



Shahid Bahonar  
University of Kerman



Iranian E-Commerce Scientific  
Association

## A Comparative Study of Bankruptcy Prediction Models and Presenting an Optimized Model for Iran's Economic Environment

*Jalal Jamali*

*Aliasghar Mottaghi*

*Ahmad Mohammady*

### Abstract

**Objective:** Predicting corporate bankruptcy is one of the most important activities in auditing risk and uncertainty of companies. Therefore, introducing appropriate models with high accuracy to predict bankruptcy is essential in many decision-making processes. The purpose of this study is to introduce an appropriate and superior model for predicting corporate bankruptcy in the Iranian economic environment. Chava and Jarrow (2004) and Campbell et al. (2008) have been introduced as hybrid models that consider accounting and market information together. In this study, we intend to use logistic regression and accuracy testing to create a better model. Also, for the first time in Iran, the market value of balance sheet items has been used as a suitable alternative to some balance sheet variables and market variables.

**Methods:** The study period is 13 years (from 2005 to 2019) and the number of sample companies is 188 companies and 2444 years - companies. The data required for this study, which consisted of accounting-based and market-based and combined data, were extracted from financial statements and accompanying notes of sample companies and stock exchange softwares. Using logistic regression, the coefficients of the variables of the mentioned models were found.

**Results:** The proposed models were performed using conditional fixed effect logistic regression and the best model was selected using the ROC curve. The results showed that both Chava & Jarrow (2004), Campbell et al (2008). Models have a suitable and very high power to predict bankruptcy in Iran's economic environment. But Chava & Jarrow model with 96.5% accuracy was introduced as the top model in predicting corporate bankruptcy for Iran's economic environment. Among the variables of the Chava & Jarrow model, only three variables Included ratio of total debt-to-assets

---

Journal of Development and Capital, Vol. 6, No.2, Ser. 11, 111-134.

Ph.D. Candidate of Accounting, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran.

(Email: [Jalal.jamali1362@gmail.com](mailto:Jalal.jamali1362@gmail.com)).

**Corresponding Author**, Assistant Professor of Accounting, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran.

(Email: [aliasghar.mottaghi@yahoo.com](mailto:aliasghar.mottaghi@yahoo.com)).

\* Assistant Professor of Accounting, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran.

(Email: [Ahmad.mohammady@iaut.ac.ir](mailto:Ahmad.mohammady@iaut.ac.ir)).

Submitted: 19 December 2021

Revised: 5 January 2022

Accepted: 22 January 2022

Publisher: Faculty of Management & Economics, Shahid Bahonar University of Kerman.

DOI: 10.22103/jdc.2022.18728.1187

©The Authors.



## Abstract

---

(TLTA), ratio of net income to total assets (NITA) and Stock returns fluctuations (SIGMA) at 95 confidence level, had a significant effect on corporate bankruptcy. And the other two independent variables of this model did not have a significant effect on the probability of bankruptcy. Also, Among the variables of the Campbell et al model, only five variables Included the ratio of total liabilities to total market value of assets (TLMTA), the ratio of net income to total market value of assets (NIMTA), the ratio of cash and instant assets to total market value of assets (CASHMTA), stock price volatility (SIGMA) ) And the ratio of book value of equity to market value of the company (RSIZE) at the 95 confidence level had a significant effect on the probability of bankruptcy of companies. And the other three independent variables, the difference between the company's stock return and market return (EXRET), the ratio of the company's stock market value to the book value of the company's stock (MB) and the logarithm of the stock price (PRICE) had no significant effect on the probability of bankruptcy.

**Conclusion:** Among the variables that were significant in the model, the ratio of net profit to market value of assets (NIMTA) was the most effective variable. Also, according to the regression coefficients of the variables, it is concluded that bankruptcy is inversely related to the ratio of net income to market value of assets(NIMTA), and the ratio of net income to book value of assets(NITA), and the ratio of cash and instant assets to market value of assets(CASHMTA). Bankruptcy is also directly related to the ratio of total liabilities to the book value of assets (TLTA) and Stock returns fluctuations (SIGMA). In other words, Companies whose stock return fluctuations are not in good shape and have a lot of debts more likely to go bankrupt.

**Keywords:** *Bankruptcy, Chava & Jarrow, Campbell, ROC AUC.*

**JEL Classification:** C23, C81, G33, M31.

**Paper Type:** *Research Paper.*

**Citation:** Jamali, J., Mottaghi, A.A., Mohammady, A. (2021). A comparative study of bankruptcy prediction models and presenting an optimized model for Iran's economic environment. *Journal of Development and Capital*, 6(2), 111-134 [In Persian].



## مطالعه مقایسه‌ای الگوهای پیش‌بینی ورشکستگی و ارائه الگوی بهینه برای محیط اقتصادی ایران

جلال جمالی  
علی اصغر متقی  
احمد محمدی

### چکیده

هدف: پیش‌بینی ورشکستگی شرکت‌ها یکی از اساسی‌ترین فعالیت‌ها در بررسی ریسک و عدم قطعیت شرکت‌ها محسوب می‌شود. از اینرو، معرفی الگوهای مناسب با دقت بالا برای پیش‌بینی ورشکستگی در بسیاری از فرایندهای تصمیم‌گیری از اهمیت اساسی برخوردار است. هدف از مطالعه حاضر، بررسی دو الگوی معروف چاوا و جارو و کمپبل و همکاران برای پیش‌بینی ورشکستگی شرکت‌ها در محیط اقتصادی ایران و معرفی یک الگوی بهینه است.

روش: دوره زمانی مورد مطالعه ۱۳ سال (از سال ۱۳۸۴ الی سال ۱۳۹۷) و تعداد شرکت‌های نمونه ۱۸۸ شرکت و ۲۴۴۴ سال-شرکت هستند. با استفاده از رگرسیون لجستیک برای داده‌های تابلویی، نسبت به یافتن ضرایب متغیرهای الگوهای مورد بررسی متناسب با بازار سرمایه ایران اقدام گردید. الگوهای ارائه شده با استفاده از رگرسیون لجستیک اثرات ثابت اجرا شده و پس از رسم منحنی ROC برای هر دو مدل، بهترین الگو بر حسب بیشترین AUC انتخاب شد.

یافته‌ها: از بین متغیرهای مدل چاوا و جارو (۲۰۰۴)، تنها سه متغیر نسبت کل بدهی‌ها به کل دارایی‌ها (TLTA)، سود خالص تقسیم بر کل دارایی‌ها (NITA) و نوسانات بازده قیمت سهام (SIGMA) در سطح اطمینان ۹۵ تأثیر معناداری بر احتمال ورشکستگی شرکت‌ها داشته‌اند. هم‌چنین، تنها پنج متغیر کل بدهی‌ها تقسیم بر ارزش بازاری کل دارایی‌ها (TLMTA)، سود خالص تقسیم بر ارزش بازاری کل دارایی‌ها (NIMTA)، وجه نقد و دارایی‌های آنی تقسیم بر ارزش

مجله توسعه و سرمایه، دوره ششم، شماره ۲، پیاپی ۱۱، صص. ۱۱۱-۱۳۴.

دانشجوی دکتری گروه حسابداری، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران. (وایانامه: [Jalal.jamali1362@gmail.com](mailto:Jalal.jamali1362@gmail.com)).

نویسنده مسئول، استادیار گروه حسابداری، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران. (وایانامه: [aliasghar.mottaghi@yahoo.com](mailto:aliasghar.mottaghi@yahoo.com)).

استادیار گروه حسابداری، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران. (وایانامه: [ahmad.mohammady@iaut.ac.ir](mailto:ahmad.mohammady@iaut.ac.ir)).

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۱/۲

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۱۰/۱۵

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۹/۲۸

ناشر: دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه شهید باهنر کرمان.

DOI: 10.22103/jdc.2022.18728.1187

©The Authors.



بازاری کل دارایی‌ها (CASHMTA)، نوسانات بازده قیمت سهام (SIGMA) و ارزش دفتری حقوق صاحبان سهام بر ارزش بازار سهام شرکت (RSIZE) در سطح اطمینان ۹۵ تأثیر معناداری بر احتمال ورشکستگی شرکت‌ها داشته‌اند.

نتیجه‌گیری: نتایج نشان داد هر دو الگوی چاوا و جارو (۲۰۰۴) و کمپبل و همکاران (۲۰۰۸) از قدرت مناسب و بسیار بالا برای پیش‌بینی ورشکستگی در محیط اقتصادی ایران برخوردار بودند ولی الگوی چاوا و جارو با AUC برابر ۰/۹۶۵ به عنوان الگوی برتر در پیش‌بینی ورشکستگی شرکت‌ها برای محیط اقتصادی ایران معرفی شد.

**واژه‌های کلیدی:** ورشکستگی، الگوی چاوا و جارو، الگوی کمپبل و همکاران، AUC ROC

طبقه‌بندی JEL: C23، C81، G33، M31

نوع مقاله: پژوهشی.

**استناد:** جمالی، جلال؛ متقی، علی‌اصغر؛ محمدی، احمد. (۱۴۰۰). مطالعه مقایسه‌ای الگوهای پیش‌بینی ورشکستگی و ارائه الگوی بهینه برای محیط اقتصادی ایران. *مجله توسعه و سرمایه*، ۶(۲)، ۱۱۱-۱۳۴.

#### مقدمه

اندازه‌گیری ریسک ورشکستگی شرکت یکی از چالش‌های عمده پژوهش‌های اقتصادی و مالی مدرن است (فرهنگ و همکاران، ۱۳۹۷). امروزه با افزایش جهانی شدن مراودات مالی، تغییرات سریع‌تر اقتصادی و بعد جدید افزایش ریسک مالی در شرایط بحران مالی جهانی که از سال ۲۰۰۷ به وجود آمده است، باید بر افزایش قابلیت اطمینان الگوی پیش‌بینی و طولانی کردن افق پیش‌بینی تمرکز کرد (کورول، ۲۰۱۹). از این رو، پیش‌بینی ورشکستگی شرکت یک موضوع پژوهشی جذاب است چرا که می‌تواند اطلاعات مفیدی در مورد وضعیت عملیاتی یک شرکت ارائه دهد و ممکن است بر روند تصمیم‌گیری تیم مدیریت تأثیر بگذارد (مرتون، ۱۹۷۴).

یکی از مسائلی که می‌تواند به فرآیند تصمیم‌گیری در مورد سرمایه‌گذاری کمک کند وجود ابزارها و الگوهای مناسب برای ارزیابی شرایط و وضعیت مالی سازمان‌ها است که از جمله مهمترین این ابزارها می‌توان به الگوهای پیش‌بینی درماندگی مالی و ورشکستگی شرکت‌ها اشاره کرد (کو<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۱۹). تعدد شرکت‌هایی که در کشورهای مختلف دچار درماندگی مالی و به تبع آن ورشکستگی شده‌اند توجه محققان و فعالان بازار سرمایه را به بحث پیرامون این موضوع و یافتن روش‌های پیش‌بینی چنین وضعیت‌هایی معطوف کرده است تا با پیش‌بینی وضعیت مالی شرکت سرمایه‌پذیر، امکان حفاظت از سرمایه‌گذاران فراهم شود (فیروزیان و همکاران، ۱۳۹۰). پیش‌بینی درماندگی مالی و ورشکستگی شرکت توجه زیادی را جلب کرده است و پس از بحران مالی سال ۲۰۰۷ و رکود اقتصادی اروپا در سال ۲۰۰۹، موضوع اصلی بسیاری از پژوهش‌ها شده است (اوقاچی<sup>۴</sup> و همکاران، ۲۰۲۰). درماندگی مالی وضعیتی است که در آن شرکت نمی‌تواند جریان نقدینگی کافی برای انجام وظایف قراردادی خود فراهم کند. باقی ماندن در این وضعیت به مدت طولانی نه تنها می‌تواند تأثیر منفی روی ارزش شرکت و ثروت سهامداران بگذارد، بلکه باعث ناکارآمدی عملیات مالی و ورشکستگی می‌شود (وانگ<sup>۵</sup> و همکاران، ۲۰۲۰).

ورشکستگی شرکت باعث زیان قابل توجهی در تجارت و جهان می‌شود. بنابراین، تشخیص زودهنگام وضعیت بد شرکت، مزایای اقتصادی دارد، و دانشگاہیان و متخصصان را به سمت طراحی انواع الگوهای پیش‌بینی درماندگی مالی و ورشکستگی شرکت سوق می‌دهد (هوساکا<sup>۶</sup>، ۲۰۱۹). تا به امروز تکنیک‌های مختلفی برای طراحی الگوهای پیش‌بینی ورشکستگی مورد استفاده قرار گرفته است. طراحی الگوهای معتبر برای پیش‌بینی ورشکستگی لازمه حسابرسی ریسک‌های تجاری و کمک به مدیران در جلوگیری از وقوع شکست و کمک به سهامداران در بررسی و انتخاب شرکت‌ها برای مشارکت یا سرمایه‌گذاری است (فاگرلند<sup>۷</sup> و همکاران، ۲۰۰۸). با توجه به اهمیت پیش‌بینی ورشکستگی، تعداد قابل توجهی از پژوهش‌ها روی اطلاعات مالی و غیرمالی متمرکز است، و الگوهای پیش‌بینی ورشکستگی جدیدی را برای طبقه‌بندی شرکت‌های سالم یا غیرسالم پیشنهاد می‌کند. با افزایش تعداد الگوهای موجود، یکی از مسائل چالش برانگیز آکادمی‌ها و متخصصین، این است که الگوهای رقابتی را ارزیابی کرده و بهترین آنها را انتخاب کنند (موسوی و اویونچی<sup>۸</sup>، ۲۰۱۸).

به دلیل افزایش قابل توجه انواع الگوهای پیش‌بینی، این مقاله روی پاسخ به این سؤال متمرکز است که کدام یک از این الگوها بهتر عمل می‌کنند؟

عملکرد الگوهای پیش‌بینی ورشکستگی، به پژوهش‌های اولیه مبتنی بر داده، و انواع فاکتورها مثل نمونه-برداری، انتخاب ویژگی‌ها، الگوسازی و ارزیابی عملکرد متکی است. در انتخاب ویژگی، پژوهش‌ها از انواع اطلاعات یعنی حسابداری، بازار و متغیرهای میکرواقتصادی در الگوهای پیش‌بینی درماندگی و ورشکستگی استفاده می‌کند. بطور معمول، الگوهای پیش‌بینی ورشکستگی به سه دسته تقسیم می‌شوند: ۱- الگوهای مبتنی بر داده‌های حسابداری ۲- الگوهای مبتنی بر داده‌های بازار ۳- الگوهای ترکیبی. الگوهای امتیازدهی داده‌های خود را از بازار استخراج می‌کنند (جکی و کوییک، ۲۰۲۱).

بیور<sup>۹</sup> (۱۹۶۶) گزارش کرد برخی از نسبت‌های مالی مانند نسبت جریان‌های نقدی به کل دارایی‌ها، سود خالص به کل دارایی‌ها و کل بدهی‌ها به کل دارایی‌ها در الگوهای جداگانه یک متغیره، پیش‌بینی‌کننده‌های خوبی از ورشکستگی هستند. آلمن<sup>۱۰</sup> (۱۹۶۸) الگوی Z-Score را طراحی کرد. بر اساس گزارش مالی، الگوی مذکور سودآوری، اهرم مالی، نقدینگی، توانایی پرداخت بدهی و فعالیت را برای پیش‌بینی احتمال ورشکستگی استفاده می‌کنند. اوهلسون<sup>۱۱</sup> (۱۹۸۰) نمونه بزرگی از نسبت‌های ترازنامه را بعنوان نشانگرهای ورشکستگی برای اجرای رگرسیون لجستیک استفاده کرد و الگوی O-Score را تدوین کرد. الگوهای پیش‌بینی ورشکستگی مبتنی بر بازار در ابتدا توسط مرتون<sup>۱۲</sup> (۱۹۷۴) به وجود آمدند. مفهوم اساسی الگوی ایشان این است که اگر شرکت نتواند بدهی‌های مالی خود را بپردازد، شرکت ورشکسته تلقی خواهد شد. اوراق بهادار یک شرکت با بدهی، می‌تواند برگ اختیار خرید باشد. اگر بدهی‌های شرکت بیش از دارایی‌های آن باشد، شرکت در معرض ورشکستگی قرار می‌گیرد. از اینرو، الگوی مرتون به جای اطلاعات حسابداری از اطلاعات بازار استفاده می‌کند.

الگوی پیشرفته‌تر که اطلاعات حسابداری و بازار را باهم در نظر می‌گیرد در ابتدا توسط شاموی<sup>۱۳</sup> (۲۰۰۱) مطرح شد. شاموی الگوی خطر زمان گسسته را پیشنهاد کرد که صراحتاً زمان را در نظر می‌گیرد. الگوهای ساختاری اشاره شده در بالا، با توجه به اینکه تغییر متغیرهای توضیحی با گذشت زمان نادیده می‌گیرند لذا موجب تخمین دارای اریب می‌شوند. الگوی شاموی به لحاظ در نظر گرفتن زمان، پیشرفت بزرگی در زمینه الگوهای پیش‌بینی ورشکستگی ایجاد نمود.

چاوا و جارو<sup>۱۴</sup> (۲۰۰۴) بر اعتبار الگوی شاموی نسبت به الگوهای امتیازدهی افزودند. علاوه بر این، آثار صنعت نیز مورد توجه قرار گرفت. کمپیل<sup>۱۵</sup> و همکاران (۲۰۰۸) متغیرهای توضیحی را بر اساس الگوی چاوا و جارو (۲۰۰۴)، با هدف کاوش جامع شکست شرکت، گسترش دادند.

الگوی ترکیبی که اطلاعات حسابداری و بازار را توأم در نظر می‌گیرد می‌تواند عملکرد بهتری در پیش‌بینی احتمال ورشکستگی داشته باشد (ژانگ و همکاران، ۲۰۲۱). این پژوهش، الگوهای مختلف پیش‌بینی را مورد مقایسه قرار می‌دهد. برای این کار دو الگو از الگوهای ترکیبی، الگوی چاوا و جارو و کمپیل و همکاران انتخاب شده‌اند. در انجام این تحلیل مقایسه‌ای نگرانی‌های مختلفی وجود دارد. کیفیت الگوهای پیش‌بینی مبتنی بر اطلاعات حسابداری به لحاظ منبع اطلاعات مورد سؤال هستند. داده‌های حسابداری، داده‌های تاریخی هستند که از صورت‌های مالی شرکت استخراج می‌شوند و به نوعی با اطلاعات جدید و بروز شرکت یکنواخت نیستند، از اینرو، الگوهای مبتنی بر داده‌های حسابداری ممکن است در پیش‌بینی ورشکستگی ناکافی باشند. اگرچه الگوهای مبتنی بر اطلاعات بازار آزمون شده‌اند که می‌توانند در پیش‌بینی ورشکستگی از الگوهای مبتنی بر داده‌های حسابداری دقیق‌تر باشند، اما هنوز اشکالاتی مانند محدودیت‌های مفروضات الگو و نیاز به بازگشت ارزش دارائی و نوسانات دارند. الگوی چاوا و جارو (۲۰۰۴) و الگوی کمپیل و همکاران (۲۰۰۸) بعنوان الگوهای ترکیبی که اطلاعات حسابداری و بازار را با هم در نظر می‌گیرند، معرفی شده‌اند، معمولاً این دو الگو در پیش‌بینی ورشکستگی با الگوهای امتیازدهی مورد مقایسه قرار می‌گیرند با این حال، رگرسیون لجستیک مورد استفاده در این دو الگو مشابه هستند، به جز الگوی کمپیل و همکاران (۲۰۰۸) که دارای سه متغیر توضیحی بیشتر نسبت به الگوی چاوا و جارو (۲۰۰۴) است. به طور کلی، الگوهای چاوا و جارو (۲۰۰۴) و کمپیل و همکاران (۲۰۰۸) نسبتاً الگوهای دقیق‌تری از نظر واقعیت پژوهش هستند. در این پژوهش هدف این است که با انجام رگرسیون لجستیک و آزمون صحت، الگوی بهتر را برای محیط بازار سرمایه ایران معرفی می‌گردد. با توجه به اینکه در ایران برای پیش‌بینی ورشکستگی شرکت‌ها از الگوهای مذکور استفاده نشده است لذا در پژوهش حاضر برای اولین بار جهت پیش‌بینی ورشکستگی از الگوهای مذکور استفاده خواهد شد. همچنین در این پژوهش برای اولین بار در ایران علاوه بر ایران علاوه بر استفاده از داده‌های بازار سرمایه از ارزش بازاری اقلام ترازنامه‌ای به عنوان جایگزین مناسب برای برخی از متغیرهای ترازنامه‌ای استفاده شده است.



در ادامه مقاله ابتدا نسبت به بیان ادبیات پژوهش و پیشینه پژوهش پرداخته؛ سپس فرضیات پژوهش و نحوه انتخاب متغیرها بیان خواهد شد؛ پس از آن یافته‌های پژوهش و سپس نتیجه‌گیری و پیشنهادات بیان خواهد شد.

### مبانی نظری و پیشینه پژوهش

#### ادبیات پژوهش

ورشکستگی به طور کلی به وضعیتی گفته می‌شود که در آن بدهی‌های شرکت در فرایند تولید و عملیات بیش از دارایی‌های آن باشد و شرکت قادر به پرداخت بدهی‌های خود نباشد. این تعریف در قانون تجارت ایران در باب یازدهم، فصل اول، کلیات، ماده ۴۱۲ بدین صورت تعریف شده است: «ورشکستگی تاجر یا شرکت تجارتی در نتیجه توقف از تأدیه وجوهی که بر عهده او است حاصل می‌شود».

#### الگوهای پیش‌بینی ورشکستگی

##### رویکرد تشخیص یک‌متغیری (UDA<sup>۱۱</sup>)

**بیور (۱۹۶۶)** رویکرد تشخیص یک‌متغیری را مطرح کرد. به نظر ایشان شرکتی ورشکسته تلقی می‌شود که قادر به بازپرداخت اوراق قرضه نبوده و اضافه برداشت بانکی داشته و سود سهام ممتاز پرداخت ننماید. علاوه بر این، نسبت‌های مالی توانائی پیش‌بینی بالقوه صورتهای مالی را دارد، بنابراین رویکرد موثری برای پیش‌بینی شکست شرکت بود. برای آزمون این ادعا، ۷۹ شرکت ورشکسته و به همان میزان شرکت غیرورشکسته بطور تصادفی انتخاب شدند، در این میان تعدادی از نسبت‌های مالی نیز انتخاب شدند. نتایج نشان می‌دهد که برخی از نسبت‌های مالی شرکت‌های ورشکسته در پنج سال قبل از ورشکسته شدن بدتر می‌شوند و در سال پنجم بسیار بد هستند. بنابراین، ایشان فکر می‌کنند که نسبت‌های مالی در حال بدتر شدن می‌تواند به عنوان علایم هشدار دهنده اولیه تلقی شوند. علاوه بر این، نسبت‌های مالی مانند جریان نقدی به کل دارائی و سودخالص به کل دارائی بهتر از بقیه عمل می‌کنند. اگرچه آزمون‌های ایشان ثابت می‌کند نسبت‌های مالی ممکن است جزء مهمی در پیش‌بینی ورشکستگی باشند، اما تمام نسبت‌های مالی قادر به انجام این پیش‌بینی نیستند و نتایج ممکن است با نسبت‌های دیگر متفاوت باشد. ایشان هنوز فکر می‌کنند که نسبت‌های مالی بیشتری برای پیش‌بینی ورشکستگی می‌توانند اضافه شود.

##### رویکرد تشخیص چند متغیری (MDA<sup>۱۲</sup>)

رویکرد تک‌متغیره، نمی‌تواند پیش‌بینی دقیق را انجام دهد، **آلمن (۱۹۶۸)** رویکرد چندمتغیره را ارائه کرد که به الگوی Z-Score معروف شده است. ایشان ۶۶ شرکت تولیدی را به عنوان نمونه پژوهش، که شامل ۳۳ شرکت ورشکسته و ۳۳ شرکت غیرورشکسته است. همچنین ۲۲ نسبت مالی از لحاظ داشتن ارتباط بالقوه به عنوان متغیر توضیحی انتخاب شدند. نسبت‌های مالی در پنج دسته طبقه‌بندی می‌شوند: نقدینگی، سودآوری، اهرمی، پرداخت بدهی و فعالیت. نهایتاً بر اساس سهم و رابطه نسبت، پنج نسبت به عنوان متغیر مشخص شدند. الگوی آلمن نوعی معادله تصمیم‌گیری خطی چندمتغیره بود. جدا از چندمتغیره بودن، این الگو نشان داد هنگامی که شرکتی در آستانه فروپاشی قرار می‌گیرد، نسبت‌های مالی مختلف در همان زمان تغییر می‌کند زیرا ورشکستگی به دلایل

مختلف ایجاد می‌شود. **آلتمن و همکاران (۱۹۹۷)** با الگوی ZETA، الگوی Z-Score را توسعه دادند. الگوی ZETA دارای ۷ متغیر بود که منعکس‌کننده خصوصیات مختلف شرکت‌ها بودند. الگوی ZETA در عمل کاربرد بسیاری دارد و در پیش‌بینی ورشکستگی نسبت به الگوی Z-score بهتر عمل می‌کند. میزان دقت الگوی ZETA می‌تواند بیش از ۹۰٪ باشد.

### الگوی اوهلسون

**اوهلسون (۱۹۸۰)** یک سری سؤال در مورد الگوی Z-Score مطرح کرد که برخی از آنها نیازمند مفروضات اساسی است مانند متغیرها در الگوی Z-Score بایستی توزیع نرمال داشته باشند و شرکت‌های ورشکسته و غیرورشکسته بایستی واریانس - کواریانس مشابه داشته باشند. با این وجود، در عمل داشتن این مفروضات مشکل است. ایشان فکر می‌کند که Z-Score معنای خاصی ندارد و نمی‌تواند احتمال ورشکستگی را پیش‌بینی کند اوهلسون الگوی جدیدی را با عنوان O-Score ارائه کرد که شکل مشابهی با Z-Score داشت و بر اساس نسبت‌های کلیدی اطلاعات حسابداری است. با وجود اختلاف از Z-Score، O-Score ابتدا از رگرسیون لجستیک استفاده می‌کند. ۱۰۵ شرکت ورشکسته و ۲۰۵۸ شرکت غیرورشکسته برای بازه زمانی ۱۹۷۰ تا ۱۹۷۶ انتخاب شدند. از ۹ متغیر مستقل در الگو استفاده شد. O-Score قوی‌تر از Z-Score در پیش‌بینی ورشکستگی است. میزان دقت استفاده از مقدار بحرانی  $P(B)=0/5$  برای پیش‌بینی اینکه یک شرکت ورشکسته می‌شود، ۹۶/۱۲ درصد است. اوهلسون فکر نمی‌کند به کارگیری اطلاعات شرکت‌های ورشکسته موجب افزایش میزان دقت می‌گردد.

### الگوی مرتون (۱۹۷۴)

بر اساس الگوی قیمت‌گذاری اختیار معامله **بلک و اسکولز (۲۰۱۹)** اولین الگوی مبتنی بر بازار را برای پیش‌بینی ورشکستگی پیشنهاد کرد. هدف این الگو، اندازه‌گیری ریسک‌های ورشکستگی نسبی یک شرکت اهرمی است. الگوی ایشان اغلب در قیمت‌گذاری اختیار معامله سهام به کار برده می‌شود، در حالیکه برخی از سرنخ‌های پیش‌بینی ورشکستگی را هم می‌توان ردیابی کرد. مرتون نشان می‌دهد که دارایی شرکت می‌تواند به عنوان اختیار خرید سهام اروپایی باشد که ارزش آن برابر با ارزش اسمی بدهی است. در نتیجه، سهامداران موظف به پرداخت بدهی‌های شرکت نیستند. یعنی سهامداران از بدهی نامحدود محافظت می‌شوند. اگر ارزش بازار دارایی بیشتر از ارزش دفتری بدهی در سررسید باشد، سهامداران از حق اختیار خرید استفاده می‌کنند و برعکس. با این حال، الگوی مرتون تحت یک سری مفروضات محدود مورد استفاده قرار می‌گیرد، یکی از این موارد این است که اوراق قرضه می‌بایست بعنوان اوراق قرضه با نرخ سود صفر در نظر گرفته شوند، در حالیکه اوراق قرضه در عمل سود دارد. با این وجود، نوسانات دارایی و بازده، بدون ریسک فرض می‌شوند که تحت این مفروضات ثابت باشند. در نتیجه الگوی مرتون بیشتر شبیه الگوی نظری است، در صورتی که در مبانی الگوی ایشان، کاربردهای تجربی زیادی وجود دارد. **باراث و شاموی<sup>۱۸</sup> (۲۰۰۸)** الگوی مرتون را با الگوی ساده ایشان مورد



مقایسه قرار دادند. نتایج نشان داد که الگوی اصلی و الگوی ساده توانائی پیش‌بینی خوبی دارند، اما الگوی ساده بهتر از الگوی اصلی بود.

### الگوی خطر زمان گسته

**شاموی (۲۰۰۱)** رویکرد متمایز چندمتغیره را الگوی ایستا نامید که معتقد بود برای پیش‌بینی ورشکستگی مناسب نبود. ویژگی‌های شرکت اغلب در مقاطع زمانی مختلف تغییر می‌کند، در حالی که مطالعات قبلی قصد داشتند تا داده‌ها را در یک نقطه زمانی خاص مانند یک سال قبل از ورشکستگی مشاهده کنند. بدین ترتیب، انتخاب غیرضروری و جانبدارانه با استفاده از داده‌های نقطه زمانی خاصی می‌تواند به وجود آید. در مطالعه ایشان، ۳۱۸۲ شرکت برای بازه زمانی ۱۹۶۲ الی ۱۹۹۲ انتخاب شده بودند که ۳۰۰ شرکت ورشکسته را نیز در بر می‌گرفت. سپس تخمین لجستیک را انجام داد که برای محاسبه حداکثر احتمال برای تعیین الگوی خطر زمانی گسسته می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. در مقایسه با الگوی ایستا، الگوی خطر زمانی گسسته می‌تواند بهتر ویژگی‌های پویای شرکت را در دوره‌های زمانی مختلف به جای یک سال قبل از ورشکستگی را منعکس کند. به خاطر اینکه عامل زمان در نظر گرفته شده، می‌توان داده‌های بیشتری در خصوص شرکت‌ها جمع‌آوری نمود تا تخمین دقیق‌تری انجام شود. به علاوه، شاموی معتقد است که متغیرهای حسابداری مورد استفاده در مطالعات گذشته برای توضیح ورشکستگی محدود بودند و بخشی از متغیرها با احتمال ورشکستگی ارتباط کمی داشتند. سپس، سه متغیر بازار دیگر بر الگو اضافه کرد که عبارتند از اندازه بازار، بازده سهام گذشته، انحراف از استاندارد و بازده سهام، این متغیرهای بازار نسبت به تغییر شرکت حساس‌تر بودند و الگو می‌تواند بهتر توضیح داده شود.

### الگوی چاوا و جارو

**چاوا و جارو (۲۰۰۴)** الگوی خطر زمان گسسته را مطالعه کردند. آن‌ها سه متغیر تازه بازار را شناسایی و به الگو افزودند. بازده اضافی (تفاوت بین بازده سهام شرکت و بازده بازار)، اندازه نسبی (نسبت ارزش بازار شرکت به ارزش بازار) و سیگما (نوسانات سهام). نتیجه مطالعه آنها نشان داد که الگوی خطر زمان گسسته شاموی نسبت به الگوی Z-Score آلتمن برتر است. بر خلاف شاموی، چاوا و جارو داده‌های سالانه، ماهانه را برای بهبود عملکرد الگوی مورد استفاده قرار دادند. به علاوه، دستاورد پژوهش آنها این بود که ابتدا آنها اثر نوع شرکت را به پیش‌بینی ورشکستگی بررسی کردند. با تقسیم‌بندی شرکت‌ها در چهار گروه، نهادها و مؤسسات مالی (مالی، بیمه و املاک)، حمل و نقل، ارتباطات و آب و برق، تولید و معدنی و سایر صنایع، آن‌ها دریافتند که نوع شرکت‌ها تأثیر با اهمیتی بر مقدار ثابت و ضرایب الگوهای پیش‌بینی داشت. از این‌رو، یک رویکرد برای بهینه‌سازی الگو، می‌تواند تعدیل الگو بر طبق انواع مختلف شرکت‌ها باشد.

### الگوی کمپیل و همکاران

بر اساس مطالعات **شاموی (۲۰۰۱)**، **چاوا و جارو (۲۰۰۴)** و دیگر مطالعات صورت گرفته، **کمپیل و همکاران (۲۰۰۸)** الگوی پیش‌بینی جدیدی را ارائه کردند. آن‌ها دو دستاورد بزرگ داشتند. اولین مورد، توسعه متغیرهای توضیحی است. مطالعات نشان می‌دهند که استفاده از ارزش بازار سهام بهتر از ارزش دفتری است که اغلب در

مطالعات گذشته مورد استفاده قرار گرفته است. به دلیل اینکه ارزش بازار حاوی آخرین اطلاعات بازار است که موفقیت شرکت را بهتر منعکس می‌کند. همچنین ارزیابی دارائی‌های نامشهود شرکت دقیق‌تر صورت می‌گیرد. با اتکا بر این نتایج، آن‌ها نسبت‌های سود خالص به کل دارائی و کل بدهی به کل دارائی با نسبت‌های سود خالص به ارزش بازار کل دارائی و کل بدهی به ارزش بازار کل دارائی جایگزین نمودند. مهم‌تر از همه، در الگوی کمپیل و همکاران، نسبت وجوه نقد و دارائی‌های کوتاه مدت به ارزش بازار کل دارائی‌ها به عنوان متغیر توضیحی منعکس کننده وضعیت نقدینگی شرکت به الگو اضافه شد.

الگوهای بیور، آلتمن (۱۹۶۸)، اوهلسون (۱۹۸۰) و چاوا و جارو (۲۰۰۴) به عنوان مرجع در بسیاری از پژوهش‌های پیش‌بینی ورشکستگی حسابداری محور به کار رفته‌اند و الگوهای مرتون (۱۹۷۴)، شام وی (۲۰۰۱)، کمپیل و همکاران (۲۰۰۸) در پژوهش‌های بازار محور پیش‌بینی ورشکستگی به عنوان الگوی بسیاری از محققان قرار گرفته‌اند. در الگوهای مذکور از انواع متغیرها استفاده شده است در الگوی کمپیل و همکاران سعی شده است تا متغیرهای الگوی چاوا و جارو بر اساس ارزش بازاری ارقام تعدیل شوند. در ایران در پژوهش‌های متعددی که برای پیش‌بینی ورشکستگی بکار رفته‌اند انواع الگوها مورد بررسی قرار گرفته‌اند اما هرگز در مطالعات قبلی الگوهای چاوا و جارو (۲۰۰۴) و الگوی کمپیل و همکاران (۲۰۰۸) مورد بررسی قرار نگرفته‌اند. الگوی چاوا و جارو (۲۰۰۴) از متغیرهای حسابداری محور استفاده کرده و کمپیل و همکاران (۲۰۰۸) متغیرهای الگوی چاوا و جارو (۲۰۰۴) را بر اساس ارزش‌های بازاری ارقام ترازنامه‌ای تعدیل نموده و الگوی جدید خود را ارائه داده‌اند در این پژوهش قصد داریم برای اولین بار این دو الگو را بر اساس داده‌های بازار سرمایه ایران بررسی نموده و با تعدیل متغیرها، مناسب‌ترین الگو برای محیط اقتصادی ایران معرفی می‌گرد.

### پیشینه پژوهش‌های داخلی

**حسینی و رشیدی (۱۳۹۲)** در پژوهشی به پیش‌بینی ورشکستگی شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از درخت تصمیم و رگرسیون لجستیک پرداخته‌اند. نمونه آنها شامل ۹۸ شرکت به عنوان سالم و ۴۶ شرکت به عنوان ورشکسته و بازه زمانی آن ۱۳۷۸ الی ۱۳۸۹ است. در الگوی رگرسیون لجستیک، آن‌ها نتیجه‌گیری کرده‌اند تأثیرگذارترین متغیرها در سال  $t$  نسبت بازده دارائی‌ها و بازده حقوق صاحبان سهام است و در سال  $t-1$  نسبت بازده دارائی‌ها و بازده حقوق صاحبان سهام و در سال  $t-2$  نسبت بازده حقوق صاحبان سهام تأثیرگذارترین متغیرها هستند و همچنین الگوی رگرسیون لجستیک از دقتی برابر با  $98/83$  درصد برخوردار بوده است. در الگوی درخت تصمیم؛ آنها نتیجه‌گیری کرده‌اند تأثیرگذارترین متغیرها در سال  $t-1$  نسبت بدهی، نسبت بازده دارائی‌ها، سود عملیاتی به کل دارائی‌ها، حاشیه سود عملیاتی است و همچنین تأثیرگذارترین متغیرها در سال  $t-2$  نسبت بازده دارائی‌ها، سود عملیاتی به کل دارائی‌ها، حاشیه سود عملیاتی و نسبت بدهی‌ها است.

**صالحی و عظیمی (۱۳۹۵)** در مقاله‌ای به مقایسه قدرت پیش‌بینی ورشکستگی الگوی خطر شام وی (۲۰۰۱) با الگوی حسابداری پورحیدری و کویانی حاجی (۱۳۸۹) پرداختند. آن‌ها نمونه مورد آزمون خود را از بین شرکت‌های غیرمالی بورس اوراق بهادار تهران (تعداد ۲۴۲ شرکت که شامل ۲۲۸۱ سال-شرکت در بازه زمانی

۱۳۸۲ تا ۱۳۹۳) انتخاب کرده بودند. آن‌ها برای آزمون فرضیه خود از منحنی مشخصه عملکرد سیستم (ROC) استفاده کرده‌اند و نتیجه‌گیری کرده‌اند که الگوی خطر شام‌وی (۲۰۰۱) در مقایسه با الگوی حسابداری پورحیدری و کوپائی حاجی (۱۳۸۹) و الگوی ب‌اس و شام‌وی دقت بیشتری در پیش‌بینی ورشکستگی شرکت‌ها دارد. همچنین مناسب بودن الگوی شام‌وی (۲۰۰۱) با معنادار شدن رگرسیون لجستیک در سطح ۱ درصد اثبات گردیده است.

**محسنی و رحیمیان (۱۳۹۷)** در پژوهشی با بهره‌گیری از کارآیی به عنوان یک متغیر پیش‌بینی‌کننده مبتنی بر رهیافت پنل دیتا لاجیت به بررسی عوامل مؤثر بر ورشکستگی پرداختند. آن‌ها در پژوهش خود از ۲۴ نسبت مالی به عنوان متغیرهای توضیحی استفاده کرده‌اند که این متغیرها شامل شاخص‌های ثبات، رشد، سودآوری، فعالیت و کارآیی هستند. آن‌ها با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها متغیر کارآیی را محاسبه و در کنار سایر متغیرهای توضیحی وارد الگو کرده‌اند و در نهایت برای بررسی نقش متغیر کارآیی در دقت پیش‌بینی الگو، الگوی رگرسیون پنل لاجیت یک بار بدون متغیر کارآیی و بار دیگر با حضور متغیر کارآیی برآزش می‌شود. نتیجه پژوهش آن‌ها نشان دهنده این است که متغیرهای نسبت‌های مالی، نسبت‌های آئی، نسبت سرمایه در گردش به کل دارائی‌ها و نسبت بازده کل دارائی‌ها در مقایسه با سایر متغیرهای توضیحی تأثیر بیشتری در معناداری الگو دارد و از بین متغیرهای کارآیی، متغیر کارآیی با بازده ثابت نسبت به مقیاس در الگو معنادار شده است.

**حاجی هاشم و امیرحسینی (۱۳۹۸)** در مقاله‌ای با استفاده از نسبت‌های مالی و شاخص‌های راهبری شرکتی اقدام به پیش‌بینی شرکت‌های ورشکسته کرده‌اند. آن‌ها از ۴۰ نسبت شامل ۳۱ نسبت مالی و ۹ نسبت راهبری شرکتی و با روش‌های ماشین بردار، شبکه عصبی مصنوعی، شبکه عصبی مصنوعی بهینه شده با الگوریتم ژنتیک و رگرسیون لجستیک اقدام به پیش‌بینی شرکت‌های ورشکسته نموده‌اند. و در نهایت نتیجه‌گیری کرده‌اند که شبکه عصبی مصنوعی بهینه شده با الگوریتم ژنتیک نسبت به سایر روشها از دقت بالایی برخوردار است.

**وزیری (۱۳۹۹)** در پژوهشی با استفاده از دو تکنیک رگرسیون لجستیک و جنگل‌های تصادفی و با استفاده از نسبت‌های مالی اقدام به پیش‌بینی ورشکستگی شرکت‌ها نموده است. نتایج مطالعه وی نشان می‌دهد که روش جنگل‌های تصادفی در مقایسه با رگرسیون لجستیک از دقت بالاتری برای تشخیص شرکت‌های ورشکسته از غیرورشکسته برخوردار است.

**دباغ و شیخ بیگلو (۱۳۹۹)** در پژوهشی با استفاده از رگرسیون لجستیک و نسبت‌های مالی با الگوهای شبکه عصبی مصنوعی و فالمر در دوره زمانی ۷ ساله اقدام به پیش‌بینی ورشکستگی شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران پرداختند. آن‌ها در الگوهای خود از متغیرهای نسبت بدهی به حقوق صاحبان سهام، سود قبل از بهره و مالیات، جمع بدهی‌ها به جمع دارایی‌ها، حساب‌های دریافتی به فروش، سود خالص بر دارایی‌ها، بدهی‌های بلندمدت به دارایی‌ها، سرمایه در گردش و سود خالص به فروش استفاده کرده‌اند. در نهایت آن‌ها نتیجه‌گیری کرده‌اند دقت الگوی شبکه عصبی مصنوعی از دقت الگوی فالمر بالاتر است و همچنین در بین

نسبت‌های استفاده شده حساب‌های دریافتی به فروش بیشترین سهم و نسبت بدهی به حقوق صاحبان سهام کمترین نقش را در پیش‌بینی ورشکستگی دارد.

### پیشینه پژوهش‌های خارجی

کو و همکاران (۲۰۲۱) یک الگوی پیش‌بینی ورشکستگی برای شرکت‌های کوچک و متوسط پیشنهاد کردند که از داده‌های تراکنش و متغیرهای مبتنی بر شبکه پرداخت تحت سناریویی استفاده می‌کند که در آن هیچ داده مالی (حسابداری) مورد نیاز نیست. آن‌ها در مطالعه خود از دو مجموعه داده برای پیش‌بینی ورشکستگی استفاده کردند. یک مجموعه داده حاوی اطلاعات پایه برای بیش از ۳۵۰۰۰۰۰ شرکت کوچک و متوسط، از جمله نوع شرکت، صنعت، وضعیت عملیاتی (ورشکسته یا فعال)، سهامداران (مدیران ارشد) و غیره است. مجموعه داده دیگر حاوی اطلاعات تراکنش و پرداخت برای بیش از ۱۷۰۰۰۰ شرکت کوچک و متوسط است. اطلاعاتی مانند تراکنش‌های روزانه، دستمزدها، پرداخت‌های مالیاتی و سایر سوابق مربوط به عملیات روزانه در این مجموعه داده گنجانده شده است. نتایج مطالعه آن‌ها نشان می‌دهد الگوی پیشنهادی عملکرد دسته‌بندی مشابهی را در مجموعه اصلی و مجموعه آزمایشی به دست آورد. در نهایت، ارزیابی اهمیت ویژگی‌ها در زیرمجموعه بهینه، اهمیت داده‌های تراکنش و متغیرهای مبتنی بر شبکه پرداخت را برای پیش‌بینی ورشکستگی تأیید کرد.

دو ژاردین<sup>۱۹</sup> (۲۰۲۱) روشی را پیشنهاد کرد که بر الگوسازی خاصی از تاریخچه شرکت با استفاده از شبکه‌های عصبی خودسازمانده و تقسیم‌بندی فضای داده تکیه می‌کند، و این امکان را فراهم می‌کند تا زیرمجموعه‌هایی از شرکت‌هایی را که در طول زمان از نظر تکامل مالی وضعیت مشترکی دارند، مشخص کنیم. او به منظور کنترل تأثیر محیط اقتصادی بر دقت مدل، داده‌ها را در یک دوره طولانی، از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۶ جمع‌آوری کرد. این داده‌ها به ۸ نمونه تقسیم شدند که مطابق با ۴ نمونه یادگیری و ۴ نمونه آزمایشی بود. وی متغیرهای پژوهش را از ترازنامه و صورت سود و زیان جمع‌آوری کرد. او دو نوع مدل، الگوهای مبتنی بر مجموعه و الگوهای پویا طراحی کرد و پیش‌بینی‌ها با استفاده از سه معیار عملکرد برآورد شدند. در نهایت او به دنبال اثبات این است که روش پویایی که معرفی می‌کند بهتر از روش‌های سنتی کار می‌کند و کاربردی‌تر است.

آلاکارا<sup>۲۰</sup> و همکاران (۲۰۱۸) به بررسی ۴۹ مقاله چاپ شده مابین سال‌های ۲۰۱۰ الی ۲۰۱۵ در ارتباط با مطالعات پیش‌بینی ورشکستگی پرداختند و بررسی کردند که چگونه هشت ابزار محبوب و امیدوارکننده بر اساس ۱۳ معیار کلیدی در مطالعات پژوهشی الگوهای پیش‌بینی ورشکستگی به کار رفته‌اند. این ابزارها شامل دو ابزار آماری است: تحلیل تفکیک چندگانه و رگرسیون لجستیک. و شش ابزار هوش مصنوعی: شبکه عصبی مصنوعی، ماشین‌های بردار پشتیبان، مجموعه‌های خشن، استدلال مبتنی بر مورد، درخت تصمیم و الگوریتم ژنتیک. ۱۳ معیار شناسایی شده عبارتند از: دقت، شفافیت نتیجه، خروجی کاملاً قطعی، قابلیت اندازه داده، پراکندگی داده، روش انتخاب متغیر مورد نیاز، انواع متغیرهای قابل اجرا، و موارد دیگر. به طور کلی، مشخص شد که هیچ ابزار واحدی در مقایسه با ۱۳ معیار شناسایی شده، عمدتاً بهتر از سایر ابزارها نیست. همچنین آنها نتیجه‌گیری می‌کنند که یک الگوی عملکرد کلی بهتر را می‌توان تنها با ادغام آگاهانه ابزارها برای تشکیل یک الگوی ترکیبی یافت.

وو<sup>۲۱</sup> و همکاران (۲۰۱۰) در پژوهشی پنج الگوی کلیدی ورشکستگی که شامل الگوهای آلتمن (۱۹۶۸)، اوهلسون (۱۹۸۰)، زمیجوسکی<sup>۲۲</sup> (۱۹۸۴)، شام وی (۲۰۰۱) و هلگیست و همکاران<sup>۲۱</sup> (۲۰۰۴) را با استفاده از مجموعه داده‌های به‌روز آزمایش کرده‌اند. یافته‌های آنها نشان می‌دهد که هر کدام از الگوهای مذکور حاوی اطلاعات منحصر به فردی در مورد پیش‌بینی احتمال ورشکستگی هستند، اما عملکرد آنها در طول زمان متفاوت است. آن‌ها یک الگوی جدید متشکل از متغیرهای کلیدی از هر یک از پنج الگو ساخته‌اند و یک متغیر جدید به الگوی خودشان اضافه کرده‌اند که نشان‌دهنده درجه تنوع در شرکت است. نتایج پژوهش آنها نشان می‌دهد درجه تنوع با خطر ورشکستگی ارتباط منفی دارد. الگوی کلی آنها از الگوهای موجود در انواع تست‌های درون نمونه و خارج از نمونه عملکرد بهتری دارد.

در تمامی پژوهش‌های گذشته برای استفاده از ارزش بازاری متغیرهای مورد استفاده، از متغیرهای بازار سرمایه استفاده شده است و در صورتیکه بازار سرمایه از کارآیی کافی برخوردار نباشد قابلیت اتکای داده‌های پژوهش مورد تردید خواهد بود. به طور کلی مهمترین متغیرهایی که از بازار سرمایه استخراج شده و در پژوهش‌های پیش‌بینی ورشکستگی استفاده شده‌اند عبارتند از قیمت سهام<sup>۲۴</sup> و نسبت‌های مستخرج از آن مانند نسبت قیمت بر عایدی هر سهم<sup>۲۵</sup>، نسبت قیمت بر سود تقسیمی<sup>۲۶</sup> و حجم معاملات صورت گرفته و یا از سایر شاخص‌های تابلویی استفاده شده است و با توجه به اینکه بازار سرمایه ایران از اندازه قابل ملاحظه‌ای برخوردار نیست و همچنین نتایج پژوهش‌های پیشین نشان می‌دهد در بازار سرمایه ایران رفتارهای هیجانی و خریدهای باری به هر جهت از حجم قابل ملاحظه‌ای برخوردار هستند لذا اطلاعات بازاری استخراجی از تابلوها و روند قیمتی سهام در بازار سرمایه ایران نشان دهنده ارزش بازاری واقعی شرکت‌ها نیستند به همین جهت در این مقاله برای اولین بار در ایران علاوه بر استفاده از داده‌های بازار سرمایه از ارزش بازاری ارقام ترازنامه‌ای به عنوان جایگزین مناسب برای برخی از متغیرهای بازاری استفاده شده است که در هیچ‌کدام از پژوهش‌های قبلی مرتبط چنین کاری صورت نگرفته است. علاوه بر آن برای اندازه‌گیری و سنجش دقت الگوهای پیش‌بینی از نمودار ROC استفاده شده است در پژوهش‌های قبلی نمونه‌های پژوهش به دو گروه نمونه‌های اصلی و نمونه‌های آزمایش تقسیم شده‌اند و این عمل باعث کاهش حجم نمونه‌های اصلی می‌شود که در نهایت باعث کاهش قدرت برازش الگوهای استخراجی از پژوهش می‌شود در حالیکه در پژوهش حاضر حجم نمونه‌های اصلی حفظ شده است و دقت الگو با استفاده از نمودار ROC اندازه‌گیری شده است که باعث افزایش دقت الگوی استخراجی می‌شود.

### فرضیات پژوهش

با توجه به اینکه الگوی چاوا و جارو ترکیبی از متغیرهای حسابداری و بازار را توأم در نظر می‌گیرد و الگوی کمپل و همکاران متغیرهای حسابداری را براساس ارزش بازاری دارائی‌ها تعدیل می‌کند و در واقع متغیرهای بازار و متغیرهای حسابداری تعدیل شده بر اساس ارزش بازاری دارائی‌ها را در نظر می‌گیرد؛ لذا فرضیات پژوهش حاضر به صورت زیر تدوین می‌شود:

الف) متغیرهای ترکیبی حسابداری محور و بازار محور استفاده شده در الگوی چاوا و جارو برای پیش‌بینی ورشکستگی شرکت‌ها در ایران مناسب است.

ب) متغیرهای ترکیبی حسابداری محور تعدیل شده بر اساس ارزش بازاری دارایی‌ها و بازار محور استفاده شده در الگوی کمپبل و همکاران برای پیش‌بینی ورشکستگی شرکت‌ها در ایران مناسب است.

ج) برای پیش‌بینی ورشکستگی شرکت‌ها در ایران متغیرهای حسابداری محور در مقایسه با متغیرهای بازار محور از مناسب‌تر است.

### روش پژوهش

#### نحوه انتخاب نمونه و جمع‌آوری داده‌های پژوهش

ابتدا، تمام شرکت‌های غیرمالی و غیربانکی و غیرسرمایه‌گذاری که در طی یک دوره ۱۳ ساله از سال ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۷ در بورس و فرابورس اوراق بهادار ایران پذیرفته شده‌اند در این پژوهش در نظر گرفته شدند. به دلیل استفاده از روش پانل برای تحلیل داده‌ها که نیازمند نداشتن داده گمشده در بین داده‌های متغیرهای پژوهش است، شرکت‌هایی که داده‌های بیش از سه سال مربوط به متغیرهای پژوهش برای آن‌ها در دسترس نبود از پژوهش حذف شدند. هم‌چنین، در پایان، پس از پالایش داده‌ها بر اساس مطالب بالا، مجموعه داده‌های این پژوهش شامل ۱۸۸ شرکت و ۲۴۴۴ مشاهده سال‌شرکت است. از بین کل تعداد مشاهدات، ۳۰۴ مشاهده سال‌شرکت به عنوان شرکت‌های ورشکسته (۱۲/۴۳ درصد) طبقه‌بندی است.

#### الگوهای پژوهش

برای ارزیابی کارکرد الگوهای پیش‌بینی ورشکستگی دو الگوی منتخب که الگوی چاوا و جارو و الگوی کمپبل و همکاران هستند را برای مطالعه تطبیقی انتخاب می‌کنیم تا ارزیابی کنیم که کدام یک از انواع الگوها برای پیش‌بینی ورشکستگی در ایران مناسب‌تر است. برای انجام این پژوهش دو رویکرد برای ارزیابی عملکرد این دو الگو می‌تواند انتخاب شود. احتمال ورشکستگی بوسیله تابع رگرسیون لجستیک مورد بررسی قرار می‌گیرد. رگرسیون لجستیک الزامات توزیعی خاصی ندارد بنابراین بطور گسترده می‌تواند مورد استفاده قرار گرفته و تخمین قوی‌تری به دست آورد، بعلاوه احتمال ورشکستگی در این مورد به آسانی و بطور مستقیم قابل دستیابی است. رویکرد دیگر روش تاییدات، تکنیک تأیید منحنی مشخصه عملکرد (ROC) مورد استفاده قرار خواهد گرفت که برای رتبه‌بندی الگوها مورد استفاده قرار می‌گیرند که در ادامه هر کدام توضیح داده می‌شود.

**رگرسیون لجستیک:** فرمول معمول رگرسیون لجستیک عبارت است از:

$$Y_{it} = a + B_j X_{ijt-1} \quad (1)$$

$$P_{t-1}(Y_{it} = 1) = \exp(a + B_j X_{ijt-1})$$

که در آن  $Y_{it}$  متغیر مجازی که نشان دهنده ورشکستگی شرکت  $i$  است.  $Y_{it} = 1$  به این معنی است که شرکت  $i$  در زمان  $t$  ورشکسته شده است.  $Y_{it} = 0$  به این معنی است که شرکت  $i$  در زمان  $t$  ورشکسته نشده است.



$X_{ijt-1}$ ، معرف متغیرهای مستقل شرکت  $i$  را در زمان  $t-1$  است.  $\alpha$  مقدار ثابت است.  $\beta_j$  ضریب رگرسیون است.  $\varepsilon_{it-1}$  عبارت خطا است.  $P_{t-1}(Y_{it}=1)$  پیش‌بینی احتمال ورشکستگی است.

برای دقیقتر بودن، ده متغیر مستقل در دو الگوی چاوا و جارو، ۲۰۰۴؛ الگوی کمپیل و همکاران، ۲۰۰۸) به طور جداگانه و به شکل زیر ارائه شده است.  
الگوی چاوا و جارو (۲۰۰۴)

$$P_{t-1}(Y_{it}=1) = \frac{1}{1 + \exp(-\alpha - \beta_1 TLTA - \beta_2 NITA - \beta_3 SIGMA - \beta_4 EXRET - \beta_5 RSIZE)} \quad (2)$$

الگوی کمپیل و همکاران (۲۰۰۸)

(۳)

$$P_{t-1}(Y_{it}=1)$$

1

$$1 + \exp(-\alpha - \beta_1 TMTA - \beta_2 NIMTA - \beta_3 CASHMTA - \beta_4 SIGMA - \beta_5 EXRET - \beta_6 RSIZE - \beta_7 MB - \beta_8 PRICE)$$

که در الگوهای بالا متغیرهای توضیحی به ترتیب به شرح زیر هستند:

NITA = سود خالص تقسیم بر کل دارایی‌ها (NI/TA)

TLTA = کل بدهی‌ها تقسیم بر کل دارایی‌ها (TL/TA)

SIGMA = نوسانات بازده سهام

EXRET = تفاوت بین بازده شرکت و بازده بازار

RSIZE = ارزش دفتری حقوق صاحبان سهام تقسیم بر ارزش بازار سهام

NIMTA = سود خالص تقسیم بر ارزش بازاری کل دارایی‌ها (NI/MTA)

TLMTA = کل بدهی‌ها تقسیم بر ارزش بازاری کل دارایی‌ها (TL/MTA)

SIGMA = نوسانات قیمت سهام شرکت

EXRET = تفاوت بین بازده شرکت و بازده بازار

RSIZE = لگاریتم ارزش دفتری حقوق صاحبان سهام تقسیم بر ارزش بازار سهام

CASHMTA = وجه نقد و دارایی‌های کوتاه مدت تقسیم بر ارزش بازار کل دارایی‌ها

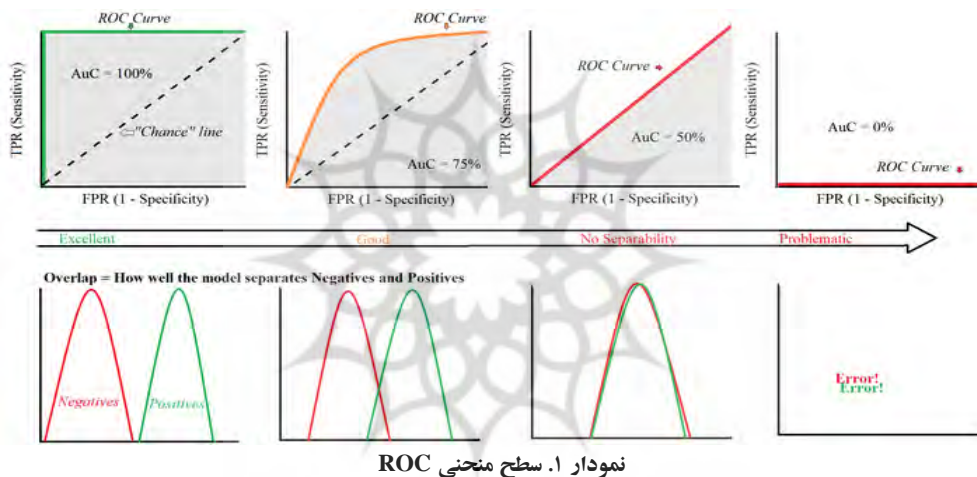
MB = ارزش بازار سهام شرکت تقسیم بر ارزش دفتری سهام شرکت

PRICE = لگاریتم قیمت هر سهم

برخی از متغیرهای بالا که در نرم‌افزارهای بورسی مانند ره‌آرود نوین صحرا و در سایت کدال و سایر سایت‌های بورس تهران و همچنین سایت خود شرکت در دسترس است. و سایر نسبت‌ها از صورت‌های مالی شرکت و یادداشت‌های همراه صورت‌های مالی و همچنین از آرشیو اطلاعات مربوط به قیمت بازار سهام شرکت و قیمت بازار کل سرمایه قابل استخراج است.

## نحوه ارزیابی الگوهای پژوهش

منحنی مشخصه عامل گیرنده (ROC): یک نمودار گرافیکی است که توانایی تشخیص یک سیستم طبقه‌بندی جفتی را وقتی که آستانه تشخیص آن متنوع است به تصویر می‌کشد. در این پژوهش، از آن برای ارزیابی توانایی پیش‌بینی الگو استفاده خواهیم کرد. محور Y نرخ واقعی مثبت را نشان می‌دهد و به عنوان وضعیتی تعریف شده است که شرکت پیش‌بینی می‌شود ورشکسته باشد و در واقعیت نیز ورشکسته باشد. محور X بیانگر نرخ مثبت کاذب است و به وضعیتی اشاره دارد که در آن شرکت ورشکسته پیش‌بینی شده باشد اما در واقعیت ورشکسته نباشد. همان الگو در انواع آستانه‌های احتمال ورشکستگی مانند ۰.۹۰٪ و ۰.۵۰٪ به شکل متفاوت عمل خواهد کرد. اگر منحنی در روند صعودی تصادفی قرار داشته باشد، الگوی مربوطه نشان می‌دهد پیش‌بینی ورشکستگی نسبتاً دقیق بوده است. هر چه منحنی به سمت گوشه سمت چپ بالای منحنی، نزدیک‌تر باشد، پیش‌بینی ورشکستگی دقیق‌تر است (هاسمر و لمزبو، ۱۹۸۰).



AUC ناحیه زیرمنحنی است و معمولاً به ناحیه زیرمنحنی ROC اطلاق می‌شود. AUC را می‌توان محدوده کل نقاط ممکن، قابلیت الگو در تفکیک شرکت‌های ورشکسته و شرکت‌های سالم در نظر گرفت. مقدار AUC از ۰ تا ۱ متغیر است. هاسمر و لمزبو (۱۹۸۰) شرح مفصلی از AUC را ارائه دادند. اگر مقدار AUC زیر ۰/۵ باشد، الگوی پیش‌بینی کننده قادر به شناسایی دو نوع شرکت نیست. وقتی مقدار AUC بین ۰/۵ و ۰/۷ باشد، توانایی پیش‌بینی الگوی متوسط است. اگر مقدار AUC بین ۰/۷ تا ۰/۸ باشد، پیش‌بینی الگوی خوب است. اگر مقدار AUC بیش از ۰/۸ باشد، در حالت نرمال، این الگو توانایی پیش‌بینی قوی دارد.

## یافته‌های پژوهش

ابتدا آمار توصیفی مربوط به متغیرهای مستقل پژوهش گزارش می‌شود. در ادامه، نتایج اجرای الگوی رگرسیون لجستیک داده‌های تابلویی (دو الگوی بیان شده) برای پیش‌بینی احتمال ورشکستگی شرکت‌ها بر اساس این متغیرها استفاده می‌شود. سپس با استفاده از منحنی ROC الگوی قوی‌تر و دقیق‌تر معرفی می‌شود.

**الگوی چاوا و جارو (۲۰۰۴):** در این الگو متغیر وابسته وضعیت ورشکستگی شرکت‌ها (۱ برای شرکت‌های ورشکسته و ۰ برای شرکت‌های غیرورشکسته) بوده و متغیرهای مستقل شامل پنج متغیر نسبت کل بدهی‌ها به کل دارایی‌ها (TLTA)، سود خالص تقسیم بر کل دارایی‌ها (NITA)، نوسانات بازده قیمت سهام (SIGMA)، تفاوت بین بازده سهام شرکت و بازده بازار (EXRET) و ارزش دفتری حقوق صاحبان سهام بر ارزش بازار سهام شرکت (RSIZE) هستند. آمار توصیفی مربوط به این متغیرهای مستقل در جدول ۱ گزارش شده است.

جدول ۱. آمار توصیفی متغیرهای مستقل الگوی چاوا و جارو

شرکت‌های غیر ورشکسته							
متغیر	میانگین	انحراف معیار	کمینه	بیشینه	میانه	چولگی	کشیدگی
TLTA	۰/۵۹	۰/۱۸۵	۰/۰۵۶	۰/۹۷۴	۰/۶۱۲	-۰/۴۰۸	۲/۶۵۳
NITA	۰/۱۱۷	۰/۱۲۹	-۰/۲۴۹	۲/۱۰۱	۰/۰۹۴	۲/۵۹۳	۳۰/۵۱۴
SIGMA	۰/۱۳۲	۰/۱۳۲	۰/۰۰	۳/۰۲۸	۰/۱۱۱	۸/۵۸۸	۱۴۴/۱۶۳
EXRET	-۰/۸۴۱	۱۴۰/۱۱۸	-۷۳۷/۷۷۹	۲۸۹/۵۴۸۶	-۸/۵۸۴	۲۸/۳۶۶	۶۳۸/۱۱۰۶
RSIZE	۰/۶۸۱	۰/۶۴۸	-۰/۱۱	۱۲/۰۵۴	۰/۵۳	۷/۹۳۳	۱۱۷/۴۴۳
شرکت‌های ورشکسته							
TLTA	۱/۲۹۴	۰/۸۲۹	۰/۱۲۶	۸/۰۱۹	۱/۰۵۶	۳/۹۶	۲۵/۲۸۵
NITA	-۰/۱۳۸	۰/۲۰۵	-۱/۱۹۱	۰/۲۸۹	-۰/۰۹۸	-۲/۱	۷۳۴/۹
SIGMA	۰/۱۵۴	۰/۱۵۹	۰/۰۰	۰/۹۶۹	۰/۱۲۴	۱/۹۷۷	۸/۵۵۲
EXRET	-۲۳/۳۹۴	۹۹/۷۴۳	-۷۸۹/۵۳	۸۷۵/۳۹۰	-۲۱/۶۷۶	-۲/۵۹۱	۲۳/۳۵۷
RSIZE	-۱/۱۴۹	۳/۳۸۹	-۲۲/۹۶۹	۶/۵۹۵	-۰/۱۲۳	-۳/۵۷	۱۸/۸۹۵
تمام شرکت‌ها							
TLTA	۰/۶۷۷	۰/۴۱	۰/۰۵۶	۸/۰۱۹	۰/۶۴	۶/۵۵۸	۸۳/۶۱۷
NITA	۰/۰۸۵	۰/۱۶۴	-۱/۱۹۱	۲/۱۰۱	۰/۰۷۸	-۰/۱۷۸	۱۹/۵۶۱
SIGMA	۰/۱۳۵	۰/۱۳۶	۰/۰۰	۳/۰۲۸	۰/۱۱۲	۷/۳۲۲	۱۱۴/۳۷۱
EXRET	-۶/۲۵۶	۸۸۷/۱۳۵	-۷۸۹/۵۳	۲۸۹/۵۴۸۶	-۲۶۵/۱۰	۲۷/۱۳۹	۶۵۸/۱۰۹۸
RSIZE	۰/۴۵۵	۱/۴۶۵	-۹۶۹/۲۲	۱۲/۰۵۴	۰/۴۸۵	-۷/۰۸۵	۹۹/۵۶۹

منبع: یافته‌های پژوهش

برای الگوبندی داده‌ها با الگوی چاوا و جارو که همان رگرسیون لجستیک پنلی است، چون آماره کای-دو آزمون هاسمن برابر ۳۰/۲۹ و  $p$ -مقدار آن برابر ۰/۰۰۰ به دست آمد، استفاده از رگرسیون لجستیک با اثرات ثابت برای الگوبندی داده‌های این پژوهش مناسب است.

بنابراین الگوی چاوا و جارو برای پیش‌بینی احتمال ورشکستگی شرکت  $i$  در سال  $t$  یعنی  $P(Y_{it}=1)$  بر اساس

پنج متغیر مستقل بیان شده و داده‌های این پژوهش به صورت زیر است:

$$P(Y_{it} = 1) = \frac{1}{1 + \exp(B_1)} \quad (۴)$$

که در آن

$$B_1 \quad TLTA_{i,t-1} \quad NITA_{i,t-1} \quad SIGMA_{i,t-1} \quad EXRET_{i,t-1} \quad RSIZE_{i,t-1}$$

نتایج اجرای الگوی چاو و جارو (۱) در نرم‌افزار STATA در جدول ۲ گزارش شده است. چون  $p$ -مقدار آزمون نسبت درستی (LR) برابر صفر و کوچکتر از ۰/۰۵ است، بنابراین مناسب بودن الگوی رد نشده و استفاده از این الگو برای تحلیل داده‌های پژوهش مناسب است. همچنین، چون مقدار شبه مجذور  $R$  الگو برابر ۰/۶۳۶ است، بنابراین ۶۳/۶ درصد تغییرات احتمال ورشکستگی شرکت‌ها توسط متغیرهای مستقل تبیین می‌شود. همچنین، تنها سه متغیر نسبت کل بدهی‌ها به کل دارایی‌ها (TLTA)، سود خالص تقسیم بر کل دارایی‌ها (NITA) و نوسانات بازده قیمت سهام (SIGMA) در سطح اطمینان ۹۵ تأثیر معناداری بر احتمال ورشکستگی شرکت‌ها داشته‌اند. به علاوه، دو متغیر مستقل دیگر این مدل، بر احتمال ورشکستگی تأثیر معناداری نداشته‌اند.

جدول ۲. نتایج اجرای الگوی چاو و جارو (۱)

Conditional fixed-effects logistic regression						
Bankruptcy	ضریب	نسبت بخت‌ها	خطای استاندارد	t-مقدار	p-مقدار	تأثیر گذاری
TLTA	۹/۸۹۳	۱۹۷۹۴/۹۵۳	۱/۳۹۹	۷/۰۷	۰/۰۰	تأثیر مثبت و معنادار دارد
NITA	-۱۲/۲۹۹	۰/۰۰	۱/۸۸۴	-۶/۵۳	۰/۰۰	تأثیر منفی و معنادار دارد
SIGMA	۲/۵۴۸	۱۲/۷۸۱	۱/۱۳۷	۲/۲۴	۰/۰۲۵	تأثیر مثبت و معنادار دارد
EXRET	۰/۰۰	۱	۰/۰۰۱	-۰/۶۰	۰/۵۴۵	تأثیر معناداری ندارد
RSIZE	-۰/۰۳۳	۰/۹۶۸	۰/۲۴۴	-۰/۱۳	۰/۸۹۳	تأثیر معناداری ندارد
	Mean dependent var	۰/۳۳۲		SD dependent var	۰/۴۷۱	
	Pseudo r-squared	۰/۶۳۶		Number of obs	۹۱۰/۰۰۰	
	Chi-square	۴۸۵/۶۳۱		Prob > chi2	۰/۰۰	
	Akaike crit. (AIC)	۲۸۸/۰۵۲		Bayesian crit. (BIC)	۳۲/۱۲۰	

منبع: یافته‌های پژوهش

مقدار ضریب رگرسیونی برای سود خالص تقسیم بر کل دارایی‌ها (NITA) برابر -۱۲/۲۹۹ است، لذا این متغیر تأثیر منفی بر احتمال ورشکستگی شرکت‌ها دارد، بدین مفهوم که افزایش مقدار این متغیر باعث کاهش بسیار زیاد احتمال ورشکستگی شرکت‌ها می‌شود. به طور مشابه، مقدار ضریب رگرسیونی برای دو متغیر نسبت کل بدهی‌ها به کل دارایی‌ها (TLTA) و نوسانات بازده قیمت سهام (SIGMA) به ترتیب برابر ۱۹۷۹۵ و ۱۲/۷۸ است، لذا این دو متغیر تأثیر مثبتی بر احتمال ورشکستگی شرکت‌ها دارد. با توجه به نسبت ضریب‌ها برای هر متغیر، می‌توان این چنین نتیجه‌گیری کرد که مهم‌ترین و تأثیرگذارترین متغیرها در تعیین ورشکستگی یا عدم ورشکستگی شرکت‌ها به ترتیب سود خالص تقسیم بر کل دارایی‌ها، نسبت کل بدهی‌ها به کل دارایی‌ها و نوسانات بازده قیمت سهام هستند.

با توجه به مطالب بیان شده، در نهایت، الگوی چاو و جارو برای داده‌های پژوهش به صورت زیر است:

$$P(Y_{it} = 1) = \frac{1}{1 + \exp(B_1)} \quad (۵)$$

که در آن

$$B_1 \quad 9.893 * TLTA_{i,t} \quad 12.299 * NITA_{i,t} \quad 2.548 * SIGMA_{i,t}$$

**الگوی کمپیل و همکاران (۲۰۰۸):** در این الگوی متغیر وابسته وضعیت ورشکستگی شرکت‌ها و متغیرهای مستقل شامل هشت متغیر کل بدهی‌ها تقسیم بر ارزش بازاری کل دارایی‌ها (TLMTA)، سود خالص تقسیم بر ارزش بازاری کل دارایی‌ها (NIMTA)، وجه نقد و دارایی‌های آنی تقسیم بر ارزش بازاری کل دارایی‌ها (CASHMTA)، نوسانات بازده قیمت سهام (SIGMA)، تفاوت بین بازده سهام شرکت و بازده بازار (EXRET)، ارزش دفتری حقوق صاحبان سهام بر ارزش بازار سهام شرکت (RSIZE)، ارزش بازار سهام شرکت تقسیم بر ارزش دفتری سهام شرکت (MB) و لگاریتم قیمت هر سهم (PRICE) هستند. آمار توصیفی مربوط به این متغیرهای مستقل در جدول ۳ گزارش شده است.

جدول ۳. آمار توصیفی متغیرهای مستقل الگوی کمپیل و همکاران

شرکت‌های غیر ورشکسته							
متغیر	میانگین	انحراف معیار	کمینه	بیشینه	میانه	چولگی	کشیدگی
TLMTA	۰/۴۶۵	۰/۲۲۱	۰/۰۲۸	۱	۰/۴۶۲	۰/۱۲۵	۲/۲۲۱
NIMTA	۰/۰۷۷	۰/۱	-۰/۳۲۴	۲/۲۴۴	۰/۰۷۱	۸/۸۹۹	۱۷۵/۰۶۲
CASHMTA	۰/۲۹۳	۰/۱۷	۰/۰۰۸	۱/۷۰۷	۰/۲۷۱	۱/۲۸۸	۷/۵۱
MB	۰/۲۷۹	۱/۷۰۵	۰/۰۰۰	۲۵/۸۲۴	۱/۸۶۹	۳/۲۵۵	۲۷/۸۹۴
PRICE	۸/۱۷۶	۰/۹۰۷	۵/۰۱۱	۱۱/۱۶۹	۸/۰۹۶	۰/۳۱۱	۲/۸۷
شرکت‌های ورشکسته							
TLMTA	۰/۷۱۴	۰/۱۹۹	۰/۰۹۶	۱	۰/۷۵۴	-۱/۰۸۴	۳/۸۹۵
NIMTA	-۰/۰۶۷	-۰/۰۸	-۰/۴۸۹	۰/۱۵۲	-۰/۰۶۴	-۰/۷۵۵	۵/۹۳
CASHMTA	۰/۲۳۷	۰/۱۴۹	۰/۰۰۱	۰/۷۵۷	۰/۲۱۶	۰/۸۱۸	۳/۵
MB	-۲۰/۹۵۵	۲۸۳/۸۴۱	-۴۸۰/۶۶۷	۱۶۳/۲۷۲	-۰/۲۴۶	-۱۶/۰۹	۲۶۹/۸۵۳
PRICE	۷/۵۸۷	۰/۸۰۷	۵/۳۴۲	۱۰/۳۳	۷/۴۸۹	۰/۵۱۲	۳/۳۷۲
تمام شرکت‌ها							
TLMTA	۰/۴۹۶	۰/۲۳۳	۰/۰۲۸	۱	۰/۴۹۴	۰/۰۴۹	۲/۱۱۲
NIMTA	۰/۰۵۹	۰/۱۰۹	-۰/۴۸۹	۲/۲۴۴	۰/۰۵۹	۶/۰۱۳	۱۱۵/۹۱۵
CASHMTA	۰/۲۸۶	۰/۱۶۸	۰/۰۰۱	۱/۷۰۷	۰/۲۶۱	۱/۲۵	۷/۲۴
MB	-۰/۵۹۳	۹۹/۹۵۸	-۴۸۰/۶۶۷	۱۶۳/۲۷۲	۱/۷۹۳	-۴۵/۹۵۲	۲۱۹۳/۵۵۳
PRICE	۸/۱۰۳	۰/۹۱۶	۵/۰۱۱	۱۱/۱۶۹	۸/۰۲۸	۰/۳۳	۲/۸۸۳

آمار توصیفی مربوط به متغیرهای SIGMA، EXRET و RSIZE در جدول ۱ گزارش شده است.

منبع: یافته‌های پژوهش

مشابه الگوی چاو و جارو (۲۰۰۴)، الگوی کمپیل و همکاران (۲۰۰۸) نیز از رگرسیون لجستیک پنلی برای الگوبندی داده‌ها استفاده می‌کند. آماره کای-دو آزمون هاسمن برای متغیرهای این الگو برابر ۳۸/۸۴ و p-مقدار آن برابر ۰/۰۰۰ به دست آمد، در اینجا نیز استفاده از رگرسیون لجستیک با اثرات ثابت برای الگوبندی داده‌های این پژوهش مناسب است.

بنابراین الگوی کمپیل و همکاران (۲۰۰۸) برای پیش‌بینی احتمال ورشکستگی شرکت  $i$  در سال  $t$  یعنی

$$P(Y_{it}=1) \text{ بر اساس هشت متغیر مستقل بیان شده و داده‌های این پژوهش به صورت زیر است:}$$

$$P(Y_{it} = 1) = \frac{1}{1 + \exp(B_2)} \quad (6)$$

$$B_2 = \beta_1 TLMTA_{i,t-1} + \beta_2 NIMTA_{i,t-1} + \beta_3 CASHMTA_{i,t-1} + \beta_4 SIGMA_{i,t-1} + \beta_5 EXRET_{i,t-1} + \beta_6 RSIZE_{i,t-1} + \beta_7 MB_{i,t-1} + \beta_8 PRICE_{i,t-1}$$

نتایج اجرای الگوی کمپیل و همکاران (۲) در نرم‌افزار STATA در جدول ۴ گزارش شده است. آزمون نسبت درست‌نمایی، مناسب بودن الگوی کمپیل و همکاران را برای الگوبندی داده‌های پژوهش رد نمی‌کند. هم‌چنین، مقدار شبه مجذور R این الگو برابر ۰/۵۵۲ است، بنابراین ۵۵/۲ درصد تغییرات احتمال ورشکستگی شرکت‌ها توسط متغیرهای مستقل تبیین می‌شود. هم‌چنین، تنها پنج متغیر کل بدهی‌ها تقسیم بر ارزش بازاری کل دارایی‌ها (TLMTA)، سود خالص تقسیم بر ارزش بازاری کل دارایی‌ها (NIMTA)، وجه نقد و دارایی‌های آنی تقسیم بر ارزش بازاری کل دارایی‌ها (CASHMTA)، نوسانات بازده قیمت سهام (SIGMA) و ارزش دفتری حقوق صاحبان سهام بر ارزش بازار سهام شرکت (RSIZE) در سطح اطمینان ۹۵ تأثیر معناداری بر احتمال ورشکستگی شرکت‌ها داشته‌اند. به علاوه، سه متغیر مستقل دیگر تفاوت بین بازده سهام شرکت و بازده بازار (EXRET)، ارزش بازار سهام شرکت تقسیم بر ارزش دفتری سهام شرکت (MB) و لگاریتم قیمت هر سهم (PRICE) بر احتمال ورشکستگی تأثیر معناداری نداشته‌اند.

جدول ۴. نتایج اجرای الگوی کمپیل و همکاران (۲)

Conditional fixed-effects logistic regression						
Bankruptcy	ضریب	نسبت بخت‌ها	خطای استاندارد	مقدار -t	مقدار -p	تأثیر گذاری
TLMTA	۲,۵۸۸	۱۳/۲۹۹	۰/۹۷۷	۲/۶۵	۰/۰۰۸	تأثیر مثبت و معنادار دارد
NIMTA	-۱۸,۳۱۷	۰	۲/۲۶۱	-۸/۱۰	۰	تأثیر منفی و معنادار دارد
CASHMTA	-۲,۷۴۶	۰/۰۶۴	۱/۲۷۹	-۲/۱۵	۰/۰۳۲	تأثیر منفی و معنادار دارد
SIGMA	۲,۵۳۱	۱۲/۵۶۱	۰/۹۶۳	۲/۶۳	۰/۰۰۹	تأثیر مثبت و معنادار دارد
EXRET	-۰,۰۰۱	۰/۹۹۹	۰/۰۰۱	-۱/۰۸	۰/۲۸۲	تأثیر معناداری ندارد
RSIZE	-۱,۸۵	۰/۱۵۷	۰/۲۷۶	-۶/۷۰	۰	تأثیر منفی و معنادار دارد
MB	-۰,۰۱	۰/۹۹	۰/۰۰۷	-۱/۵۱	۰/۱۳۲	تأثیر معناداری ندارد
PRICE	۰,۰۲۶	۰/۰۲۶	۰/۲۳۸	۰/۱۱	۰/۹۱۳	تأثیر معناداری ندارد
	Mean dependent var	۰/۳۳۲		SD dependent var	۰/۴۷۱	
	Pseudo r-squared	۰/۵۵۲		Number of obs	۹۱۰/۰۰۰	
	Chi-square	۴۲۱/۲۵۰		Prob > chi2	۰/۰۰۰	
	Akaike crit. (AIC)	۳۵۸/۴۳۴		Bayesian crit. (BIC)	۳۹۶/۹۴۱	

منبع: یافته‌های پژوهش

مقدار ضریب رگرسیونی برای سه متغیر، سود خالص تقسیم بر ارزش بازاری کل دارایی‌ها (NIMTA)، وجه نقد و دارایی‌های آنی تقسیم بر ارزش بازاری کل دارایی‌ها (CASHMTA) و ارزش دفتری حقوق صاحبان سهام بر ارزش بازار سهام شرکت (RSIZE) به ترتیب برابر ۱۸/۳۱۷، -۲/۷۴۶ و -۱/۸۵ است، لذا این متغیرها تأثیر منفی بر احتمال ورشکستگی شرکت‌ها دارند، بدین مفهوم که افزایش مقدار این متغیرها باعث کاهش احتمال ورشکستگی شرکت‌ها می‌شود. به طور مشابه، مقدار ضریب رگرسیونی برای دو متغیر کل بدهی‌ها تقسیم بر



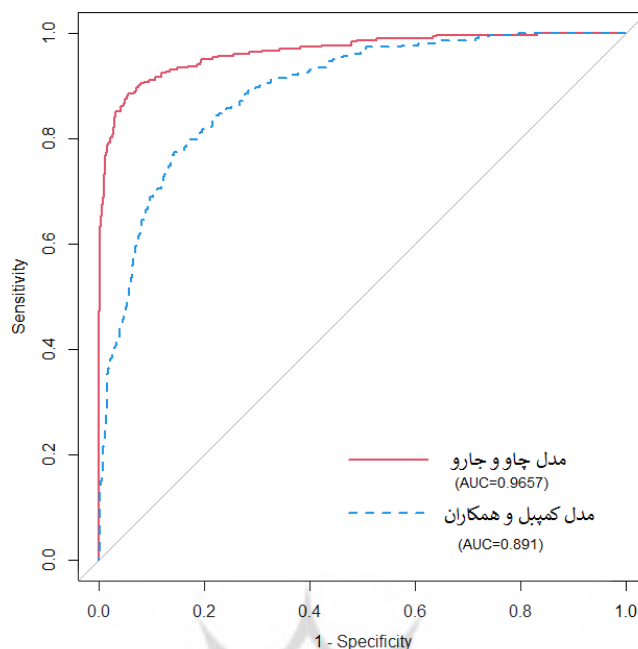
ارزش بازاری کل دارایی‌ها (TLMTA) و نوسانات بازده قیمت سهام (SIGMA) به ترتیب برابر ۲/۵۸۸ و ۲/۵۳۱ است، لذا این دو متغیر تأثیر مثبتی بر احتمال ورشکستگی شرکت‌ها دارد. با توجه به نسبت بخت برای هر متغیر، می‌توان این چنین نتیجه‌گیری کرد که مهم‌ترین و تأثیرگذارترین متغیرها در تعیین ورشکستگی یا عدم ورشکستگی شرکت‌ها به ترتیب سود خالص تقسیم بر ارزش بازاری کل دارایی‌ها، وجه نقد و دارایی‌های آنی تقسیم بر ارزش بازاری کل دارایی‌ها، کل بدهی‌ها تقسیم بر ارزش بازاری کل دارایی‌ها، نوسانات بازده قیمت سهام و ارزش دفتری حقوق صاحبان سهام بر ارزش بازار سهام شرکت هستند. با توجه به مطالب بیان شده، در نهایت، الگوی کمپیل و همکاران (۲۰۰۸) برای داده‌های پژوهش به صورت زیر است:

$$P(Y_{it} = 1) = \frac{1}{1 + \exp(B_2)} \quad (6)$$

$$B_2 = 2/588 * TLMTA_{i,t-1} + 18/317 * NIMTA_{i,t-1} + 2/746 * CASHMTA_{i,t-1} + 2/531 * SIGMA_{i,t-1} + 1/85 * RSIZE_{i,t-1}$$

#### ارزیابی دقت عملکرد الگوهای به دست آمده

حال برای مقایسه عملکرد دو الگوی مورد مطالعه در بازار سرمایه ایران از منحنی ROC استفاده می‌شود. مساحت زیر منحنی ROC (AUC) برای الگوی چاو و جارو (۲۰۰۴) و الگوی کمپیل و همکاران (۲۰۰۸) به ترتیب برابر ۰/۹۶۵۷ و ۰/۸۹۱ به دست آمد. چون AUC الگوی چاو و جارو (۲۰۰۴) بین بزرگتر از ۰/۹ است، این الگو در حد بسیار عالی به داده‌ها برازش شده است. بعلاوه، چون AUC الگوی کمپیل و همکاران (۲۰۰۸) بین ۰/۷ و ۰/۹ است، این الگو نیز در حد خوبی به داده‌ها برازش شده است. بنابراین اگرچه هر دو الگو دارای عملکرد مناسبی هستند ولی به نظر می‌رسد الگوی چاو و جارو (۲۰۰۴)، با داشتن AUC بزرگ‌تر، دارای عملکرد بهتری در پیش‌بینی ورشکستگی شرکت‌های حاضر در بازار سرمایه ایران است. برای شهود بیشتر نسبت به عملکرد این دو الگوی منحنی ROC آنها روی هم در شکل ۱ رسم شده است.



شکل ۱. منحنی ROC برای دو الگوی چاو و جارو (۲۰۰۴) و کمپبل و همکاران (۲۰۰۸)

### نتیجه‌گیری

در این پژوهش ابتدا به بررسی الگوی پیش‌بینی ورشکستگی چاو و جارو (۲۰۰۴) در محیط اقتصادی ایران پرداخته شد سپس الگوی پیش‌بینی ورشکستگی کمپبل و همکاران (۲۰۰۸) مورد بررسی قرار گرفت و با استفاده از نمودار ROC الگوهای مذکور از نظر دقت پیش‌بینی مورد مقایسه قرار گرفتند تا بهترین الگو برای محیط اقتصادی ایران معرفی شود.

۵-۱- نتیجه‌گیری در خصوص فرضیه اول: با توجه به اینکه  $p$ -مقدار برای الگوی چاو و جارو (۲۰۰۴) کمتر از  $0/05$  ( $0/000$ ) به دست آمد بنابراین مناسب بودن این الگو برای پیش‌بینی احتمال ورشکستگی شرکت‌ها در محیط اقتصادی ایران در سطح اطمینان ۹۵ درصد مورد تأیید قرار گرفت. همچنین، با توجه به نتایج حاصل از نمودار ROC که مساحت سطح زیر منحنی برابر  $0/956$  است نتیجه‌گیری می‌شود که این الگو از دقت بالایی برخوردار است (تأیید فرضیه اول).

۵-۲- نتیجه‌گیری در خصوص فرضیه دوم: با توجه به اینکه  $p$ -مقدار برای الگوی کمپبل و همکاران کمتر از  $0/05$  ( $0/000$ ) به دست آمد بنابراین مناسب بودن این الگو برای پیش‌بینی احتمال ورشکستگی شرکت‌ها در محیط اقتصادی ایران در سطح اطمینان ۹۵ درصد مورد تأیید قرار گرفت. هم‌چنین، با توجه به نتایج حاصل از نمودار ROC که مساحت سطح زیر منحنی برابر  $0/891$  بوده است نتیجه‌گیری می‌شود که این الگو از دقت بالایی برخوردار است (تأیید فرضیه دوم).

۳-۵- نتیجه گیری در خصوص فرضیه سوم: با توجه به نتایج حاصل از نمودار ROC و با مقایسه هر دو الگوی الگوی کمپبل و همکاران (۲۰۰۸) نسبت به الگوی چاوا و جارو از دقت پیش بینی بالاتری برخوردار است (تأیید فرضیه سوم پژوهش)

همچنین در مقایسه این پژوهش با سایر پژوهش های صورت گرفته در ایران می توان نتیجه گیری کرد نتایج این پژوهش با نتایج سایر پژوهش های صورت گرفته تطابق زیادی دارد علاوه بر آن، دقت پیش بینی الگوهای ارزیابی شده در این پژوهش، از دقت پیش بینی سایر الگوهای مورد ارزیابی گرفته در ایران مناسب تر است. برای مثال الگوی خطر شاموی توسط صالحی و عظیمی (۱۳۹۵) مورد مقایسه قرار گرفته بود که در پژوهش آنها الگوی خطر شاموی دارای دقت پیش بینی ۰/۹۱۷ بوده است و نتیجه گیری می شود که الگوی چاوا و جارو (۲۰۰۴) که در پژوهش حاضر مورد بررسی قرار گرفته است از دقت مناسب تری نسبت به الگوی شاموی برخوردار است. همچنین نتیجه این پژوهش بیانگر این است که الگوهای چاوا و جارو (۲۰۰۴) نسبت به الگوهای سنتی و بسیاری از الگوهای مدرن دقت بیشتری در پیش بینی ورشکستگی دارد و برای محیط اقتصادی ایران مناسب تر است.

#### تقدیر و تشکر

مؤلفان مقاله بر خود لازم می دانند مراتب سپاس خود را از استادان گرانقدر گروه حسابداری دانشگاه آزاد واحد تبریز اعلام نمایند و همچنین تقدیر و تشکر خود را از مدیران و زحمت کشان مجله توسعه و سرمایه بابت پذیرش و چاپ مقاله حاضر اعلام می داریم.

#### یادداشت ها

- |                             |                                     |                |
|-----------------------------|-------------------------------------|----------------|
| 1. Kor                      | 2. Merton                           | 3. Kou         |
| 4. Ogachi                   | 5. Wang                             | 6. Hosaka      |
| 7. Fagerland                | 8. Ouenniche                        | 9. Beaver      |
| 10. Altman                  | 11. Ohlson                          | 12. Merton     |
| 13. Shumway                 | 14. Chava and Jarrow                | 15. Camabell   |
| 16. Unit Detection Approach | 17. Multivariate Detection Approach |                |
| 18. Barath and Shunway      | 19. Du Jardin                       | 20. Alaka      |
| 21. Wu                      | 22. Zmijewski                       | 23. Hillegeist |
| 24. Price                   | 25. P/E                             | 26. P/D        |

#### منابع

- پورحیدری، امید؛ کوپائی حاجی، مهدی. (۱۳۸۹). پیش بینی بحران مالی شرکت ها با استفاده از مدل مبتنی بر تابع تفکیکی خطی. پژوهش های حسابداری مالی، ۲(۱)، ۳۳-۴۶.
- پیرایش، رضا؛ منصوری، علی؛ امجدیان، صابر. (۱۳۸۸). طراحی مدل ریاضی مبتنی بر جریان های نقدی برای پیش بینی ورشکستگی شرکت های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران. مجله توسعه و سرمایه، ۲(۲)، ۷۳-۹۴.
- حاجی هاشم، مسعود؛ امیرحسینی، زهرا. (۱۳۹۸). پیش بینی ورشکستگی و راهبری شرکتی شرکت ها: دیدگاه نسبت های مالی. دانش حسابداری و حسابداری مدیریت، ۳۰، ۲۲۰-۲۰۱.
- حسینی، سیدمحسن؛ رشیدی، زینب. (۱۳۹۲). پیش بینی ورشکستگی شرکت ها با استفاده از درخت تصمیم و رگرسیون لجستیک. پژوهش های حسابداری مالی، ۱۷، ۱۳۰-۱۰۵.

- دباغ، رحیم؛ شیخ بگلو، سیما. (۱۳۹۹). پیش‌بینی ورشکستگی شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران با روش‌های شبکه عصبی مصنوعی و مدل فالمر. *مجله توسعه و سرمایه*، ۵(۲)، ۱۶۸-۱۵۳.
- صالحی، نازنین؛ یانچشمه، مجید. (۱۳۹۵). بررسی تطبیقی مدل خطر و الگوهای سنتی برای پیش‌بینی ورشکستگی. *حسابداری مالی*، ۳۰، ۱۲۱-۹۴.
- فرهنگ، امیرعلی؛ اثنی عشری، ابوالقاسم؛ ابوالحسنی، اصغر؛ رنجبرفلاح، محمدرضا؛ بیابانی، جهانگیر. (۱۳۹۷). سرمایه بانک، ریسک نقدینگی و اعتباری در بانک‌های ایران. *نظریه‌های کاربردی اقتصاد*، ۵(۴)، ۲۷۰-۲۴۷.
- فیروزیان، محمود؛ جاوید، داریوش؛ نجم الدینی، نرگس. (۱۳۹۰). کاربرد الگوریتم ژنتیک در پیش‌بینی ورشکستگی و مقایسه آن با مدل Z آلتمن در شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران. *بررسی‌های حسابداری و حسابرسی*، ۶۵، ۱۱۴-۹۹.
- محسنی، رضا؛ رحیمیان ینگجه، سمیرا. (۱۳۹۷). بررسی عوامل مؤثر بر ورشکستگی با بهره‌گیری از کارآیی به عنوان یک متغیر پیش‌بینی کننده مبتنی بر رهیافت پنل دیتا لاجیت. *اقتصاد مقدماتی (بررسی‌های اقتصادی سابق)*، ۱۵(۲)، ۱۱۱-۱۳۰.
- وزیری، ماریا. (۱۳۹۹). پیش‌بینی ورشکستگی شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار با استفاده از الگوریتم جنگل تصادفی (باتاکید بر گزارشگری مالی). *رویکردهای پژوهشی نوین در مدیریت و حسابداری*، ۳۳، ۷۵-۶۶.

## References

- Agarwal, V., Taffler, R. (2008). Comparing the performance of market-based and accounting-based bankruptcy prediction models. *Journal of Banking & Finance*, 32(8), 1541-1551.
- Alaka, H.A., Oyedele, L.O., Owolabi, H.A., Kumar, V., Ajayi, S.O., Akinade, O.O., Bilal, M. (2018). Systematic review of bankruptcy prediction models: Towards a framework for tool selection. *Expert Systems with Applications*, 94, 164-184.
- Altman, E.I. (1968). Financial ratios, discriminant analysis and the prediction of corporate bankruptcy. *The Journal of Finance*, 23(4), 589-609.
- Altman, E.I., Haldeman, R., Narayanan, P. (1977). Zeta analysis: A new model to identify bankruptcy risk of corporations. *Journal of Banking and Finance*, 1(1), 29-54.
- Altman, E.I., Hotchkiss, E. (1993). Corporate financial distress and bankruptcy.
- Beaver, W.H. (1966). Financial ratios as predictors of failure. *Journal of Accounting Research*, 4, 71-111.
- Bharath, S.T., Shumway, T. (2008). Forecasting default with the Merton distance to default model. *The Review of Financial Studies*, 21(3), 1339-1369.
- Black, F., Scholes, M. (2019). The pricing of options and corporate liabilities. In *World Scientific Reference on Contingent Claims Analysis in Corporate Finance: Volume 1: Foundations of CCA and Equity Valuation* (pp. 3-21).
- Campbell, J.Y., Hilscher, J., Szilagyi, J. (2008). In search of distress risk. *The Journal of Finance*, 63(6), 2899-2939.
- Chava, S., & Jarrow, R. A. (2004). Bankruptcy prediction with industry effects. *Review of Finance*, 8(4), 537-569.
- Dabagh, R., Sheikhbeiglou, S. (2021). Bankruptcy prediction of listed companies in Tehran's Stock Exchange by artificial neural network (ANN) and fulmer model. *Journal of Development and Capital*, 5(2), 153-168 [In Persian].
- Du Jardin, P. (2021). Forecasting bankruptcy using biclustering and neural network-based ensembles. *Annals of Operations Research*, 299(1), 531-566.
- Fagerland, M.W., Hosmer, D.W., Bofin, A.M. (2008). Multinomial goodness-of-fit tests for logistic regression models. *Statistics in Medicine*, 27(21), 4238-4253.
- Farhang, A.A., Asna Ashari, A., Abolhasani Hastiani, A., Ranjbar Fallah, M.R. Biabani, J. (2019). Bank capital, liquidity risk and credit in Iran's banks. *Quarterly Journal of Applied Theories of Economics*, 5(4), 247-270 [In Persian].

- Firouzian, M., Javid, D., Najmadini, N. (2012). The application of genetic algorithms in bankruptcy predication and the comparison of it with altman's Z-model listed companies in Tehran Stocks Exchange (TSE). *The Iranian Accounting and Auditing Review*, 18(65), 99-114 [In Persian].
- García, V., Marqués, A.I., Sánchez, J.S. (2019). Exploring the synergetic effects of sample types on the performance of ensembles for credit risk and corporate bankruptcy prediction. *Information Fusion*, 47, 88-101.
- Haji Hashem, M., Amirhosseini, Z. (2019). Bankruptcy prediction and corporate governance: Financial ratio approach. *Iranian Management Accounting Association*, 8(30), 201-220 [In Persian].
- Hillegeist, S.A., Keating, E.K., Cram, D.P. Lundstedt, K.G. (2004). Assessing the Probability of Bankruptcy. *Review of Accounting Studies*, 9, 5-34.
- Hosaka, T. (2019). Bankruptcy prediction using imaged financial ratios and convolutional neural networks. *Expert systems with applications*, 117, 287-299.
- Hosmer, D.W., Lemeshow, S. (1980). Goodness of fit tests for the multiple logistic regression model. *Communications in statistics-Theory and Methods*, 9(10), 1043-1069.
- Jaki, A., Ćwięk, W. (2021). Bankruptcy prediction models based on value measures. *Journal of Risk and Financial Management*, 14(1), 1-14.
- Korol, T. (2019). Dynamic bankruptcy prediction models for European enterprises. *Journal of Risk and Financial Management*, 12(4), 185.
- Kou, G., Chao, X., Peng, Y., Alsaadi, F.E., Herrera-Viedma, E. (2019). Machine learning methods for systemic risk analysis in financial sectors. *Technological and Economic Development of Economy*, 25(5), 716-742.
- Kou, G., Xu, Y., Peng, Y., Shen, F., Chen, Y., Chang, K., Kou, S. (2021). Bankruptcy prediction for SMEs using transactional data and two-stage multiobjective feature selection. *Decision Support Systems*, 140, 113429.
- Merton, R.C. (1974). On the pricing of corporate debt: The risk structure of interest rates. *The Journal of Finance*, 29(2), 449-470.
- Mohseni, R., Rahimian, S. (2018). Bankruptcy prediction by using efficiency as a predictor variable based on Logit Panel data. *Quarterly Journal of Quantitative Economics*, 15(2), 111-130 [In Persian].
- Mousavi, M.M., Ouenniche, J. (2018). Multi-criteria ranking of corporate distress prediction models: empirical evaluation and methodological contributions. *Annals of Operations Research*, 271(2), 853-886.
- Ogachi, D., Ndege, R., Gaturu, P., Zoltan, Z. (2020). Corporate bankruptcy prediction model, a special focus on listed companies in Kenya. *Journal of Risk and Financial Management*, 13(3), 47.
- Ohlson, J.A. (1980). Financial ratios and the probabilistic prediction of bankruptcy. *Journal of Accounting Research*, 18(1), 109-131.
- Pirayesh, R., Mansory, A., Amjadeian, S. (2009). Designing a mathematical model based on cash flows for predicting bankruptcy of accepted companies in Tehran stock Exchange (TSE). *Journal of Development and Capital*, 2(2), 73-94 [In Persian].
- Pourheydari, O., Koopae Haji, M. (2010). Predicting of firms financial distress by use of linear discriminant function the model. *Journal of Financial Accounting Research*, 2(1), 33-46 [In Persian].
- Salehi, N., Azimi, M. (2018). The comparison of the economic value in hazard models with accounting approach for bankruptcy prediction. *Journal of Empirical Studies in Financial Accounting*, 15(58), 107-135 [In Persian].
- Shumway, T. (2001). Forecasting bankruptcy more accurately: A simple hazard model. *The journal of business*, 74(1), 101-124.
- Vaziri, M. (2020). Bankruptcy of companies listed on the stock exchange using accidental forest algorithm (with emphasis on financial reporting). *Journal of New Research Approaches in Management and Accounting*, 4(33), 66-75 [In Persian].

- Wang, H., Kou, G., Peng, Y. (2021). Multi-class misclassification cost matrix for credit ratings in peer-to-peer lending. *Journal of the Operational Research Society*, 72(4), 923-934.
- Wang, H., Liu, X. (2021). Undersampling bankruptcy prediction: Taiwan bankruptcy data. *Plos One*, 16(7), e0254030.
- Wu, Y., Gaunt, C., Gray, S. (2010). A comparison of alternative bankruptcy prediction models. *Journal of Contemporary Accounting & Economics*, 6(1), 34-45.
- Yang, X., Dimitrov, S. (2017). Data envelopment analysis may obfuscate corporate financial data: using support vector machine and data envelopment analysis to predict corporate failure for nonmanufacturing firms. *INFOR: Information Systems and Operational Research*, 55(4), 295-311.
- Zhang, Y., Liu, R., Heidari, A.A., Wang, X., Chen, Y., Wang, M., Chen, H. (2021). Towards augmented kernel extreme learning models for bankruptcy prediction: Algorithmic behavior and comprehensive analysis. *Neurocomputing*, 430, 185-212.
- Zmijewski, M.E. (1984). Methodological issues related to the estimation of financial distress prediction models. *Journal of Accounting Research*, 22, 59-82.

