات، و رتبه‌بندی منتج از مقایسه دو به دو با استفاده از روش ارزش طول عمر مشتری که توسط بانک انجام شده با یکدیگر مقایسه شده‌اند و میزان اختلاف رتبه‌های اعتباری هر شرکت در این دو روش رتبه‌بندی به عنوان شاخص کارایی مدل تحلیل چند بعدی ترجیحات تعریف شده است. در ادامه به بررسی این نتایج پرداخته خواهد شد.

#### ۴. یافته‌های پژوهش

از لحاظ کارایی زمانی و پایداری جواب به دست آمده که از پارامترهای مهم مسائل بهینه‌سازی می‌باشند، خطی بودن مدل در این روش باعث می‌گردد، جواب به دست آمده قابل اتکا و پایدار بوده و از لحاظ زمانی نیز از پیچیدگی پایینی برخوردار باشد.

با توجه به بررسی روش نمونه‌گیری بین مقطعی در توالی‌های انجام شده، نتایج هریک از ۲۰ شرکت مورد آزمون قرار گرفته و با بررسی میانگین میزان خطا در رتبه‌بندی در هر ۵۰۰ مرتبه تکرار به بررسی میزان صحت مدل و کارایی آن پرداخته شده است.

اطلاعات مربوط به تعداد اختلاف‌های ایجاد شده در دو حالت الف و ب در جدول (۴) آمده است.

جدول ۴. اطلاعات تعداد اختلاف رتبه‌بندی تحلیل چند بعدی ترجیحات و ارزش طول عمر مشتری

سطح ب (دسته‌بندی)			سطح الف (عدم وجود دسته‌بندی)		
درصد	تعداد		درصد	تعداد	
۱۰۰	۱۰۰۰۰	تعداد کل	۱۰۰	۱۰۰۰۰	تعداد کل
۵۵	۵۵۲۰	تعداد داده‌های بدون اختلاف	۲۳	۲۲۹۲	تعداد داده‌های بدون اختلاف
۴۵	۴۴۸۰	تعداد داده‌های دارای اختلاف	۷۷	۷۷۰۸	تعداد داده‌های دارای اختلاف
۸	۸۳۹	تعداد داده‌های دارای اختلاف بیشتر از ۱	۳۲	۳۱۵۲	تعداد داده‌های دارای اختلاف بیشتر از ۳
۲	۱۷۳	تعداد داده‌های دارای اختلاف بیشتر از ۲	۲۴	۲۳۷۲	تعداد داده‌های دارای اختلاف بیشتر از ۴
۰	۰	تعداد داده‌های دارای اختلاف بیشتر از ۳	۱۷	۱۷۴۷	تعداد داده‌های دارای اختلاف بیشتر از ۵
-	۰/۵۴۹	میانگین اختلاف در کل داده‌ها	۱۷	۱۲۱۵	تعداد داده‌های دارای اختلاف بیشتر از ۶
			۸	۸۳۳	تعداد داده‌های دارای اختلاف بیشتر از ۷
			-	۲/۸۵۱	میانگین اختلاف در کل داده‌ها

منبع: یافته‌های تحقیق

همان‌گونه که در جدول (۴) دیده می‌شود، در سطح (الف) ۲۳ درصد داده‌ها بدون اختلاف و بیش از ۵۰ درصد داده‌ها دارای ۳ اختلاف یا کمتر هستند. همچنین، در حالت (ب) بیش از ۸۰ درصد داده‌ها بدون اختلاف و یا دارای یک دسته اختلاف هستند که حاکی از عملکرد دقیق‌تر مدل در شرایط نزدیک‌تر به واقعیت دارد.

با توجه به پانصد بار تکرار این بررسی می‌توان میانگین اختلاف رتبه در هر بار تکرار را با عدد سه در سطح (الف) و با عدد ۱ در سطح (ب) مقایسه کرد تا به طور آماری نیز صحت این مدل بررسی گردد. مقایسه آماری میانگین میزان اختلافات در حالت (الف)، خطای کمتر از ۱۵ درصد برای مدل در این حالت، و در حالت (ب) بررسی وجود انحراف در پیش‌بینی در این حالت می‌باشد. برای این منظور، از آزمون تک نمونه‌ای<sup>۱</sup> t-Student و مقایسه میانگین اعداد با عدد سه و یک استفاده شده است. همچنین برای سخت‌گیرانه بودن این آزمون شرط کوچک‌تر از عدد مورد نظر بودن در فرض مقابل آزمون آماری قرار گرفته است که نتایج آن در جدول (۵) آورده می‌شود.

<sup>۱</sup> One Sample t Test



جدول ۵. مقایسه آماری میانگین میزان انحراف در رتبه‌بندی در حالات (الف و ب)

آزمون تک نمونه‌ای (دسته الف)							
آزمون میانگین برابر ۳ در مقابل میانگین بیشتر از ۳							
متغیر	تعداد	میانگین	انحراف معیار	میانگین نمونه	حد بالای ۹۹ درصد	آماره	احتمال
تعداد اختلاف	۵۰۰	۲/۸۵۰۶	۱/۲۱۲۹	۰/۰۵۴۲	۲/۹۷۷۲	-۲/۷۵	۰/۰۰۳
آزمون تک نمونه‌ای (دسته ب)							
آزمون میانگین برابر ۱ در مقابل میانگین بیشتر از ۱							
متغیر	تعداد	میانگین	انحراف معیار	میانگین نمونه	حد بالای ۹۹ درصد	آماره	احتمال
تعداد اختلاف	۵۰۰	۰/۵۴۹۲	۰/۲۲۷۳	۰/۰۱۰۲	۰/۵۷۲۹	-۴۴/۳۶	۰/۰۰۳

منبع: یافته‌های تحقیق

در حالت عدم وجود دسته‌بندی نتایج، با درجه اطمینان ۹۹ درصد، میانگین انحراف رتبه‌بندی انجام شده از رتبه‌بندی واقعی کمتر از سه می‌باشد. اما این مقدار برای عدد دو بیشتر از حد اطمینان می‌باشد. دلیل این موضوع، قرارگرفتن میزان میانگین خطا بین عدد دو و سه می‌باشد. این اعداد با توجه به نحوه گروه‌بندی شرکت‌ها و تعداد وضعیت‌های اعتباری که این مدل برای این حالت دقیق عمل نموده است. در حالت دسته‌بندی نیز نتایج به صورت معناداری حاکی کمتر از یک بودن میانگین انحراف رتبه با سطح اطمینان ۹۹ درصد هستند. به طور کلی، نتایج به دست آمده از آزمون آماری بیانگر دقت ۸۵ درصدی مدل تحلیل چند بعدی ترجیحات در حالت (الف) و عدم وجود خطا به طور میانگین در حالت (ب) می‌باشد.

#### ۵. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در این تحقیق میزان ریسک اعتباری مشتریان یک بانک تجاری با استفاده از روش آنالیز چند بعدی اولویت‌ها بررسی شد. در وهله نخست و با توجه به روش فوق داده‌های ورودی مورد نیاز روش از بانک اخذ و اطلاعات و صورت‌های مالی شرکت‌های مورد نظر نیز جمع‌آوری

شد. به منظور بررسی صحت مدل به روش نمونه‌گیری بین مقطعی، مدل برای ۶۰ شرکت اجرا و صحت آن با ۲۰ شرکت باقی مانده مورد ارزیابی قرار گرفت.

نتایج حاکی از دقت روش تحلیل چند بعدی ترجیحات در رتبه‌بندی شرکت‌ها و تطابق آن با رتبه‌بندی با استفاده از ارزش طول عمر مشتری می‌باشد. عملکرد روش تحلیل چند بعدی ترجیحات با توجه به ماهیت این روش به وجود یا عدم وجود سابقه برای مشتری مورد نظر در بانک بستگی ندارد. با توجه به نتایج تحقیق، همچنین عدم کارایی مدل‌هایی مانند ارزش طول عمر مشتری در پیش‌بینی وضعیت اعتباری مشتریان، استفاده از روش تحلیل چند بعدی ترجیحات، این امر را با دقت مناسبی انجام خواهد داد.

استفاده از معیارهای نسبی و امکان تعریف این معیارها طبق نظر بانک یکی از مزایای دیگر این روش می‌باشد. همچنین در ادامه پژوهش انجام شده در این مقاله، ثابت گردید، استفاده از تحلیل چند بعدی ترجیحات نسبت به رتبه‌بندی با استفاده از ارزش طول عمر مشتری، از عملکرد مناسب‌تری از لحاظ میزان ارزش در معرض ریسک<sup>۱</sup> در پرتفوی اعتباری برخوردار خواهد بود. در آینده نیز می‌توان بر پایه این تحقیق با استفاده از نمونه‌های وسیع‌تر میزان حساسیت دقت مدل به تعداد شرکت‌های مورد مطالعه مورد بررسی قرار داد. در تخمین میزان ریسک اعتباری سبد مشتریان استفاده از این روش به عنوان ورودی مدل‌های بهینه‌سازی پرتفوی اعتباری و همچنین مقایسه مستقیم روش با روش‌هایی همچون روش‌های فراباکتاری شبکه عصبی نیز می‌تواند به عنوان پیشنهاد برای تحقیقات آتی مورد توجه قرار گیرد.

## منابع

- رستگار، محمدعلی، جبینی، سجاد (۱۳۹۷). طبقه‌بندی اعتباری مشتریان حقوقی یک بانک ایرانی با استفاده از KFP-MCOC. فصلنامه علمی-پژوهشی اقتصاد مقداری، ۱۵ (۵۶): ۱۸۱-۱۹۹.
- Agliardi, E., & Agliardi, R. (2009). Fuzzy defaultable bonds. *Fuzzy Sets and Systems*, 160: 2597-2607.
- Altman, E.I. (2000). Predicting financial distress of companies: revisiting the Z-score and ZETA models. *Stern School of Business, New York University*: 9-12.

<sup>1</sup> Value at Risk (VAR)

- Altman, E.I. (2001). Analyzing and explaining default recovery rates.
- Altman, E.I., & Saunders, A. (1997). Credit risk measurement: Developments over the last 20 years. *Journal of banking & finance*, 21: 1721-1742.
- Bereketli, I., & Erol Genevois, M., & Esra Albayrak, Y., & Ozyol, M. (2011). WEEE treatment strategies□\_ evaluation using fuzzy LINMAP method. *Expert Systems with Applications*, 38: 71-79.
- Castagnetti, C., & Rossi, E. (2013). EURO corporate bond risk factors. *Journal of Applied Econometrics*, 28: 372-391.
- Doumpos, M., & Kosmidou, K., & Baourakis, G., & Zopounidis, C. (2002). Credit risk assessment using a multicriteria hierarchical discrimination approach: A comparative analysis. *European journal of operational research*, 138: 392-412.
- Hayre, L., & Chiluveru, S. (2012). Evaluation of Mortgage Credit Risk. *The Journal of Fixed Income*, 21: 43-54.
- Mou, T.Y., & Zhou, Z.F. & Shi, Y., (2006). Credit Risk Evaluation Based on LINMAP. In *Computational Science–ICCS*.
- Ohlson, J.A. (1980). Financial ratios and the probabilistic prediction of bankruptcy. *Journal of accounting research*, 109-131.
- Orsenigo, C., & Vercellis, C. (2013). Linear versus nonlinear dimensionality reduction for banks credit rating prediction. *Knowledge-Based Systems*, 47: 14-22.
- Pérez-Martín, A., & Pérez-Torregrosa, A., & Vaca, M. (2018) Big Data techniques to measure credit banking risk in home equity loans. *Journal of Business Research*, 89: 448-454.
- Shen, F., & Ma, X., & Li, Z., & Xu, Z., & Cai, D. (2018). An extended intuitionistic fuzzy TOPSIS method based on a new distance measure with an application to credit risk evaluation. *Information Sciences*, 428: 105-119.
- Srinivasan, V., & Shocker, A.D. (1973). Linear programming techniques for multidimensional analysis of preferences. *Psychometrika*, 38: 337-369.
- Xia, H.C., & Li, D.F., & Zhou, J.Y., & Wang, J.M. (2006). Fuzzy LINMAP method for multiattribute decision making under fuzzy environments. *Journal of computer and system sciences*, 72: 741-759.
- Zhou, Z., & Tang, X., & Shi, Y. (2005). A multi-factors evaluation method on credit evaluation of commerce banks. *Data Mining and Knowledge Management*, pp: 229-232. Springer.