



پژوهش‌های نوین در تصمیم‌گیری

دوره ۸، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۲، صص ۱۰۴-۱۳۱

نوع مقاله: پژوهشی

## ارائه مدل پیش‌بینی بحران مالی بازار سرمایه ایران با استفاده از الگوریتم‌های ترکیبی

مریم روحی‌سرا<sup>۱</sup>، مسعود طاهری‌نیا<sup>۲\*</sup>، حسن زلفی<sup>۳</sup>، احمد سرلک<sup>۴</sup>

۱. دانشجوی دکتری، واحد خمین، دانشگاه آزاد اسلامی، مرکزی، ایران

۲. دانشیار، گروه حسابداری، دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران

۳. استادیار، گروه حسابداری، دانشگاه بوعلی، همدان، ایران

۴. دانشیار، گروه اقتصاد، واحد اراک، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۷/۰۶

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۳/۲۹

### چکیده

مدیران و سرمایه‌گذاران همواره تمایل دارند نتایج تصمیمات و سرمایه‌گذاری‌های خود را بر اساس شرایط موجود و انتظارات پیش‌بینی کنند و از وقوع بحران‌های مالی در آینده‌گاه شوند. بدون شک برای این کار، نیازمند تحلیلی درست از وضع موجود و پیش‌بینی رخدادهای آتی باشند. لذا هدف پژوهش حاضر ارائه مدلی پویا برای پیش‌بینی بحران‌های مالی احتمالی است. برای نیل به هدف پژوهش، ابتدا با استفاده از تحلیل مضمون ۲۵ شاخص از طبقه‌های شاخص‌های کلان اقتصادی، عوامل صنعت، ویژگی شرکت‌ها، وقایع سیاسی، فرهنگی، رفتاری شناسایی شد. سپس، با بکارگیری الگوریتم رگرسیون چندمتغیره، الگوریتم‌های هوشمند مورچگان و بهینه‌سازی ازدحام ذرات و با استفاده از داده‌های ترکیبی ۱۷۳ شرکت پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران از سال ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۸، مدل پیشنهادی آزمون شد. یافته‌ها بر اساس روش رگرسیون نشان داد که برخی از معیارهای درون و برون شرکتی، تأثیر معناداری بر بحران مالی شرکت‌ها داشته است. از طرف دیگر، یافته‌ها نشان داد که از نظر کارایی، روش بهینه‌سازی مورچگان بیشترین کارایی را در مسئله پیش‌بینی بحران مالی دارد. در نهایت نیز مشخص شد که اطلاعات متغیرهای مستقل مورد بررسی می‌تواند بحران مالی شرکت‌ها را پیش‌بینی کند. یافته‌های تحقیق همچنین نشان می‌دهد که تا پنج سال قبل از بحران مالی می‌توان با دقت نسبتاً بالایی بحران مالی را در شرکت‌ها را پیش‌بینی کرد اما با کاهش بحران مالی، به دلیل کاهش وضوح و دقت شاخص‌های پیش‌بینی بخش مالی، توانایی پیش‌بینی مدل نیز کاهش می‌یابد.

**کلیدواژه‌ها:** بحران مالی، درماندگی مالی، شاخص‌های درون و برون سازمانی.



## ۱- مقدمه و بیان مسئله

رشد اقتصادی و تلاش برای دستیابی به آن، هر جامعه‌ای را به تکاپو وادار می‌نماید. در این راستا توجه به بازارهای مالی، اهرمی مناسب برای تحقق آن تلقی می‌گردد [۱]. از طرفی با توسعه بازارهای مالی و گسترش رقابت در بازار، بسیاری از شرکت‌ها دچار بحران مالی و سپس ورشکستگی می‌شوند. این امر موجب نگرانی صاحبان سرمایه‌شده و آنان برای اینکه از سوخت شدن اصل و فرع سرمایه خود جلوگیری کنند، به دنبال روش‌هایی هستند که امکان وقوع بحران مالی را پیش‌بینی کنند [۲]. بحران مالی وضعیتی است که باعث عواقب مخرب اقتصادی، اجتماعی و سیاسی می‌شود. در چنین وضعیتی سرمایه‌گذاران آگاه، نشان ضعف اساسی اقتصادی را کشف کرده و احتمالاً اقدامات پیشگیرانه برای جلوگیری یا کاهش یک بحران مالی بالقوه را انجام خواهند داد [۳]. سرمایه‌گذاران همواره به دنبال این هستند که با پیش‌بینی امکان وقوع بحران مالی از ریسک سوخت شدن سرمایه خود در شرکت جلوگیری کنند [۴]. از این رو، آن‌ها در پی روش‌هایی هستند که بتوانند به وسیله آن بحران مالی شرکت‌ها را برآورد و پیش‌بینی کنند، چراکه ورشکستگی منجر به خسارات اقتصادی و هزینه‌های اجتماعی برای مدیران، سرمایه‌گذاران، طلبکاران، کارکنان و غیره می‌شود [۵].

بدون شک بازارهای مالی کارایی مطلوبی در ارتقا و پشتیبانی توسعه اقتصادی دارند [۶] که می‌توانند بر کارآمدی سیستم اقتصادی تأثیر بسزایی داشته باشند [۷]. بنابراین، در شرایط اقتصادی بازار جهانی عواملی همچون رقابت شدید، اطمینان نداشتن به محیط تجاری و همچنین محدودیت افراد در درک این بی‌اطمینانی‌ها به طور اجتناب‌ناپذیری به بروز بحران مالی در شرکت‌ها منجر می‌شود. سرمایه‌گذاران و اعتباردهندگان تمایل زیادی جهت پیش‌بینی بحران مالی شرکت‌ها و بنگاه‌های اقتصادی دارند، زیرا در صورت درماندگی و بحران مالی، هزینه‌های زیادی به آن‌ها تحمیل می‌شود [۸] چرا که بحران مالی اغلب مقدم و در بسیاری از موارد تسریع‌کننده درماندگی و ورشکستگی بنگاه‌ها است. بدیهی است بقای کسب‌وکارها و مصون ماندن از بحران‌های مالی مهمترین مسئله‌ای است که نه تنها موقعیت رقابتی یک شرکت؛ بلکه اقتصاد یک جامعه را تهدید می‌کنند. شکل‌گیری بحران‌های مالی عامل مهمی در ورشکستگی و



تسهیل‌گر درماندگی شرکت می‌باشد. در حقیقت افزایش سوددهی و بازدهی مهمترین شاخص برای سرمایه‌گذار تلقی می‌گردد. حال آنکه وقوع بحران مالی منجر به خروج سرمایه از بازار خواهد شد و به تدریج چهره رکود بر اقتصاد جامعه پدیدار خواهد شد. از طرفی با بررسی ادبیات، می‌توان گفت که پژوهش‌های قبلی به خوبی موضوع بحران را درک کرده و با استفاده از روش‌های مناسبی توانسته‌اند به پیش‌بینی این موضوع بپردازند. با این حال، در اکثر این پژوهش‌ها با توجه به شرایط و محیط اقتصادی، متغیرهایی را برای پیش‌بینی استفاده کرده‌اند که عموماً مالی و مربوط به درون شرکت‌ها و عملکرد مالی آن در گذشته است. در صورتی که در ایران شرایط به گونه‌ای است که در کنار عوامل درونی و مسائل مالی، عوامل کلان و بحران‌های سیاسی هم به عنوان متغیرهای تأثیرگذار بر ورشکستگی شرکت‌ها مهم و اساسی است. همچنین نبود پژوهش‌های کافی در زمینه برآورد تأثیر متغیرهای خرد و کلان و مالی و غیرمالی در بروز بحران مالی شرکت‌ها موجب ایجاد خلأ تئوریک و علمی مهمی شده است که ایجاب می‌کند پژوهش جامعی در این زمینه انجام شود. لذا این پژوهش با توجه به موارد عنوان‌شده، در نظر دارد با استفاده از مرور پیشینه پژوهشی موجود و انجام مصاحبه متغیرهای مهم را شناسایی کرده و با استفاده از رویکرد رگرسیون چندمتغیره و الگوی‌های هوشمند با تدوین مدلی به پیش‌بینی بحران مالی شرکت‌ها بپردازد.

## ۲- مبانی نظری و مرور پیشینه

### ۲-۱- بحران مالی

ارائه تعریف دقیقی از بحران مالی مشکل است. شاید این پیچیدگی به خاطر تنوع رویدادهایی که برای یک شرکت تحت بحران مالی رخ می‌دهد، تا حدودی طبیعی باشد. اگرچه این رویدادهایی شمار هستند، اما تعدادی از آنها شامل کاهش در سود سهام، وقوع زیان، دوران تعلیق (بیکاری)، استعفای مدیران ارشد و سقوط قیمت سهام می‌باشد [۹]. در ادبیات مالی از واژه‌های زیادی مثل وضع نامطلوب مالی؛ شکست؛ عدم موفقیت واحد تجاری؛ وخامت؛ ورشکستگی و عدم قدرت پرداخت دیون برای معرفی بحران مالی استفاده شده است [۱۰].



پژوهشگران معمولاً با پیروی از پژوهش‌های قبلی معیاری برای بحران مالی انتخاب می‌کنند. در این پژوهش از معیار Z آلمن که بیان‌کننده درماندگی مالی است، برای تعریف عملیاتی بحران مالی شرکت‌ها استفاده شده است. مسئله مربوط به بحران مالی شرکت‌ها از جمله مباحثی است که سرمایه‌گذاران را درباره بازدهی سرمایه‌گذاری خود دچار نگرانی می‌کند [۱۱]. بحران مال شرکت‌ها موضوعی است که تأثیر زیادی بر تمامی ذی‌نفعان شرکت می‌گذارد؛ به خصوص بی‌اطمینانی مرتبط با بازده و بازگشت سرمایه‌گذاری سرمایه‌گذار، همان‌که می‌تواند شرکت را از دستیابی به منابع محروم سازد. از جمله مواردی که ممکن است شرکت‌ها را به سمت ورطه بحران مالی هدایت کند، می‌توان به ریسک ناشی از هزینه‌های نمایندگی اشاره کرد. هزینه‌های نمایندگی به شرکت تحمیل خواهد شد؛ چراکه این ریسک همواره وجود دارد که نماینده اقدامی صورت دهد که در راستای منافع مالکان شرکت نباشد. این هزینه‌ها، ریسک بحران‌های مالی را افزایش خواهند داد [۱۲].

درواقع بحران مالی وضعیتی است که باعث عواقب مخرب اقتصادی، اجتماعی و سیاسی می‌شود. سرمایه‌گذاران فردی و نهادی که می‌توانند بحران را پیش‌بینی کنند، ممکن است مجدداً سرمایه را تخصیص دهند و اشکالات بحران قریب‌الوقوع را به فرصت‌ها تبدیل کنند. در مقابل، آن‌هایی که نمی‌توانند بحران را پیش‌بینی کنند از ضرر و زیان عظیمی رنج می‌برند. علاوه بر این، سیاست‌گذارانی که می‌توانند بحران را پیش‌بینی کنند، ممکن است ضعف اساسی اقتصادی را کشف کنند و احتمالاً اقدامات پیشگیرانه برای جلوگیری یا کاهش یک بحران مالی بالقوه انجام دهند. بنابراین، محققان و افراد حرفه‌ای شروع به توسعه سیستم‌های هشدار اولیه باهدف پیش‌بینی این‌که آیا و چه زمانی بحران مالی رخ خواهد داد، کرده‌اند [۴].

## ۲-۲- ارائه مدلی برای پیش‌بینی بحران مالی

پیش‌بینی آینده همواره به صورت یک ضرورت در زندگی روزمره به عنوان یک حوزه مشترک در بسیاری از علوم مطرح است. یکی از حوزه‌هایی که در آن پیش‌بینی از اهمیت خاصی برخوردار است، مسائل مالی و اقتصادی، به‌طور ویژه بازار سرمایه می‌باشد. در واقع



پیش‌بینی، عنصری کلیدی در تصمیم‌گیری برای مدیریت و سرمایه‌گذاران است، زیرا از مهمترین جنبه‌های زندگی فردی و اجتماعی هر فرد است [۱۳]. توانایی پیش‌بینی جوانب غیرقابل کنترل این وقایع از انجام تصمیم، انتخاب بهترین تصمیم را تسهیل می‌کند [۱۴]. به‌طور کلی هدف از پیش‌بینی، کاهش ریسک در تصمیم‌گیری است؛ و از آنجاکه پیش‌بینی نمی‌تواند ریسک را به‌طور کامل حذف کند، ضرورت دارد فرآیند تصمیم‌گیری به‌طور صریح نتایج عدم اطمینان باقیمانده برای پیش‌بینی را در نظر بگیرد. از آنجاکه پیش‌بینی وقایع آتی در فرآیند تصمیم‌گیری نقش عمده‌ای را ایفا می‌کند، لذا مسئله پیش‌بینی برای بسیاری از سازمان‌ها و نهادها حائز اهمیت است و هر سازمانی جهت تصمیم‌گیری آگاهانه بایستی توانایی پیش‌بینی را داشته باشد. مثلاً در بخش بازاریابی، جهت برنامه‌ریزی فروش، باید مقدار تقاضا پیش‌بینی شود. در برنامه‌ریزی مالی جهت تأمین مالی سرمایه جدید، باید پیش‌بینی نرخ بهره صورت گیرد. سایر پیش‌بینی‌ها نیز در بخش‌های مختلف برای اخذ تصمیم صحیح صورت می‌پذیرد، زیرا کنترل فرآیند، منوط به پیش‌بینی رفتار در آینده می‌باشد. تلاش‌های فراوانی برای پیشگویی شکست شرکت‌ها به عمل آماده است. یک روش برای پیشگویی شکست، بهره‌گیری از نسبت‌های نقدینگی است (نسبت جاری و سریع). تحقیقات متعددی ضعف این نسبت‌ها را در شکست شرکت‌ها نشان داده است [۱۵]. تحقیقات انجام‌شده برای کشف شکست احتمالی شرکت‌ها در آینده توسط نسبت‌های مالی را می‌توان در دو گروه قرارداد:

- ۱- مدل‌هایی که در پی تعیین یک نسبت کلیدی و مهم برای پیشگویی شکست می‌باشند.
  - ۲- مدل‌هایی که در پی بهره‌گیری از نسبت‌های مالی متعدد برای پیشگویی شکست می‌باشند [۱۶].
- ورشکستگی‌های بی‌سابقه شرکت‌های اروپایی و آمریکایی در سنوات اخیر و نگرانی‌های منطقی سرمایه‌گذاری و سهامداران از بازگشت اصل و سود سرمایه‌شان، موجب تقاضای آن‌ها برای ارائه ابزار بهتری به‌منظور ارزیابی میزان توانایی شرکت‌ها برای تداوم فعالیت و پرداخت بازده و سود مورد انتظار سرمایه‌گذاران، همچنین برگشت اصل سرمایه‌شان شده است. محققین مسائل مالی و حسابداری در پاسخ به تقاضای آن‌ها، پا را از محاسبات اولیه نسبت‌های مالی شرکت‌ها فراتر گذاشته و سعی در ارائه مدل‌های مالی که از ترکیب این



نسبت‌ها حاصل‌شده و قادر است عملکرد و توانایی پرداخت سود و تداوم فعالیت شرکت‌ها را بهتر اندازه‌گیری کند، دارند [۱۷؛ ۱۸؛ ۱۹؛ ۲۰].

هر یک از این مدل‌ها با بکارگیری ترکیبی از نسبت‌های فعالیت، اهرمی، عملیاتی، سودآوری و تسویه شرکت‌ها سعی در پیش‌بینی فعالیت و نتایج عملیات آتی شرکت‌ها دارند. این شیوه ارزیابی تداوم فعالیت همانند شیوه‌های قبلی، پشتوانه تئوریک قوی برای محاسبه‌شان ندارند، ولی به دلیل ارزیابی بهتر و دقیق‌تر، بیشتر از روش‌های قبلی مورد توجه واقع شده‌اند. در مدل‌هایی که اخیراً ارائه شده‌اند، احتمال تداوم فعالیت و ورشکستگی در شرکت‌ها با کمک تحلیل‌های آماری در دامنه‌ای از صفر تا یک بیان می‌شوند. در حالیکه، مدل‌های قبلی و همچنین شیوه قبلی ارزیابی تداوم فعالیت که ذکر گردید، همگی بر تمیز شرکت‌هایی که ورشکست خواهند شد از شرکت‌های دارای تداوم فعالیت اصرار داشتند و هیچگونه اظهارنظری درباره درجه توانایی تداوم فعالیت شرکت‌های دارای تداوم فعالیت ندارند. در شرایط اقتصادی بازار جهانی عواملی همچون رقابت شدید، اطمینان نداشتن به محیط تجاری و همچنین محدودیت افراد در درک این بی‌اطمینانی‌ها به‌طور اجتناب‌ناپذیری به بروز بحران مالی در شرکت‌ها منجر می‌شود که در نهایت ورشکستگی واحدها نه‌تنها باعث زیان سرمایه‌گذاران شده، بلکه به‌طور مستقیم اقتصاد کشورها را دچار چالش اساسی می‌نماید [۲۱]. بر این اساس، سرمایه‌گذاران و اعتباردهندگان تمایل زیادی جهت پیش‌بینی بحران مالی شرکت‌ها و بنگاه‌های اقتصادی دارند، زیرا در صورت درماندگی و بحران مالی، هزینه‌های زیادی به آن‌ها تحمیل می‌شود. پیش‌بینی بحران مالی از اهمیت ویژه‌ای برای شرکت‌های مالی برخوردار است؛ زیرا به کاهش ضرر و زیان ناشی از محاسبه ریسک‌های احتمالی منجر شده و در صورت بروز ریسک نکول بالاتر از سطح مورد قبول، هیچ‌گونه پیشنهادات اعتباری جدیدی توسط شرکت پذیرفته نخواهد شد. این فرآیند همچنین تحت عنوان فرآیند طبقه‌بندی نکول اعتباری نیز شناخته شده است و در صورتی که مشتری وام خویش را پرداخت نماید، این فرآیند تحت عنوان «غیر نکول» در نظر گرفته می‌شود. صحت و دقت پیش‌بینی بحران مالی نقش مهمی را در تعیین کارایی و سودآوری



شرکت مالی ایفا می‌کند. به‌عنوان مثال، تعدیل مثبت ناچیز در سطح دقت کاربراحتمالی در زمینه اعتبار نکول به کاهش ضرر و زیان احتمالی سازمان منجر می‌شود [۲۲].

پژوهش‌های نظری و تجربی زیادی برای درک بحران‌های مالی و ایجاد سیستم‌های هشدار اولیه وجود دارد که علامتی برای بحران‌های مالی احتمالی فراهم می‌کند. بیشتر این مطالعات سه نوع بحران مالی شامل بحران ارزی، بانکی و بدهی را مورد توجه قرار می‌دهد [۲۲]. با این حال، پژوهش‌های کم‌تریدرخصوص سیستم‌های هشدار دهنده اولیه بحران‌های بازار سهام وجود دارد. کودرت و گکسمدل‌های لوجیت بحران‌های بازار سهام را با استفاده از متغیرهای کنترل و هر یک از شاخص‌های ریسک‌گریزی برآورد کردند. نتایج نشان می‌دهد که شاخص‌های ریسک‌گریزی، شاخص‌های پیش‌رو خوبی برای بحران‌های بازار سهام هستند [۲۳]. آکوستا و فرناندن شاخص‌های هشدار اولیه را شناسایی کردند که به پیش‌بینی ظهور یا انفجار حباب‌های قیمت سهام کمک کرده و بیان می‌کند که نسبت قیمت به ارزش دفتری، قوی‌ترین محتوای توضیحی در نمونه و خارج از نمونه برای ظهور حباب‌های قیمت را دارد [۱۹].

تحقیقات متعددی در زمینه طبقه‌بندی پیش‌بینی بحران مالی از دهه ۱۹۶۰ صورت گرفته‌اند. در همان سال‌ها، روش‌های سنتی در این زمینه از توابع ریاضی به‌منظور پیش‌بینی بحران مالی استفاده کردند و این مسئله به تمایز موسسات مالی ضعیف و قوی منجر شد. در دهه ۱۹۹۰، هوش مصنوعی و یادگیری ماشینی براساس مدل‌های کارشناسانه همچون شبکه عصبی<sup>۱</sup> و ماشین بردار پشتیبانی<sup>۲</sup> توجه همگان را به سوی خود معطوف نمود [۲۴]. اخیراً، از روش‌های هوش مصنوعی و داده‌کاوی برای پالایش مدل‌های طبقه‌بندی مرسوم بکار می‌روند. اما ویژگی‌های متعدد در داده‌های مالی با ابعاد بالاتر به مباحث متعددی همچون برازش بیش از حد<sup>۳</sup>، پیچیدگی محاسباتی بالاتر<sup>۴</sup> و تعامل پذیری پایین‌تر منجر می‌شود [۲۵]. این مسئله بیشتر به دلیل مزاحمت ابعاد<sup>۵</sup> است که براساس نسبت تعداد ویژگی‌ها و تعداد نمونه‌ها رخ می‌دهد [۸]. یک روش ساده برای حل این مسئله کاهش تعداد ویژگی‌های موجود با استفاده از روش انتخاب

<sup>۱</sup> Neural Network (NK)

<sup>۲</sup> Support Vector Machine (SVM)

<sup>۳</sup> Overfitting

<sup>۴</sup> High Computational Complexity

<sup>۵</sup> Low Interoperability

<sup>۶</sup> Curse Of Dimensionality



ویژگی است. فرآیند انتخاب ویژگی به شناسایی مناسب‌ترین زیرمجموعه ویژگی‌ها پرداخته و تأثیر معناداری در مباحث ذیل دارد: الف) کاهش نویز با حذف ویژگی‌های نویز، صرفه‌جویی در هزینه و زمان محاسباتی مورد نیاز برای اجرای مدل مناسب و ساده‌سازی مدل‌های مورد نظر و تسهیل کاربری و به روز نمودن مدل‌ها می‌دهد [۲۶]. روش انتخاب ویژگی در برخی موارد همچون داده‌کاوی، یادگیری ماشینی و شناسایی الگو به منظور کاهش بعدگرایی فضای ویژگی و بهبود صحت پیش‌بینی یک الگوریتم طبقه‌بندی بکار می‌رود [۲۴]. براساس معیار ارزیابی، روش‌های انتخاب ویژگی به روش‌های همپوشانی و تعبیه شده و روش‌های مبتنی بر فیلتر تقسیم می‌شوند [۴]. در اکثر مدل‌هایی که برای پیش‌بینی ورشکستگی از اطلاعات حسابداری استفاده شده است، این اطلاعات اغلب به شکل نسبت (مثل نسبت بدهی به جمع دارایی‌ها، نسبت جاری، نسبت توان پرداخت بهره و مانند آن) بیان شده‌اند. تلاش محققان در این پژوهش‌ها، متمرکز بر این موضوع است تا با استفاده از نسبت‌های مالی در مدل‌های متفاوت، شرکت‌ها را از نظر معیارهای مختلف رتبه‌بندی کنند.

### ۳- روش‌شناسی پژوهش

این پژوهش به لحاظ هدف از نوع پژوهش‌های کاربردی است. با توجه به اینکه محقق ابتدا به دنبال شناسایی، مهم‌ترین عوامل مؤثر در پیش‌بینی بحران مالی بازار سرمایه ایران و سپس پیش‌بینی بحران مالی با استفاده از رویکرد پانل دیتا و رگرسیون چندمتغیره و الگوهای هوشمند، برای نشان دادن ارتباط میان شاخص‌ها و بحران مالی و همچنین پیش‌بینی دقیق‌تر آینده پیش‌رو است. لذا این پژوهش یک نوع آینده پژوهشی محسوب می‌شود.

#### ۳-۱- جامعه و نمونه آماری

جامعه آماری پژوهش شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران است و به منظور دستیابی به نمونه‌ای همگن و یکنواخت از شرکت‌ها و همچنین جلوگیری از تحریف نتایج، شرکت‌هایی که دارای ویژگی‌های زیر باشند، به‌عنوان نمونه انتخاب شده‌اند که از طریق وب



سایت و بانک‌های اطلاعاتی نرم‌افزار (ره آورد نوین) بانک اطلاعاتی بانک مرکزی و مرکز آمار ایران اطلاعات آن گردآوری شده است:

۱. از ابتدای سال ۱۳۸۸ تا پایان سال ۱۳۹۸، سهام آن در بورس اوراق بهادار تهران به صورت فعال معامله شده باشد و در طی این دوره زمانی، توقف عمده (بیش از شش ماه) نداشته باشد.
  ۲. به لحاظ افزایش قابلیت مقایسه، دوره مالی آن‌ها منتهی به پایان اسفند ماه باشد. ۳. به دلیل متفاوت بودن ماهیت اقتصادی جزو شرکت‌های واسطه‌گری مالی نباشند.
- لذا پس از اعمال محدودیت‌های فوق با استفاده از روش فوق، نمونه‌ای متشکل از ۱۷۳ شرکت برای ۱۱ سال (۱۹۰۳ مشاهده) بدست آمد.

### ۲-۳- مدل رگرسیون و تعریف متغیرها

مدل ارائه شده بر اساس بررسی و مرور مبانی نظری، به شرح زیر است.

مدل ۱

$$Z_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 Pr_{i,t} + \beta_2 Pol_{i,t} + \beta_3 FA_{i,t} + \beta_4 Exch_{i,t} + \beta_5 Liq_{i,t} + \beta_6 TD_{i,t} + \beta_7 QB_{i,t} \\ + \beta_8 EVA_{i,t} + \beta_9 Int_{i,t} + \beta_{10} P/S_{i,t} + \beta_{11} SD_{i,t} + \beta_{12} Inv_{i,t} + \beta_{13} M_{i,t} \\ + \beta_{14} DPS_{i,t} + \beta_{15} REVA_{i,t} + \beta_{16} EPS_{i,t} + \beta_{17} GNP_{i,t} + \beta_{18} GDP_{i,t} \\ + \beta_{19} ROA_{i,t} + \beta_{20} P_{i,t} + \beta_{21} FCF_{i,t} + \beta_{22} EF_{i,t} + \beta_{23} P/E_{i,t} + \beta_{24} RI_{i,t} \\ + \beta_{25} MVA_{i,t} + \varepsilon_{i,t}$$

### ۳-۳- تعریف متغیرها

Z: معیار Z آلتمن است که به شرح زیر محاسبه می‌شود.

$$Z = 1,2X_1 + 1,4X_2 + 3,3X_3 + 0,6X_4 + 0,999X_5$$

که در آن:

$X_1$ : نسبت سرمایه در گردش به کل دارایی‌ها (دارایی‌های جاری را در مقایسه با کل دارایی‌های شرکت اندازه‌گیری می‌کند).

$X_2$ : نسبت سود انباشته به مجموع دارایی‌ها سودآوری شرکت را اندازه‌گیری می‌کند که ترکیبی از عمر و قدرت ایجاد سود شرکت است).



$X_3$ : نسبت سود قبل از بهره و مالیات به مجموع دارایی‌ها (کارایی عملیات را اندازه‌گیری و بر این نکته تأکید دارد که کارایی عملیات در بقای شرکت نقش مؤثرتری نسبت به مالیات و بهره دارند).

$X_4$ : نسبت ارزش بازار سهام شرکت به مجموع بدهی‌ها

$X_5$ : نسبت فروش خالص به مجموع دارایی‌ها (گردش دارایی‌ها را در شرکت اندازه‌گیری می‌کند).

Pr: ایجاد تحریم‌های جدید برابر با ۱، در غیر اینصورت صفر؛

Pol: ایجاد سیاست‌های جدید اقتصادی دولت برابر با ۱، در غیر اینصورت صفر؛

FA: وجود توافق‌های ملی و بین‌المللی از قبیل برجام و FATF برابر با ۱، در غیر اینصورت صفر؛

Exch: نرخ ارز؛

Liq: رشد نقدینگی نسبت به سال قبلی؛

TD: تحولات در فناوری درجه‌بندی شده به صورت: سریع برابر است با یک؛ متوسط برابر

است با دو؛ و کم برابر است با ۳؛

QB: نسبت کیوتوبین که برابر است با مجموع ارزش بازار سهام شرکت و بدهی‌ها، تقسیم بر

مجموع دارایی‌ها؛

EVA: ارزش افزوده اقتصادی تقسیم بر دارایی‌های ابتدا دوره؛

Int: نرخ بهره وام؛

P/S: نسبت ارزش بازار سهام شرکت به درآمد فروش؛

SD: عرضه و تقاضای صنایع؛ عرضه ۱ و تقاضا ۲؛

Inv: لگاریتم طبیعی سرمایه‌گذاری در صنعت؛

M: معیار بنیش؛

DPS: سود سهام نقدی به ازای هر سهم؛

REVA: ارزش افزوده اقتصادی تعدیل شده؛

EPS: سود خالص به ازای هر سهم؛

GNP: لگاریتم طبیعی تولید ناخالص داخلی؛



GDP: لگاریتم طبیعی تولید ناخالص ملی؛

ROA: بازده دارایی‌ها، برابر است با نسبت سود عملیاتی به مجموع دارایی‌های اول دوره؛

P: نحوه قیمت‌گذاری در صنایع؛ برابر است با سه سطح صنایع بالادستی (۱)؛ پایین دستی (۲)؛ و متوسط (۳)؛

FCF: نسبت جریان‌های نقدی آزاد به دارایی‌های اول دوره؛

EF: لگاریتم طبیعی بهره‌وری؛

P/E: نسبت قیمت هر سهم به حقوق صاحبان سهام به ازای هر سهم؛

RI: نسبت سود باقیمانده به دارایی‌های ابتدا دوره؛ و

MVA: نسبت ارزش افزوده بازار به دارایی‌های ابتدا دوره.

#### ۴- یافته‌های پژوهش

شایان ذکر است که قبل از انجام تحلیل‌های الگوریتم ترکیبی باید عنوان داشت که با استفاده از تحلیل مضمون (یعنی مطالعه مقالات، کتب، روزنامه، مصاحبه و.....) مهمترین عوامل موثر در پیش‌بینی بحران مالی بازار سرمایه ایران شناسایی شد. در این گام برای شناسایی عوامل موثر در کنار مرور ادبیات با انجام مصاحبه‌ای از خبرگان (اساتید دانشگاه در حوزه حسابداری و مدیران مالی شرکت‌هایی پذیرفته شده در بورس) این مهم میسر گردید که شرح آن در جدول زیر نشان داده شده است.

جدول ۱. عوامل موثر در پیش‌بینی بحران مالی بازار سرمایه ایران

منبع	شاخص‌ها	منبع	شاخص‌ها
متون	سود نقدی هر سهم	مصاحبه	تحریم
متون	ارزش افزوده اقتصادی تعدیل شده	مصاحبه	سیاست های اقتصادی دولت
متون و مصاحبه	سود هر سهم	مصاحبه و متون	توافق‌های ملی و بین‌المللی از قبیل برجام و FATF
متون	لگاریتم تولید ناخالص داخلی	متون	نرخ ارز (لگاریتم)



منبع	شاخص‌ها	منبع	شاخص‌ها
متون	لگاریتم تولید ناخالص ملی	متون	رشد نقدینگی
متون و مصاحبه	بازده کل دارایی‌ها	متون	تحولات فناوری
مصاحبه	نحوه قیمت‌گذاری در صنایع	متون	کیوتوبین
متون و مصاحبه	جریان نقد آزاد	متون و مصاحبه	ارزش‌افزوده اقتصادی
متون	بهره‌وری	متون	نرخ بهره وام
متون	نسبت قیمت به سود هر سهم	متون	نسبت قیمت به فروش
متون	سود باقیمانده	مصاحبه	عرضه و تقاضای محصولات صنعتی
متون و مصاحبه	ارزش افزوده بازار	مصاحبه	حجم سرمایه‌گذاری در صنعت
		متون	معیار بنیش

در خصوص مصاحبه باید اذعان داشت که ۱۹ نفر با توجه به اصل کفایت نظری و روش نمونه‌گیری گلوله برفی تعداد ۱۹ به عنوان نمونه انتخاب شدند و دیدگاه و نظرات خود را در مورد سوالات ("از دیدگاه شما عوامل موثر در پیش‌بینی بحران مالی بازار سرمایه ایران کدامند؟" "به نظر شما متغیرهای خرد و کلان در پیش‌بینی بحران مالی بازار سرمایه ایران چه می‌تواند باشد؟" "آیا بحران‌های سیاسی می‌تواند در پیش‌بینی بحران مالی بازار سرمایه ایران اثرگذار باشد؟" "دیدگاه خود را در مورد تأثیر متغیرهای مالی و غیرمالی در پیش‌بینی بحران مالی بازار سرمایه ایران بیان کنید" "از نظر شما تأثیر شاخص‌های اقتصادی و اجتماعی در پیش‌بینی بحران مالی بازار سرمایه ایران چگونه است؟") پژوهش ابراز داشتند. سپس داده‌ها به کمک روش کدگذاری تجزیه و تحلیل و در قالب جدول فوق ارائه گردید.



#### ۴-۱- آمار توصیفی

آمار توصیفی متغیرهای پژوهش شامل متغیرهای توضیحی و متغیر وابسته تحقیق در جدول ۲ آورده شده است. این جدول داده‌ها و اطلاعات پژوهش را توصیف می‌کند و طرح یا الگوی کلی از داده‌ها برای استفاده سریع و بهتر از آن‌ها به دست می‌دهد. در یک جمع‌بندی با استفاده مناسب از آمار توصیفی می‌توان ویژگی‌های یک دسته از اطلاعات را بیان کرد. پارامترهای مرکزی و پراکندگی به همین منظور به کار می‌روند. کارکردهای این معیارها این است که می‌توان خصوصیات اصلی مجموعه‌ای از داده‌ها را به صورت یک عدد بیان کنند و بدین ترتیب افزون‌بر آن که به فهم بهتر نتایج یک آزمون کمک می‌کنند.

جدول ۲. نتایج آمار توصیفی متغیرهای تحقیق

مشاهدات	انحراف معیار	حداقل	حداکثر	میانه	میانگین	اختصار	متغیر
۱۸۹۹	۲/۱۶	۰/۵۹	۸/۸۳	۲/۶۰	۳/۲۱	Z	معیار ورشکستگی آلتمن
۱۹۰۳	۰/۴۸	۰/۰۰	۱/۰۰	۰/۰۰	۰/۳۶	Pr	تحریم
۱۹۰۳	۰/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	Pol	سیاست‌های اقتصادی دولت
۱۹۰۳	۰/۴۵	۰/۰۰	۱/۰۰	۰/۰۰	۰/۲۷	FA	توافق‌های ملی و بین‌المللی از قبیل FATF و برجام
۱۹۰۳	۰/۷۳	۹/۲۱	۱۱/۷۷	۱۰/۲۳	۱۰/۱۲	Exch	نرخ ارز (لگاریتم)
۱۹۰۳	۵/۲۷	۲۰/۱۳	۳۸/۸۲	۲۳/۹۱	۲۶/۳۵	Liq	رشد نقدینگی
۱۹۰۲	۰/۴۹	۱/۰۰	۳/۰۰	۲/۰۰	۲/۲۶	TD	تحولات فناوری
۱۸۹۹	۱/۵۵	۰/۹۴	۶/۶۳	۱/۷۹	۲/۳۸	QB	کیوتوبین
۱۹۰۳	۲/۲۸	--/۰۰	۹/۲۶	۰/۱۶	۱/۰۷	EVA	ارزش‌افزوده اقتصادی
۱۹۰۳	۳//۰۶	۱۲/۰۰	۲۱/۵۰	۱۸/۰۰	۱۶/۴۶	Int	نرخ بهره وام
۱۸۹۹	۴/۰۶	۰/۲۶	۱۵/۵۱	۱/۶۷	۳/۳۵	P/S	نسبت قیمت به فروش



مشاهدات	انحراف معیار	حداقل	حداکثر	میان	میانگین	اختصار	متغیر
۱۹۰۳	۰/۵۰	۱/۰۰	۲/۰۰	۱/۰۰	۱/۴۵	SD	عرضه و تقاضای محصولات صنعتی
۱۹۰۳	۲/۳۶	۲۵/۱۷	۳۳/۸۳	۳۰/۰۰	۲۹/۹۲	Inv	حجم سرمایه‌گذاری در صنعت
۱۸۹۹	۲/۳۰	-۱۴/۷۲	۲۰/۷۰	-۲/۴۸	-۲/۱۵	M	معیار بنیشت
۱۸۹۹	۷۳۴/۱۴	۰/۰۰	۲۵۷۷/۵۰	۲۵۰/۰۰	۵۶۶/۹۶	DPS	سود نقدی هر سهم
۱۹۰۳	۰/۰۱	۰/۰۱	۶۰۳۶	۰/۹۲	۰/۹۶	REVA	ارزش‌افزوده اقتصادی تعدیل‌شده
۱۸۹۹	۹۹۴/۰۲	- ۲۳۱/۹۵	۳۴۵۵/۹۱	۴۶۲/۰۰	۸۲۷/۵۸	EPS	سود هر سهم
۱۹۰۳	۰/۰۶	۳۶/۲۸	۳۶/۴۸	۳۶/۳۴	۳۶/۳۶	GNP	لگاریتم تولید ناخالص داخلی
۱۹۰۳	۰/۵۳	۴۲/۸۶	۴۴/۶۴	۴۲/۸۸	۴۲/۷۷	GDP	لگاریتم تولید ناخالص ملی
۱۹۰۳	۰/۱۴	-۰/۰۷	۰/۴۶	۰/۱۰	۰/۱۳	ROA	بازده کل دارایی‌ها
۱۹۰۳	۰/۵۸	۱/۰۰	۳/۰۰	۲/۰۰	۲/۴۳	P	نحوه قیمت‌گذاری در صنایع
۱۹۰۳	۲/۴۷	-۰/۲۲	۹/۹۶	۰/۰۹	۱/۰۳	FCF	جریان نقد آزاد
۱۹۰۳	۴/۹۹	۸۶/۲۰	۱۰۰/۰۰	۹۲/۶۳	۹۳/۲۳	Ef	بهره‌وری
۱۸۹۹	۱۸/۲۱	-۱۳/۸۱	۷۲/۹۶	۶/۰۸	۱۰/۵۸	P/E	نسبت قیمت به سود هر سهم
۱۹۰۳	۲/۵۵	-۰/۰۷	۹/۸۷	۰/۱۵	۱/۱۸	RI	سود باقیمانده
۱۹۰۳	۲/۶۵	-۰/۰۶	۱۰/۴۲	۰/۱۵	۱/۲۲	MVA	ارزش افزوده بازار



#### ۴-۲- یافته‌های مدل رگرسیونی: مانایی متغیرها

برای آزمون مانایی متغیرها، از آزمون همجمعی کائو استفاده شد. یافته‌ها نشان می‌دهد که سطح خطای معناداری آماره دیکی فولر کمتر از ۵ درصد (۳/۷۱۸) است. بنابراین، می‌توان گفت مشکلی از بابت وجود ریشه واحد وجود نداشته و در نتیجه نگرانی برای وجود رگرسیون کاذب وجود ندارد.

#### ۴-۲-۱- آزمون مدل پژوهش

یافته‌های حاصل از آزمون مدل پژوهش در جدول ۲ آمده است. ضریب تعیین مدل آزمون شده، معادل ۰/۱۹۸ است و نشان می‌دهد که ۲۰ درصد تغییرات در متغیر وابسته، توسط متغیرهای مستقل و کنترلی توضیح داده می‌شود. باتوجه به معناداری آماره والد، می‌توان گفت که مدل در سطح کلی معنادار است. آماره معنادار گزارش شده لیمر، نشان می‌دهد که مدل باید از طریق روش پائل تخمین زده شود. همچنین، آماره غیرمعنادار هاسمن نشان می‌دهد که مدل باید بر اساس روش اثرات تصادفی تخمین زده شود. برای اطمینان از نتایج، از آماره خودهمبستگی ولد ریچ استفاده شد. یافته‌ها نشان می‌دهد که خودهمبستگی وجود ندارد. باتوجه به تصادفی بودن اثرات برای تخمین، نیازی به انجام آزمون همخطی و واریانس ناهمسانی نیست.

یافته‌ها نشان می‌دهد که برخی از متغیرها تأثیر معناداری بر بحران مالی شرکت‌ها داشته‌اند. یافته‌ها نشان می‌دهد وجود و افزایش تحریم‌ها، منجر به افزایش بحران مالی در شرکت‌ها شده است. همچنین، یافته‌ها نشان می‌دهد که توافقات ملی و بین‌المللی از قبیل برجام و FATF نیز بحران مالی را افزایش می‌دهد. با این حال، نتایج بیان می‌کنند که تحولات فناوری بحران مالی را کاهش می‌دهد. یافته‌های سایر متغیرها نیز نشان‌دهنده تأثیر معنادار بر بحران مالی شرکت‌ها است. در این میان نرخ بهره وام و نسبت قیمت به فروش تأثیر مثبت و معناداری بر بحران مالی دارند. علاوه بر این، معیار بنیث و سود نقدی هر سهم نیز منجر به افزایش معناداری بحران مالی شده‌اند. علاوه بر این، تولید ناخالص ملی، تولید ناخالص داخلی، بازده



دارایی‌ها و بهره‌وری نیز تأثیر مثبت و معناداری در سطح ۵ درصد بر بحران مالی شرکت‌ها داشته‌اند. یافته‌های حاصل از آزمون مدل رگرسیونی پژوهش، نشان‌دهنده تأثیر معنادار برخی از عوامل درون و برون سازمانی بر بحران مالی است.

جدول ۳. نتایج آزمون تخمین مدل

متغیر	نماد	ضریب	انحراف معیار	آماره	سطح معناداری
تحریم	Pr	۱/۲۹۳	۰/۲۳۰	۵/۶۲	۰/۰۰۰
سیاست‌های اقتصادی دولت	Pol	۰/۰۲۱	۰/۰۲۸	۰/۵۷	۰/۵۷۰
توافق‌های ملی و بین‌المللی از قبیل برجام و FATF	FA	۰/۴۱۰	۰/۱۵۵	۲/۶۴	۰/۰۰۸
نرخ ارز (لگاریتم)	Exch	۰/۱۶۳	۰/۱۳۸	۱/۱۸	۰/۲۳۶
رشد نقدینگی	Liq	۰/۰۱۶	۰/۰۲۸	۰/۵۹	۰/۵۵۶
تحولات فناوری	TD	-۰/۰۰۲	۰/۰۰۱	-۲/۰۸	۰/۰۳۹
کیوتوبین	QB	-۰/۰۳۱	۰/۰۲۴	-۱/۲۹	۰/۱۹۸
ارزش‌افزوده اقتصادی	EVA	۰/۰۶۵	۰/۲۱۳	۰/۳۱	۰/۷۵۸
نرخ بهره وام	Int	۰/۱۶۸	۰/۰۴۵	۳/۶۹	۰/۰۰۰
نسبت قیمت به فروش	P/S	۰/۰۲۵	۰/۰۰۶	۴/۰۵	۰/۰۰۰
عرضه و تقاضای محصولات صنعتی	SD	-۰/۰۱۴	۰/۳۴۴	-۰/۰۴	۰/۹۶۷
حجم سرمایه‌گذاری در صنعت	Inv	۰/۰۵۹	۰/۰۴۰	۱/۴۷	۰/۱۴۳
معیار بنیشت	M	۰/۰۸۸	۰/۰۲۱	۴/۰۵	۰/۰۰۰
سود نقدی هر سهم	DPS	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰	۲/۹۵	۰/۰۰۳
ارزش‌افزوده اقتصادی تعدیل‌شده	REVA	-۰/۰۰۳	۰/۰۰۷	-۰/۴۲	۰/۶۷۴
سود هر سهم	EPS	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۸۵	۰/۳۹۴
لگاریتم تولید ناخالص داخلی	GNP	۰/۱۳۷	۰/۰۶۶	۲/۰۶	۰/۰۳۹
لگاریتم تولید ناخالص ملی	GDP	۲/۸۹۷	۱/۴۷۳	۱/۹۷	۰/۰۴۹
بازده کل دارایی‌ها	ROA	۰/۸۳۷	۰/۲۳۰	۳/۶۳	۰/۰۰۰
نحوه قیمت‌گذاری در صنایع	P	-۰/۳۵۹	۰/۳۱۵	-۱/۱۴	۰/۲۵۵



متغیر	نماد	ضریب	انحراف معیار	آماره	سطح معناداری
جریان نقد آزاد	FCF	۰/۰۱۵	۰/۰۲۱	۰/۷۱	۰/۴۷۷
بهره‌وری	Ef	۰/۰۹۲	۰/۰۴۰	۲/۲۷	۰/۰۲۳
نسبت قیمت به سود هر سهم	P/E	-۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۰۱	-۰/۶۳	۰/۵۳۲
سود باقیمانده	RI	-۰/۰۵۵	۰/۲۲۹	-۰/۲۴	۰/۸۰۹
ارزش افزوده بازار	MVA	۰/۴۱۴	۰/۲۴۱	۱/۷۲	۰/۰۸۸
ضریب تعیین		۰/۱۹۸			
آماره والد		۳۰۴/۷۷			
آماره لیمر		۱۳/۲۸			
آماره هاسمن		۲۱/۰۴			
آماره ولدریچ		۲۲/۶۱۲			

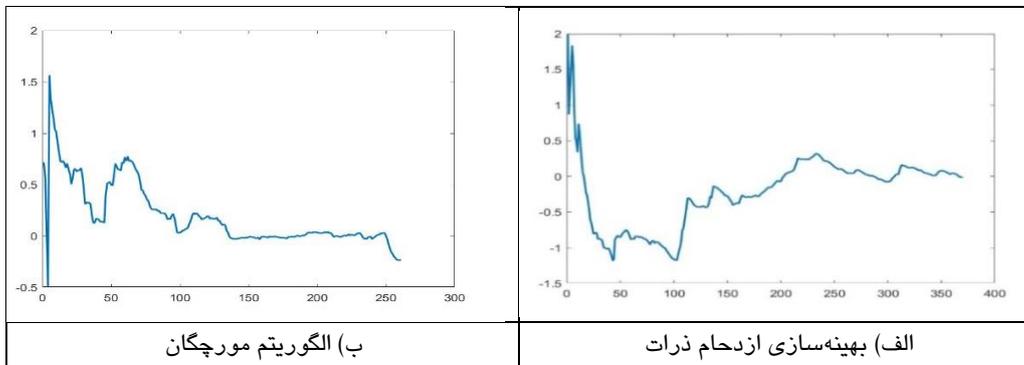
#### ۳-۴- بخش الگوهای هوشمند

#### ۳-۳-۱- متوسط خطای مطلق

از آنجایی که اعمال آزمایشات روش عصبی نیازمند تنظیمات مختلف از جمله لایه‌های پنهان می‌باشد، می‌توان گفت نرخ خطای پیش‌بینی عوامل با استفاده از روش عصبی وابستگی شدیدی به تعداد لایه‌های پنهان در شبکه عصبی و مقادیر وزن‌های اتصال دهنده لایه‌ها به یکدیگر دارد، وزن‌های اتصال دهنده با استفاده از روش فرا ابتکاری ساده و نوینی، مقادیر بهینه‌ای را به خود گرفت اما برای تنظیم نرون‌های لایه‌های پنهان از آزمایش‌های سعی و خطا بهره گرفته شد، سعی و خطاها و تست پیش‌بینی عوامل به ازای نرون‌های مختلف در لایه پنهان، از جمله ۱ الی ۱۵ نرون صورت گرفت. پس از بررسی مقادیر مختلف برای نرون‌ها در لایه پنهان، نتایج نشان دهنده، مناسب بودن ۱۴ نرون لایه پنهان برای پیش‌بینی بود، بطوریکه ابتدا در ۱ الی ده نرون، خطای پیش‌بینی شبکه مقدار قابل توجهی را بدست آورده و سپس در ۱۴ نرون در لایه پنهان، میزان پیش‌بینی بهینه‌ای حاصل می‌شود. با افزودن نرون به لایه‌ها، از یک نرون الی ۱۳ نرون، نرخ خطای پیش‌بینی به مرور کاسته شده و شاهد روال نزولی خطای پیش‌بینی بودیم،



بطوریکه تا رسیدن به ۱۳ نرون لایه پنهان با کاهش نرخ خطای پیش‌بینی مواجه شده و پس از آن در ۱۴ نرون لایه پنهان، پیش‌بینی بهینه‌ای حاصل شده و الگوریتم‌های هوشمند به همگرایی رسیده است. از این رو تحلیل‌های انجام گرفته بواسطه روش عصبی با تنظیمات مختلف نشان از نرخ خطای پایین پیش‌بینی به ازای ۱۴ نرون در لایه پنهان دارد. برای اثبات گفته‌های مذکور، در ادامه نتایج حاصل از پیش‌بینی عوامل مؤثر بر بحران مالی چند شرکت مهم در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱. متوسط خطای مطلق

علاوه بر این چند نوع خطای کلی حاصل از پیش‌بینی در جدول ۴ به ازای پاسخ بهینه پیش‌بینی ثبت شده است.

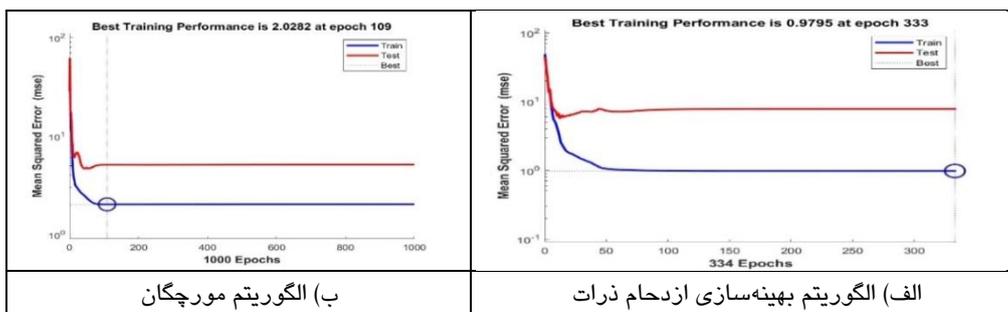
جدول ۴. متوسط خطای مطلق، خطای میانگین مربعات و مجذور R

روش هوشمند	متوسط خطای نسبی	خطای میانگین مربعات	خطای مجذور R
بهینه‌سازی ازدحام ذرات	-۰/۱۶۲۲۶	۲/۷۹۶۲۴۵	۰/۲۴۵۴۱۳
مورچگان	۰/۱۰۳۱۱۳	۲/۲۵۹۰۲	۰/۶۴۷۳۲



#### ۴-۳-۲- اعتبار سنجی عملکرد پیش‌بینی شبکه عصبی با آزمون رگرسیون

بهترین اپک‌های حاصل‌شده در هر بار تکرار روش معادل با ۳۰۰ می‌باشد. شکل ۲ میزان شاخص متوسط ارزیابی خطا را در هر یک از اپک‌ها تا اپک ۳۰۰ ام را نشان می‌دهد. میزان خطای میانگین مربعات روش پیش‌بینی عوامل با استفاده از روش عصبی معادل با  $0/9$  می‌باشد. نمودار عملکرد روش پیش‌بینی در شکل ۲ براساس محاسبه خطای میانگین مربعات حاصل از چند دور (اپک) آموزش شبکه عصبی حاصل می‌شود به‌طوری‌که هرچه نرخ خطای مورد بررسی کم و نزدیک به صفر باشد، نشان از افزایش و عملکرد و راندمان بهتر پیش‌بینی با استفاده از شبکه عصبی دارد.



شکل ۲. عملکرد روش پیشنهادی

در شکل ۲ نمودار عملکرد پیش‌بینی عوامل مؤثر بر بحران مالی را نشان می‌دهد، در این نمودار عملکرد، به مراتب اینکه تعداد اپک‌ها افزایش می‌یابد شاهد یک روند نزولی در میانگین خطای میانگین مربعات هستیم به‌طوری‌که این خطا به صفر نزدیک می‌شود که این امر نشان دهنده دقت بسیار مناسب روش پیشنهادی است به‌طوری‌که به مراتب از خطای پیش‌بینی کاسته می‌شود و در مقابل دقت پیش‌بینی رو به افزایش است و علت این امر در این نکته مهم خلاصه می‌گردد که افزایش تعداد اپک‌ها در شبکه عصبی موجب آموزش بیشتر شبکه و در ادامه شبکه‌ای که آموزش بیشتری ببیند، به مراتب عملکرد بهتری در مقایسه با شبکه‌ای که تعداد

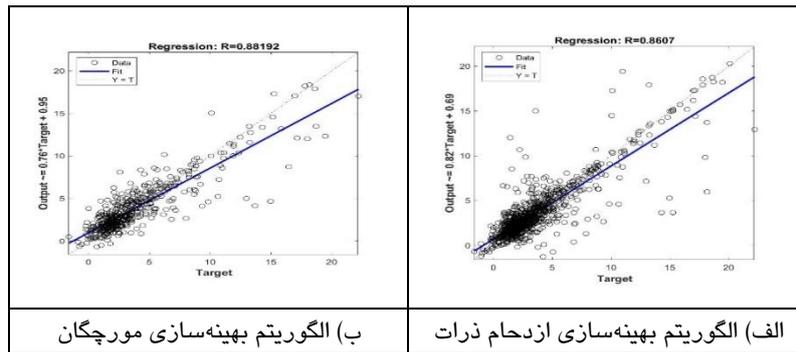


ایک‌های کمتری دارد و آموزش کمتری می‌بینند، خواهد داشت. راه دیگر سنجش و اعتبار سنجی عملکرد روش پیش‌بینی عصبی پیشنهادی، اعمال آزمون رگرسیون بر روی اینگونه شبکه‌ها است، از این رو با انجام آزمون رگرسیون بر روی پیش‌بینی صورت گرفته با شبکه عصبی به اعتبار سنجی عملکرد شبکه پرداخته شد. نتایج حاصل از تحلیل رگرسیون روش عصبی پیشنهادی در شکل ۳ نشان داده شده است. خط برازش<sup>۱</sup> که خط و ناحیه برازش نام دارد، نشان دهنده محدوده همبستگی مناسب میان نمونه داده‌های (عوامل مؤثر) پیش‌بینی شده و واقعی می‌باشد. در تحلیل خط و ناحیه برازش، پاسخی مناسب است که اکثر نمونه‌های داده (عوامل پیش‌بینی شده) در ناحیه برازش در زاویه‌ای ۴۵ درجه قرار گیرند بطوریکه خروجی‌های پیش‌بینی شده معادل با اهداف و برچسب کلاس‌های واقعی داده باشند. با توجه به توضیحات مذکور، همان‌طور که از شکل زیر واضح است، اکثر نمونه‌های داده در فاز تست بر روی منحنی برازش در زاویه‌ای ۴۵ درجه واقع شده‌اند، همچنین مقدار متوسط همبستگی میان خروجی پیش‌بینی شده و نمونه داده‌های واقعی در حدود  $R=0.8$  و نزدیک به ۱ می‌باشد و این نشان از دقت بالای روش پیشنهادی در پیش‌بینی و شناسایی عوامل مؤثر بر بحران مالی دارد. از طرفی علت حاصل شدن مقدار مناسب برای پارامتر  $R$  را می‌توان در تنظیم بهینه وزن‌ها جستجو نمود، از آنجایی که یکی از عوامل تأثیر گذار بر مقدار مناسب  $R$ ، اعمال وزن‌ها و بایاس‌ها در بهترین حالت ممکن به شبکه عصبی است، می‌توان نتیجه گرفت که روش بهینه‌سازی فرا ابتکاری ساده و نوین بکار گرفته شده، در بخش روش پژوهش به‌منظور بهبود و تنظیم بهینه مقادیر وزن‌های اتصال دهنده لایه‌ها به یکدیگر در شبکه عصبی، عملکرد موفقی در بهینه‌سازی و اعمال وزن‌ها و بایاس‌های مناسب به شبکه داشته است. پس می‌توان ادعا کرد که اگر شبکه عصبی صرفاً شبکه‌ای ساده بود، آنگاه نمی‌توانست منجر به چنین پیش‌بینی موفقی در شناسایی عوامل مؤثر بر بحران مالی با کمترین نرخ خطا و در مقابل بیشترین نرخ دقت گردد و به‌عنوان استدلالی دیگر برای اثبات موفقیت شبکه پیشنهادی در پیش‌بینی می‌توان گفت که اگر از رویکرد بهینه‌سازی برای تنظیم بهینه وزن‌های اتصال دهنده در شبکه عصبی

<sup>۱</sup> Fit

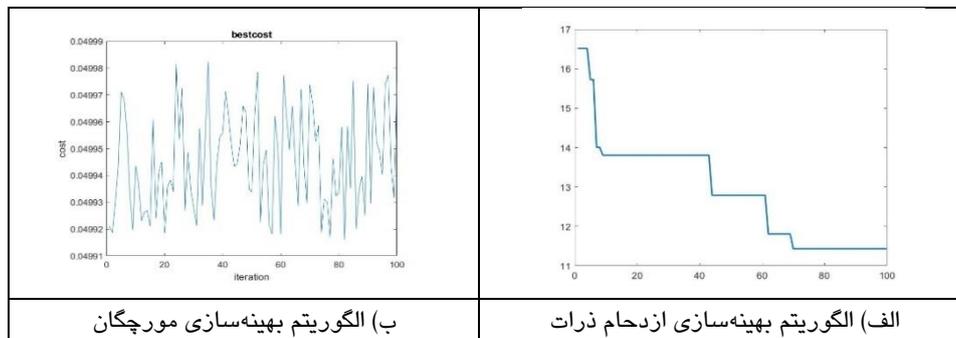


استفاده نمی‌شد، آنگاه باید، از طریق آزمون سعی و خطای به آموزش مجدد شبکه طی دوره‌های متوالی برای بالا بردن راندمان شبکه و اعمال وزن‌ها بهینه و مناسب به شبکه استفاده می‌شد.



شکل ۳. دقت رگرسیون

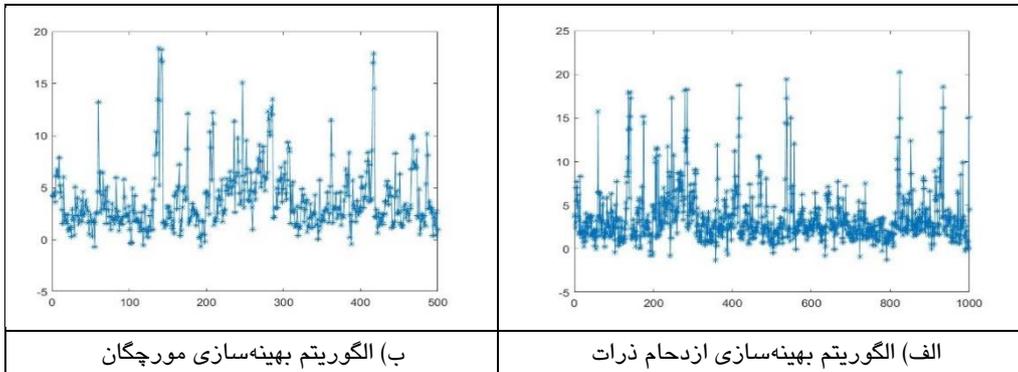
در ادامه در شکل ۴ به روند دقت پیش‌بینی هر یک از الگوریتم‌های هوشمند برای پیش‌بینی بحران مالی با استفاده از متغیرهای تأثیرگذار انتخاب شده پرداخته می‌شود. دقت بالای پیش‌بینی نشان از صحت پیش‌بینی‌های انجام شده و در نتیجه صحت ادعای پژوهش برای میزان تأثیرگذاری بالای هر یک از متغیرهای مالی، اقتصادی، سیاسی و فرهنگی مورد بررسی دارد.



شکل ۴. روند دقت پیش‌بینی



مقایسه بین الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات و مورچگان در پیش‌بینی بحرانی مالی در شکل ۴ با تست بر روی برخی از شرکت‌های بورس معتبر نشان داده شده است. نتایج نشان دهنده بهتر بودن روش مورچگان در مقایسه با الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات و همچنین بهتر بودن روش بهینه‌سازی ازدحام ذرات می‌باشد. مزیت مورچگان در مقایسه با الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات در بهره‌وری قوی و یافتن راه‌حل‌های بدتر و بهتر و نزدیک شدن به بهترین پاسخ‌ها است. مزیت الگوریتم مورچگان در مقایسه با بهینه‌سازی ازدحام ذرات در زیربخش‌سازی خودکار و پرداختن مسائل با استفاده از تعادل میان قابلیت‌های بهره‌وری و کشف می‌باشد بطوریکه الگوریتم مورچگان مبتنی بر بهترین پاسخ سراسری و محلی بوده و برخلاف روش بهینه‌سازی ازدحام به دلیل عدم استفاده از عملگرهایی همچون، انتخاب، برش و جهش از سادگی در تنظیمات و در عین حال دقت مناسب برخوردارند و موقعیت هر راه‌حل را با استفاده از سرعت مبتنی بر موقعیت بهترین محلی و سراسری بروز می‌شود و از طرفی سرعت جستجو در میان راه‌حل‌ها نیز بسیار بالا است و صرفاً راه‌حل بهینه‌قادر به انتقال اطلاعات به راه‌حل‌های دیگر است. همچنین از شکل ۴ که نشان دهنده روند دقت طی شده حاصل از هر یک از الگوریتم‌های بهینه‌سازی در مسئله تخمین بحران مالی بازار سرمایه است، روش بهینه‌سازی مورچگان، همگرایی سریعی در مقایسه با بهینه‌سازی ازدحام داشته و به عبارتی دچار همگرایی زودرس شده است و دلیلش را نیز می‌توان در این مسئله خلاصه نمود که همان‌طور که تکرار پیش می‌رود، الگوریتم مورچگان در این مسئله قادر به عدم کنترل یا کنترل کم میزان تصادفی بودن راه‌حل‌ها می‌شود و در این مورد نظارت پایینی دارد. بنابراین، الگوریتم مورچگان و در ادامه مورچگان از نظر همگرایی روال مناسبی را طی کرده و مشاهده می‌شود که دچار همگرایی زودرس در مسئله پیش‌بینی نگردیده است.



شکل ۵. روند دقت پیش‌بینی

شکل ۵ روند پیش‌بینی میزان بحران به ازای داده‌های مورد بررسی در هریک از روش‌های هوشمند را به ازای درصد نشان می‌دهد. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، نتایج نشان دهنده بحران با تغییر نسبتاً بالا در طی دوره زمانی در نظر گرفته شده است. به عبارتی دیگر نتایج نشان از تغییر نسبتاً بالا میزان بحران در طی دوره زمانی در نظر گرفته شده دارد.

## ۵- نتیجه‌گیری

بدون شک بحران مالی در شرکت‌ها می‌تواند کم کم آینده را برای سرمایه‌گذارها پیش‌بینی‌ناپذیر، کاهش سطح اعتماد و در نهایت منجر به ورشکستگی آن شود. بنابراین، می‌توان باید با استفاده از مدل‌های کاربردی بحران مالی را از قبل پیش‌بینی کرد و در خصوص بازنگری سیستم‌های کنترل شرکت اقدامات لازم را انجام داد. با ارتقا سیستم کنترلی شرکت و انجام اقدامات لازم می‌توان از بحران مالی و در نهایت ورشکستگی شرکت‌ها جلوگیری کرد. از سوی دیگر، سرمایه‌گذاران می‌توانند قبل از سرمایه‌گذاری در حین سرمایه‌گذاری خود در شرکت‌های سرمایه‌پذیر احتمال بروز بحران را پیش‌بینی کرده و بر اساس آن تصمیم‌گیری کنند. پژوهش حاضر با روش‌های تلفیقی سعی در ارائه مدلی دارد که بتواند شرایط بحران را از قبل برای تصمیم‌گیری مدیران و سرمایه‌گذاران شرکت پیش‌بینی کند.



یافته‌ها حکایت از آن دارد که وجود و افزایش تحریم‌ها، منجر به افزایش بحران مالی در شرکت‌ها شده است. این بدان معناست که در صورت تشدید و شکل‌گیری تحریم‌ها، قطعاً ارتباط کسب‌وکار با دنیای اطراف کاهش می‌یابد و توان تأمین منابع خود را در زمان و مکان مناسب از دست خواهد داد و همین امر کافی است تا اعتماد سرمایه‌گذار سلب و ورشکستگی شرکت کلید بخورد. همچنین، یافته‌ها نشان داد که توافقات ملی و بین‌المللی از قبیل برجام و FATF نیز بحران مالی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در این خصوص می‌توان به نکته موشکافه مقام معظم رهبری اشاره نمود که می‌فرماید: این معاهدات ابتدا در اتاق‌های فکر قدرت‌های بزرگ برای تأمین منابع و منافع آنها پخت‌وپز می‌شود و سپس با پیوستن کشورهای همسو و مرعوب رنگ‌وبوی بین‌المللی به خود می‌گیرد. به گونه‌ای که اگر کشور مستقلی همچون ایران آن را نپذیرد مورد هجوم شدید قرار می‌گیرد. بدیهی است این امر به منزله کردن کسب‌وکارها و در نهایت شکست آنها خواهد کرد. از طرفی، نتایج بیان می‌کنند که تحولات فناوری بحران مالی را کاهش می‌دهد. رشد و توسعه فناوری تمامی بخش‌های شرکت را تحت الشعاع قرار می‌دهد و باعث می‌شود شرکت از امکانات و منابع بهتری استفاده نماید که به نوبه خود قابلیت پیش‌بینی آن افزایش یافته و از خطراتی همچون شکست مالی خود را مصون دارد. همچنین نرخ بهره وام و نسبت قیمت به فروش تأثیر مثبت و معناداری بر بحران مالی دارند. در حقیقت زمانیکه نرخ بهره وام زیاد باشد، وام گرفتن برای شرکت مقرون به صرفه نخواهد بود و از تزریق سرمایه به شرکت جلوگیری می‌نماید. این امر در مطالعه غضنفری و همکاران [۲۷] و ما و همکاران [۹] به چشم می‌خورد. کما اینکه در این پژوهش نیز به این مهم اشاره شده است. همچنین، معیار بنیادین و سود نقدی هر سهم نیز منجر به افزایش معنادار بحران مالی شده‌اند. علاوه بر این، تولید ناخالص ملی، تولید ناخالص داخلی، بازده دارایی‌ها و بهره‌وری نیز تأثیر مثبت و معناداری در سطح ۵ درصد بر بحران مالی شرکت‌ها داشته‌اند. به عبارتی می‌توان اذعان داشت که تولید ناخالص داخلی زمانی که سیر نزولی به خود بگیرد و یا اینکه منفی باشد، رکود اقتصادی حاکم خواهد شد و ورشکستگی شرکت‌ها در کوتاه‌ترین زمان ممکن اتفاق خواهد افتاد. هو و همکاران [۲۸] و چن و همکاران [۲۹] در مطالعات خود به این امر پرداخته‌اند



و بیان داشتند که تولید ناخالص داخلی اندک منجر به شکست و نابودی شرکت خواهد شد که در این پژوهش نیز به آن اشاره شده است. از طرف دیگر، با توجه به نتایج حاصل از رگرسیون و دقت حاصل از هریک از الگوریتم‌های بهینه‌سازی، مشخص شد که از نظر کارایی، روش بهینه‌سازی مورچگان بیشترین کارایی را در مسئله پیش‌بینی بحران مالی دارد. برطبق نظریه عدم وجود ناهار مجانی<sup>۱</sup> که اثبات می‌کند، هیچگونه ادعایی مبنی بر اینکه در صورت موفقیت‌آمیز عمل کردن یک الگوریتم در مسئله‌ای خاص، به‌طور قطع حتما در مسئله‌ای دیگر نیز کارایی موفقی دارد، وجود ندارد، به عبارت دیگر، نمی‌توان اثبات کرد که به‌طورمثال اگر الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات در مسئله‌ای همچون پیش‌بینی ریسک سهام با کاربرد بر روی برخی از شرکت‌های پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار ایران، دقت بالایی را حاصل می‌کند، پس به‌طور حتما در پیش‌بینی بحران یا مسئله‌ای دیگر نیز دقت بالایی حاصل خواهد کرد. از این رو اگرچه الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات در برخی مسائل پیش‌بینی مالی، دقت بالایی را حاصل می‌کند. اما در مسئله فعلی کمترین کارایی را در پیش‌بینی بحران داشته است. بنابراین، از نظر ترتیب دقت و کارایی بالای پیش‌بینی می‌توان مورچگان را در راس و روش بهینه‌سازی ازدحام ذرات را در نقطه مقابلش یعنی پایین‌ترین کارایی در نظر گرفت. بنظر می‌رسد روش بهینه‌سازی مورچگان به دلیل زیربخش‌سازی مسائل و قابلیت برقراری تعادل و بالانس میان کشف و بهره‌وری، امکان تولید راه‌حل‌های با تنوع و دقت بالایی را داشته و در نهایت منجر به دقت بالای پیش‌بینی می‌گردد. یافته‌های حاصل از پیش‌بینی بحران با تکیه بر الگوی رگرسیون چندمتغیره و الگوریتم‌های هوشمند بهینه‌سازی نشان از پاسخ مثبت به سوال طراحی مدلی جهت پیش‌بینی بحران مالی بازار سرمایه ایران با استفاده از الگوریتم‌های رگرسیون چندمتغیره و هوشمند می‌باشد. یافته‌ها بر اساس آزمون مدل رگرسیونی، نشان می‌دهد که عوامل درون و برون سازمانی زیادی وجود دارند که بر روی درماندگی مالی شرکت‌ها تأثیرگذار هستند. عمده این معیارها، عوامل سیاسی هستند که منجر به افزایش بحران شده‌اند.

<sup>۱</sup> No Free Lunch



## ۷-منابع

- [۱] Gohrifar, M., KhashaiVarnamkhasi, V & Dehdashti Shahrukh, Z., (۲۰۲۱). Identifying and explaining the key challenges of the banking system International Iran, Research management in Iran, ۲(۲), DOI; ۲۰,۱۰۰۱,۱,۲۳۲۲۰۰,۱۴۰۰,۲۵,۲,۵,۷. [in Persian].
- [۲] Tölö, E. (۲۰۲۰). Predicting systemic financial crises with recurrent neural networks, Journal of Financial Stability, ۴۹, doi.org/۱۰,۱۰۱۶/j.jfs.۲۰۲۰,۱۰۰۷۴۶.
- [۳] Fu, B. (۲۰۱۹). Bubbles and crises: Replicating the Anundsen et al. Results, Journal of Applied Econometrics, ۳۴(۳), doi.org/۱۰,۱۰۰۲/jae.۲۶۹۵.
- [۴] Chen, C. L., Weng, P. Y., & Lin, Y. C. (۲۰۲۰). Global financial crisis, institutional ownership, and the earnings informativeness of income smoothing, Journal of Accounting, Auditing & Finance, ۳۵(۲), doi.org/۱۰,۱۱۷۷/۰۱۴۸۵۵۸X۱۷۶۹۶۷۵.
- [۵] Nazemi Ardakani, M., Zare MehrJardi, V., Mohammadi Nodooshan, A. (۲۰۱۸). A Firms' Bankruptcy Prediction Model Based on Selected Industries by Using Decision Trees Model, Journal of asset management and financing, ۶(۲), DOI: ۱۰,۲۲۱۰۸/amf.۲۰۱۷,۲۱۳۵۵. [in Persian].
- [۶] Yousefi, M.A., Tehrani, R & Mirlohi, S.R (۲۰۲۱). Investigating the effects of financial performance criteria on financial stability Banks in financial crisis, Research management in Iran, ۲۵(۲), DOI; ۲۰,۱۰۰۱,۱,۲۳۲۲۰۰,۱۴۰۰,۲۵,۲,۱,۳. [in Persian].
- [۷] Abbasi Sir, S., Hashemi Gohar, M & Faizi, A (۲۰۲۲). Modeling the factors underlying the behavior of shareholders in the securities market Tehran (Study case: Isfahan Mobarake Steel Company), Modern Researches in Decision Making, ۷(۱), DOI; ۲۰,۱۰۰۱,۱,۲۴۷۶۶۲۹۱,۱۴۰۱,۷,۱,۴,۹. [in Persian].
- [۸] Bayat A., Ahmadi, S.A.R., Mohamadi, M. (۲۰۱۸). The Bankruptcy prediction of Tehran Stock Exchange Using Firefly Algorithm (FA), Quarterly Journal of Financial Engineering and Securities Management, ۹(۳), DOI; ۲۰,۱۰۰۱,۱,۲۲۵۱۹۱۶۵,۱۳۹۷,۹,۳۷,۱۱,۸. [in Persian].
- [۹] Ma, Y. L., & Ren, Y. (۲۰۲۱). Insurer risk and performance before, during, and after the ۲۰۰۸ financial crisis: The role of monitoring institutional ownership, Journal of Risk and Insurance, ۸۸(۲). doi.org/۱۰,۱۱۱۱/jori.۱۲۳۲۳.
- [۱۰] Majid Shariatpanahi, M., Shorabi Araghi, M. (۲۰۰۷). Predicting Iranian Firm Financial Distress: A New Mode, Journal of Financial Accounting Empirical Studies, ۴(۱۶), ۱۹-۴۱.
- [۱۱] Le Moglie, M., & Sorrenti, G. (۲۰۲۲). Revealing “mafia inc.”? Financial crisis, organized crime, and the birth of new enterprises. Review of Economics and Statistics, ۱۰۴(۱), doi.org/۱۰,۱۱۶۲/rest\_a\_۰۰۹۴۲



- [۱۲] Demirgüç-Kunt, A., Peria, M. S. M., & Tressel, T. (۲۰۲۰). The global financial crisis and the capital structure of firms: Was the impact more severe among SMEs and non-listed firms?, *Journal of Corporate Finance*, ۶۰. doi.org/۱۰.۱۰۱۶/j.jcorpfin.۲۰۱۹.۱۰۱۵۱۴.
- [۱۳] Salsabil, M., Rafii Atani, A & Naini, A., (۲۰۲۳). Explaining the consumer decision-making model based on Cognitive and behavioral sciences using the hybrid method, *Modern Researches in Decision Making*, ۷(۹), DOI: ۲۰,۱۰۰۱,۱,۲۴۷۶۶۲۹۱,۱۴۰۱,۷,۲,۴,۷. [in Persian].
- [۱۴] Emami, K., Imam Vardi, Q. (۲۰۱۴). Investigating the possibility of predicting the stock price index in Iran's capital market and comparing the prediction power of linear and non-linear models, *financial economics (financial economics and development*, ۳(۷), DOI: ۲۰,۱۰۰۱,۱,۲۵۳۸۳۸۳۳,۱۳۸۸,۳,۷,۴,۷. [in Persian].
- [۱۵] Saghafi, A., Farhadi, R., Taghavi Fard, M, Barzideh, F.(۲۰۱۵). Forecasting Investors Trading Behavior: Evidence from Prospect Theory, *Investment knowledge*, ۴(۱۵), [in Persian].
- [۱۶] Madrakian, H., Mohadi, M.M, Tabibi Rad, V, Tabibi Rad, M. (۲۰۱۵). Forecasting financial ratios using artificial neural networks in companies listed on the Tehran Stock Exchange, *researcher (management)*, ۹(۳), [in Persian].
- [۱۷] Nabavi Chashmi, S.A., Ahmadi, M, Mahdavi Farahabadi, S. (۲۰۱۴). Forecasting bankruptcy of companies using logit model, *financial engineering and portfolio management*, ۵(۱), DOR:۲۰,۱۰۰۱,۱,۲۲۵۱۹۱۶۵,۱۳۸۹,۱,۵,۳,۰. [in Persian].
- [۱۸] Yap, B. C. F., Munuswamy, S., & Mohamed, Z. (۲۰۱۲). Evaluating company failure in Malaysia using financial ratios and logistic regression, *Asian Journal of Finance and Accounting*, ۴(۱). DOI:۱۰,۵۲۹۶/ajfa.v۴i۱,۱۷۵۲.
- [۱۹] Acosta-González, E., & Fernández-Rodríguez, F. (۲۰۱۴). Forecasting financial failure of firms via genetic algorithms, *Computational Economics*, ۴۳(۲). DOI:۱۰,۱۰۰۷/s۱۰۶۱۴-۰۱۳-۹۳۹۲-۹.
- [۲۰] Dengleri, K., Lois, P., Thrassou, A., & Repousis, S.(۲۰۱۹). Industry application of assessment and forecasting theories through comparative financial analysis: The case of Greek pharmaceutical industries under crisis conditions, In *The synergy of business theory and practice*, Palgrave Macmillan, Cham, ۴(۳), DOI: ۱۰,۱۰۰۷/۹۷۸-۳-۰۳۰-۱۷۵۲۳-۸\_۸.
- [۲۱] Li, Z., Crook, J., Andreeva, G., & Tang, Y. (۲۰۲۰). Predicting the risk of financial distress using corporate governance measures, *Pacific-Basin Finance Journal*, ۶۸(۴), DOI:۱۰,۱۰۱۶/j.pacfin.۲۰۲۰,۱۰۱۳۳۴.
- [۲۲] Ala'raj, M., & Abbod, M. F. (۲۰۱۶). A new hybrid ensemble credit scoring model based on classifiers consensus system approach. *Expert Systems with Applications*, ۶۴(۱). doi.org/۱۰,۱۰۱۶/j.eswa.۲۰۱۶,۰۷,۰۱۷.



- [۲۳] Meier, S., Gonzalez, M. R., & Kunze, F. (۲۰۲۱). The global financial crisis, the EMU sovereign debt crisis and international financial regulation: Lessons from a systematic literature review, *International Review of Law and Economics*, ۶۵(۲). doi.org/۱۰.۱۰۱۶/j.irle.۲۰۲۰.۱۰۵۹۴۵
- [۲۴] Coudert, V., & Gex, M. (۲۰۰۸). Does risk aversion drive financial crises? Testing the predictive power of empirical indicators, *Journal of Empirical Finance*, ۱۵(۲). doi.org/۱۰.۱۰۱۶/j.jempfin.۲۰۰۷.۰۶.۰۰۱.
- [۲۵] Zhang, G., Patuwo, B. E., & Hu, M. Y. (۱۹۹۸). Forecasting with artificial neural networks: The state of the art, *international journal of forecasting*, ۱۴(۴), doi.org/۱۰.۱۰۱۶/S۰۱۶۹-۲۰۷۰(۹۷)۰۰۰۴۴-۷
- [۲۶] Cai, C., Zhang, C., Cai, L., Wu, G., Jiang, L., Xu, Z., & Chen, L. (۲۰۰۹). Origins of Palaeozoic oils in the Tarim Basin: evidence from sulfur isotopes and biomarkers, *Chemical Geology*, ۲۶۸(۴). doi.org/۱۰.۱۰۱۶/j.chemgeo.۲۰۰۹.۰۸.۰۱۲
- [۲۷] ghazanfari, M., Rahimikia, E., & Askari, A., (۲۰۱۸), Predicting bankruptcy of companies based on hybrid intelligent systems, financial accounting and auditing research, ۱۰(۳۷), Doi: [۱۰.۱۰۰۱.۱.۲۳۸۳.۳۷۹.۱۳۹۷.۱۰.۳۷.۷.۷](https://doi.org/10.1001/1.2383.379.1397.10.37.7.7) [in persian].
- [۲۸] HU, H. and M. Sathye, (۲۰۱۵), "Predicting Financial Distress in the Hong Kong Growth Enterprises Market from the Perspective of Financial Sustainability", *Sustainability*. ۷, DOI: [۱۰.۳۳۹۰/su7021181](https://doi.org/10.3390/su7021181)
- [۲۹] Chen, C. L., Weng, P. Y., & Lin, Y. C. (۲۰۲۰). Global financial crisis, institutional ownership, and the earnings informativeness of income smoothing. *Journal of Accounting, Auditing & Finance*, ۳۵(۱), Doi: ۱۰.۱۱۷۷/۰۱۴۸۵۵۸X۱۷۶۹۶۷۵۹.