



کاربرد الگوریتم‌های فراابتکاری در پیش‌بینی در ماندگی مالی با استفاده از متغیرهای مالی و غیرمالی درون شرکتی و اقتصادی (الگوریتم‌های بهینه‌سازی ملخ و کلونی مورچگان)

فریدون مرادی^۱

احمد یعقوب نژاد^۲

آزینا جهانشاد^۳

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۲/۱۷

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۰/۱۲

چکیده

هدف این پژوهش ارزیابی توانمندی الگوریتم فراابتکاری بهینه‌سازی ملخ (GOA) در پیش‌بینی دقیق‌تر در ماندگی مالی با استفاده از متغیرهای درون‌شرکتی (مالی و غیرمالی) و اقتصادی می‌باشد. روش این پژوهش بهبود عملکرد مدل پایه شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون چندلایه (ANN-MLP) از طریق ایجاد مدل ترکیبی مبتنی بر الگوریتم ملخ (MLP-GOA) و مقایسه توانمندی آن با عملکرد مدل ترکیبی مبتنی بر الگوریتم کلونی مورچگان (MLP-ACO) می‌باشد. جامعه آماری پژوهش شرکت‌های فعال در بازار بورس اوراق بهادار تهران طی یک دوره ۷ ساله (از ۱۳۹۱ تا ۱۳۹۷) شامل ۴۷۶ شرکت بوده که در نهایت با حذف سیستماتیک، ۲۸۹ شرکت حایز شرایط (شامل ۲۰۲۳ مشاهده سال-شرکت) مورد بررسی و غربالگری قرار گرفته است. آزمون فرضیه‌ها بر مبنای معیارهای ارزیابی ماتریس اغتشاش و منحنی ROC انجام شد. یافته‌ها توانمندی مدل پایه ANN-MLP در پیش‌بینی در ماندگی مالی با استفاده از متغیرهای مالی و غیرمالی را اثبات نمود و علاوه بر آن، الگوریتم‌های فراابتکاری از طریق مدل‌های MLP-GOA و MLP-ACO عملکرد مدل پایه شبکه عصبی را بهبود دادند. دقت مدل MLP-GOA برای سال وقوع در ماندگی تا دو سال قبل از آن به ترتیب ۹۷/۳٪، ۹۴/۵٪ و ۹۱/۳٪ بوده است که از دقت مدل پایه و مدل MLP-ACO نیز بیشتر بوده است. همچنین نتایج نشان داد که با ورود متغیرهای اقتصادی، اگر چه توانمندی کلیه مدل‌های پایه و ترکیبی به نحو معنی‌داری افزایش یافته است، لیکن در ماندگی مالی بیشتر متاثر از متغیرهای درون‌شرکتی بوده و در واقع اثر متغیرهای اقتصادی بر این رخداد، قبلاً از طریق اثر بر رویدادهای مالی ثبت شده در سیستم حسابداری، لحاظ شده است.

۱- گروه حسابداری، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. fer.moradi.eco@iauctb.ac.ir

۲- گروه حسابداری، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. (نویسنده مسئول) ahm.yaghobnezhad@iauctb.ac.ir

۳- گروه حسابداری، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. azi.jahanshad@iauctb.ac.ir

واژه‌های کلیدی: درماندگی مالی، متغیرهای مالی و اقتصادی، الگوریتم بهینه‌سازی ملخ (GOA)، الگوریتم کلونی مورچگان (ACO) و شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون چند لایه (MLP).
طبقه بندی JEL: G1, G17, G33, M41, P44, C61

۱- مقدمه

پیش‌بینی درماندگی مالی و ارزیابی ریسک اعتباری از مهمترین مسائل در امور مالی بوده و تحقیقات بسیاری در این حوزه را به خود اختصاص داده است. ایجاد سیستم‌های هشدار دهنده بحران‌های مالی و اقتصادی، به منظور کمک به شرکت‌ها و محافظت موثر و به موقع در مقابل تهدیدات مالی، اهمیت زیادی در مدیریت ریسک شرکت‌ها دارند (الحسینی و همکاران، ۲۰۲۲). درماندگی مالی یکی از موضوعات مورد علاقه پژوهشگران ایرانی است و مقالات بسیاری در حوزه‌های مختلف حسابداری، مدیریت مالی، حسابداری و اقتصاد را به خود اختصاص داده است که دلالت بر اهمیت این موضوع برای سرمایه‌گذاران دارد (وقفی و همکاران، ۱۴۰۱). با توجه به رشد فعالان بازار سرمایه در چند سال اخیر و ورود بسیاری از مردم به این بازار، ضرورت توجه به سلامت مالی شرکت‌های فعال در بازار سرمایه افزایش یافته است. سازوکار کنترل داخلی توسعه‌یافته یک شرکت، برای پشتیبانی مدیریت علمی ریسک، می‌باید یک سیستم پیش‌بینی درماندگی مالی (FDPS)^۱ داشته باشد تا بتواند وخامت مالی شرکت را قبل از وقوع درماندگی مالی اعلام نماید. چرا که اگر درماندگی مالی به موقع بهبود نیابد، به ورشکستگی منجر خواهد شد (های‌گینز^۲، ۲۰۰۷) و در برخی موارد نیز، شرکت‌ها به دلایل خاص، درماندگی مالی خود را پنهان نموده و زمانی رسماً اعلام درماندگی مالی می‌کنند که دیگر تلاش برای بهبود وضعیت آنها بیهوده و بسیار دیر است (راوی کومار و راوی^۳، ۲۰۰۷). همچنین یکی از تحقیقات سودمند در زمینه بررسی وضعیت مالی شرکت‌ها، تشخیص درماندگی مالی قبل از وقوع آن و اعلام رسمی ورشکستگی است. هدف اصلی تحقیقات این حوزه نیز کشف و ابداع الگوهای علمی و دقیق در این زمینه است (جی و همکاران^۴، ۲۰۱۹). تیمرمان و گرانجر^۵ (۲۰۰۴) معتقدند، استفاده‌کنندگان اطلاعات مالی دائماً در جستجوی الگوهای پیش‌بینی جدید برای ارزیابی عملکرد و بررسی وضعیت مالی شرکت‌ها هستند. کارایی این الگوها در طی زمان به دلیل بکارگیری آن توسط طیف وسیعی از استفاده‌کنندگان کاهش یافته و لذا ضرورت دارد تا تحقیقات دیگری برای معرفی مدل‌ها و الگوهای جدید انجام شود. امروزه با پیشرفت علوم کامپیوتر و فناوری اطلاعات، تکنیک‌های حل مسئله توسعه یافته و به مرور الگوریتم‌های دقیق‌تری معرفی شده‌اند. صارمی و میرجلیلی دو محقق ایرانی ساکن استرالیا در سال ۲۰۱۷ الگوریتم فراابتکاری بهینه‌سازی ملخ^۶ (GOA) را معرفی و قابلیت‌های آن در حل مسایل مختلف آزمایش و توانمندی آن را در حل

1 Financial Distress Predicting System (FDPS)

2 Higgins

3 Ravi Kumar & Ravi

4 Jie, S. et al.

5 Timmermann & Granger

6 Grasshopper Optimization Algorithm (GOA)

توابع آزمایشی استاندارد و کاربردی به اثبات رساندند. همچنین تحقیقات متعددی که متعاقباً به آن‌ها اشاره خواهد شد، توانایی الگوریتم‌های فراابتکاری را در بهبود عملکرد شبکه‌های عصبی مصنوعی (از طریق انتخاب نمونه و بهبود پارامترهای مدل)، تایید نموده‌اند. هدف اصلی این پژوهش ارزیابی توانمندی الگوریتم GOA در بهبود عملکرد شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون چندلایه^۱ (ANN-MLP) در پیش‌بینی درماندگی مالی با استفاده از متغیرهای مالی و غیرمالی (درون شرکتی) و کلان اقتصادی (برون شرکتی) و مقایسه با عملکرد الگوریتم کلونی مورچگان^۲ (ACO) بعنوان یکی از الگوریتم‌های فراابتکاری رایج در تحقیقات مختلف می‌باشد (صفوی و همکاران، ۱۳۹۳).

۲- مبانی نظری پژوهش

۲-۱- درماندگی مالی و ضرورت تشخیص آن

در ادبیات و متون تخصصی مالی تعاریف مختلفی از درماندگی مالی و ورشکستگی ارایه شده است. از نقطه نظر اقتصادی، درماندگی مالی را می‌توان به زیان‌ده بودن شرکت تعبیر کرد که در این حالت، شرکت دچار عدم موفقیت شده و نرخ بازدهی کمتر از نرخ هزینه سرمایه می‌باشد (وستون و کولپند^۳، ۱۹۹۲). علاوه بر این گوردون (۱۹۷۱) ورشکستگی را کاهش قدرت سودآوری دانسته که احتمال عدم توانایی بازپرداخت اصل بدهی و بهره آن را افزایش می‌دهد. درماندگی مالی زمانی رخ می‌دهد که تناسب بین دارایی‌ها و بدهی‌ها از بین برود و شرکت نتواند دیون خود را تسویه کند (مهرآذین و همکاران ۱۳۹۲). در تعریف دیگری درماندگی مالی وضعیتی از مشکلات مالی است که در آن شرکت از تهدیدات محیط بیرونی اقتصاد و یا عدم تصمیم‌گیری مالی (مناسب و بموقع) داخلی رنج می‌برد و به دلیل جریان ناکافی پول نقد، دچار مشکل شده و یا حتی بدتر از آن ممکن است دچار کاهش سودآوری و در مرحله آخر با ورشکستگی مواجه شود (اسدزاده و مرادی ۱۳۹۳).

با توجه به اینکه معمولاً ورشکستگی موضوعی نیست که در کوتاه‌مدت اتفاق بیفتد و معمولاً از نقطه شروع تا ورشکستگی کامل، چندین سال زمان سپری می‌شود، لذا تشخیص مشکلات مالی قبل از ورشکستگی مانند درماندگی مالی یا بحران مالی، اهمیت بسیار زیادی در جلوگیری از رسیدن شرکت به وضعیت ورشکستگی کامل دارد، و با بررسی وضعیت شرکت و همچنین علل رسیدن شرکت به این مرحله، می‌توان از پیشروی بحران و درماندگی مالی جلوگیری نمود (وقفی و همکاران ۱۴۰۱). طبق مفاد استاندارد شماره ۵۷۰ حسابرسی؛ فرض تداوم فعالیت یکی از مفروضات بنیادی حسابداری است. اگر به هر دلیلی، تردید اساسی نسبت به توانایی تداوم فعالیت واحد انتفاعی ایجاد شود، این فرض جایگاه خود را از دست می‌دهد (کمیته تدوین استانداردهای سازمان حسابرسی، ۱۳۹۴). ضمن اینکه امروزه رقابت روزافزون دستیابی به منابع را محدود و احتمال بروز مشکلات مالی و یا درماندگی مالی (بعنوان یکی از عوامل تردید در تداوم فعالیت) را افزایش داده است (دایوبای و مسکنز^۴، ۲۰۰۲). سلامت یک

1 Multilayer Perceptron Artificial Neural Network (MLP)

2 Ant Colony Optimization Algorithm

3 Weston J. F. & E.T. Copeland

4 Daubie & Meskens

بنگاه اقتصادی در یک محیط تجاری بسیار رقابتی، متاثر از عواملی از جمله؛ (۱) میزان تأمین مالی در بدو تأسیس، (۲) توانایی، انعطاف پذیری نسبی و کارایی آن در ایجاد وجه نقد از محل تداوم عملیات تجاری، (۳) دسترسی به بازارهای سرمایه، و (۴) ظرفیت مالی و توان ادامه حیات در صورت مواجهه با کمبودهای غیرمترقبه و دور از انتظار پول می‌باشد (جی لو و همکاران، ۲۰۱۸). هشدار زود هنگام احتمال وقوع درماندگی مالی، مدیران و سرمایه‌گذاران را قادر به انجام اقدامات پیشگیرانه، همچون تغییر خط‌مشی عملیاتی، تجدید ساختار سازمانی یا مالی و حتی تصفیه اختیاری می‌کند، تا با کاهش تبعات آن، تخصیص منابع را بهبود دهند (ابراهیمی سرو علیا و همکاران، ۱۳۹۷ و رحیمی و همکاران، ۱۴۰۰).

انجام مطالعات در حوزه درماندگی مالی برای کشف الگوهای علمی و دقیق‌تر نیز در راستای همین نیاز و ضرورت بوده است و بر همین اساس جی‌لو و همکاران (۲۰۱۸)، در تحقیق خود، هدف اصلی از پیش‌بینی درماندگی مالی را تعیین میزان ریسک ورشکستگی مالی در آینده‌ای نزدیک عنوان نموده‌اند. بررسی مطالعات داخلی حوزه درماندگی مالی نشان می‌دهد که در ۷۳ درصد آن‌ها از روش‌های کلاسیک عموماً مبتنی بر رگرسیون استفاده شده است (وقفی و همکاران، ۱۴۰۱). در مدل‌های کلاسیک ورشکستگی از روش‌های مدل‌سازی استاندارد مانند مدل ممیزی خطی، مدل ممیزی چند متغیره و مدل ممیزی درجه دو، مدل رگرسیون لوجستیک و مدل تحلیل عاملی استفاده می‌شود. اگرچه روش‌های سنتی مذکور توانسته‌اند احتمال درماندگی مالی و ورشکستگی را با دقت قابل قبولی پیش‌بینی نمایند، اما مفروضات محدودکننده برخی از این مدل‌ها، مانند خطی بودن، نرمال بودن و استقلال متغیرهای پیش‌بین از هم، بر روی اثربخشی این روش‌ها موثر بوده و استفاده از این نوع مدل‌ها را با محدودیت مواجه نموده است (فلاحپور و ارم، ۱۳۹۵). به عنوان مثال آلتمن و همکاران (۱۹۷۷) معتقد بودند که فرض نرمال بودن توزیع متغیرها و فرض وجود ماتریس توزیع یکنواخت از جمله فرض‌های محدودکننده این گونه مدل‌ها می‌باشند (اسدزاده و مرادی، ۱۳۹۳). براین اساس به تدریج روش‌های مبتنی بر هوش مصنوعی مانند شبکه‌های عصبی مصنوعی، الگوریتم ژنتیک، ماشین بردار پشتیبان و الگوریتم‌های فراابتکاری به منظور غلبه بر این محدودیت‌ها معرفی شده‌اند. این تکنیک‌ها به دلیل کارایی بالا و عدم محدودیت‌های ناشی از فرض‌های آماری، کاربردهای گسترده‌ای داشته و به تدریج از تنوع زیادی برخوردار شده‌اند (راوی کومار و راوی، ۲۰۰۷).

بکارگیری تکنیک‌های نوین داده‌کاوی می‌تواند به ما در ارزیابی دقیق‌تر احتمال درماندگی مالی کمک نماید. شبکه‌های عصبی مصنوعی به دلیل مزایای منحصر بفرد آن، بصورت جداگانه و همچنین بصورت ترکیبی با سایر تکنیک‌ها و الگوریتم‌های فراابتکاری، در سطح وسیعی از حوزه‌های مختلف علوم از جمله علوم مهندسی، پزشکی، اقتصاد، مدیریت و ... بکار گرفته می‌شود. در این دسته از الگوریتم‌های ترکیبی یا پیوندی، از مزایای هر دو الگوریتم بهره‌برداری شده و تا حدودی ایرادات جداگانه هریک از آنها نیز برطرف می‌گردد (صفوی و همکاران، ۱۳۹۳).

بر این اساس سؤال اصلی پژوهش این است که آیا الگوریتم فراابتکاری بهینه‌سازی ملخ (GOA)، می‌تواند عملکرد مدل پایه شبکه عصبی پرسپترون چندلایه (ANN-MLP) را در پیش‌بینی درماندگی مالی شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران، بهبود دهد؟ البته در کنار این سؤال اصلی، سئوالات فرعی دیگری در زمینه اثر اضافه نمودن متغیرهای برون شرکتی (کلان اقتصادی) و مقایسه توانمندی این الگوریتم با الگوریتم

کلونی مورچگان (ACO) بعنوان الگوریتم قدیمی‌تر، قابل طرح می‌باشد. با توجه به سئوالات تحقیق و به منظور ارزیابی توانمندی الگوریتم فراابتکاری GOA در پیش‌بینی دقیق‌تر درماندگی مالی شرکت‌های بورس اوراق بهادار تهران، فرضیه‌های تحقیق بشرح زیر تبیین شده است:

- ۱) مدل ترکیبی MLP-GOA توانایی بهبود پیش‌بینی درماندگی مالی را با استفاده از متغیرهای درون شرکتی دارد.
 - ۲) توانایی مدل ترکیبی MLP-GOA در پیش‌بینی درماندگی مالی با ورود متغیرهای کلان اقتصادی افزایش می‌یابد.
 - ۳) مدل ترکیبی MLP-ACO توانایی بهبود پیش‌بینی درماندگی مالی را با استفاده از متغیرهای درون شرکتی دارد.
 - ۴) توانایی مدل ترکیبی MLP-ACO در پیش‌بینی درماندگی مالی با ورود متغیرهای کلان اقتصادی افزایش می‌یابد.
- فرضیه پنجم شامل دو فرضیه فرعی زیر:

- ۵-۱) توانمندی مدل ترکیبی MLP-GOA نسبت به مدل ترکیبی MLP-ACO، در پیش‌بینی درماندگی مالی براساس متغیرهای درون شرکتی بیشتر است.
- ۵-۲) توانمندی مدل ترکیبی MLP-GOA نسبت به مدل ترکیبی MLP-ACO در پیش‌بینی درماندگی مالی، با ورود متغیرهای کلان اقتصادی بیشتر می‌شود.

۲-۲- معیارها و مبانی اندازه‌گیری درماندگی مالی

در مدل‌های کلاسیک از جمله آلتمن (۱۹۶۸)، اسپرینگیت (۱۹۷۸)، تافلر (۱۹۸۳)، فولمر (۱۹۸۴)، زیمپسکی (۱۹۸۴)، زاوگین (۱۹۸۵)، شیراتا (۱۹۹۸)، گرایس (۱۹۹۸) و همچنین الگوهای نوین، معیارهایی برای سنجش وضعیت درماندگی مالی شرکت‌ها بکار گرفته شده است. برای نمونه ویلیام بیور (۱۹۶۶) و آلتمن (۱۹۶۸) در مدل خود، درماندگی مالی را معادل ورشکستگی واقعی در نظر گرفته بودند. چاریتو و همکاران (۲۰۱۱) شرکت‌هایی را که زیان مداوم و کاهش سود تقسیمی داشته‌اند، بعنوان درمانده در نظر گرفتند. همچنین دنیس و دنیس (۱۹۹۵) شرکت‌هایی را به عنوان درمانده مالی معرفی نمودند که بیش از سه سال متوالی زیان داشتند. محققانی دیگر نیز حالاتی مانند وقوع زیان برای چند سال متوالی، سود تقسیمی معوق، تجدید ساختار مالی را از علائم شرکت‌های درمانده دانسته‌اند (غیور، ۱۳۹۶). در اکثر مطالعات داخلی، اغلب مفاهیم درماندگی مالی، بحران مالی و ورشکستگی را باهم و معادل یکدیگر در نظر گرفته‌اند و برای تفکیک شرکت‌های درمانده و غیردرمانده از مفاد ماده ۱۴۱ قانون تجارت استفاده شده است (وقفی و همکاران، ۱۴۰۱) و در برخی از تحقیقات نیز به صورت جداگانه یا ترکیبی از سایر معیارهای خاص دال بر بروز علایم مشکلات مالی مانند زیان متوالی و کاهش فروش و سود تقسیمی طی چند سال و ... استفاده شده است.

۲-۳- درماندگی مالی و ارتباط آن با اطلاعات حسابداری و اقتصادی

در تئوری حسابداری مبتنی بر پیش‌بینی، مدیریت با استفاده از انواع شیوه‌ها و روش‌های آماری، رویدادهای آینده را پیش‌بینی می‌نماید. هدف این تئوری شناسایی و تدوین الگوها و معیارهای تصمیم‌گیری برای حل مسئله است. طرفداران این تئوری، برای تبیین تئوری حسابداری از شاخص سودمندی در پیش‌بینی استفاده می‌کنند و تاکید

بر مربوط بودن بعنوان یکی از ویژگی‌های کیفی اطلاعات حسابداری، منشاء پیدایش شاخص سودمندی در پیش‌بینی شده است (غیور ۱۳۹۶). طی نیمه دوم قرن بیستم بسیاری از محققان با توجه به متغیرهای مبتنی بر صورت‌های مالی، توانستند الگوهایی را برای پیش‌بینی درماندگی مالی ارائه نمایند. همچنین در مطالعات مختلف، مبانی نظری برای توجیه انتخاب صرف نسبت‌های مالی مورد انتقاد قرار گرفته است؛ زیرا این نسبت‌ها، ماهیتاً تاریخی بوده و ممکن است در معرض دستکاری و ظاهر آرایی قرار گرفته باشند. بنابراین استفاده از سایر متغیرها در کنار نسبت‌های مالی در الگوهای پیش‌بینی، می‌تواند دربرگیرنده اطلاعات بروزتری باشد (برگ بید و همکاران، ۱۴۰۰).

علاوه بر این بی‌ثباتی اقتصادی موجب نااطمینانی فعالان اقتصادی نسبت به تحولات آینده شده و در نتیجه آن‌ها نمی‌توانند چشم‌انداز روشن و شفافی از آینده ترسیم نمایند و این امر به ویژه بر سرمایه‌گذاری تأثیر منفی خواهد گذاشت. ثبات اقتصادی از طریق کاهش قابل توجه نااطمینانی سرمایه‌گذاران و پیشبرد برنامه‌ریزی بلندمدت، کمک بسیاری به رشد واقعی اقتصاد (و در نتیجه بهبود شاخص‌های اقتصاد کلان) می‌نماید (برگ بید و همکاران، ۱۴۰۰). شرکت‌ها در محیط اقتصادی بسیار متغیر و رقابتی فعالیت می‌کنند که دستیابی به سود را برای آن‌ها محدودتر نموده است. واکنش سریع و درست در مقابل شرایط متغیر بازار در موفقیت بنگاه‌ها نقش بسزایی دارد. بحران‌های مالی اخیر و متعاقباً افزایش نرخ ورشکستگی، این مسئله را روشن کرده است که پدیده ورشکستگی بدون مراجعه به متغیرهای اقتصادی قابل توضیح نیست (آکوستا و همکاران ۱، ۲۰۱۹). عده‌ای از محققان از جمله آلیفیا، نورهنا و اسماعیل ۲ (۲۰۱۳)، لی و آندریوا ۳ (۲۰۱۵)، هراندز و ویلسون ۴ (۲۰۱۳)، فونتین و همکاران ۵ (۲۰۱۷)، ابراهیمی سرو علیا و همکاران (۱۳۹۷) و برگ بید و همکاران (۱۴۰۰) معتقدند که صرف استفاده از متغیرهای مالی و در نظر نگرفتن شرایط اقتصادی حاکم بر جامعه و شرکت‌ها در فرآیند پیش‌بینی درماندگی مالی، منجر به نتایج نادرست شده و لذا در اینگونه تحلیل‌ها باید متغیرهای اقتصادی نیز مدنظر قرار گیرند.

۴-۲- نوآوری پژوهش

این تحقیق اولین نمونه داخل کشور است که به صورت تجربی شواهدی درخصوص آزمون توانمندی الگوریتم GOA در پیش‌بینی درماندگی مالی شرکت‌های بورس اوراق بهادار تهران را ارائه می‌دهد. علاوه بر این سایر نوآوری‌های این تحقیق عبارتند از:

- درماندگی مالی مفهومی متمایز از ورشکستگی تلقی شده و از یک روش سه مرحله‌ای جدید برای تعیین درماندگی مالی استفاده شده است.

¹ Acosta

² Alifiah, M. N., Norhana S., & Ismail A.

³ Li, Z. Crook, J. & Andreeva, G.

⁴ Hernandez, M. & Wilson, N.

⁵ Fontaine et al.

- در تحقیقات مربوط به پیش‌بینی و مدل‌سازی، حجم نمونه مورد بررسی باید از کفایت و تناسب لازم برخوردار باشد (غیوری، ۱۳۹۶). در این تحقیق با توجه به بکارگیری معیارهای متفاوت در تعیین درماندگی علاوه بر ماده ۱۴۱ قانون تجارت، محدودیت حجم نمونه وجود نداشته و بعلاوه با توجه به دسترسی کامل به اطلاعات، کل جامعه منتخب (۲۸۹ شرکت) مورد غربالگری قرار گرفته شده است.
- متغیرهای این پژوهش، هم از نظر نوع و هم از نظر روش انتخاب، بسیاری از پژوهش‌های مشابه قبلی تفاوت دارد. در این پژوهش، علاوه بر نسبت‌های مالی از برخی متغیرهای مالی و غیرمالی درون شرکتی و همچنین تعدادی از متغیرهای کلان اقتصادی استفاده شده است.
- در این تحقیق مشابه مطالعه آکوستا و همکاران (۲۰۱۹) برای بررسی اثر متغیرهای اقتصادی، از روش متغیرهای متقابل^۱ و حاصلضرب زوجی متغیرهای اقتصادی در متغیرهای اندازه و سن شرکت استفاده شده است.
- از آزمون مقایسه میانگین متغیرها در دو گروه درمانده مالی و غیردرمانده (سالم)، برای گزینش مناسب‌ترین آن‌ها استفاده شده است.
- برخی ویژگی‌های شرکتی از جمله اندازه، سن، چرخه عمر، بازدهی و رقابت‌پذیری با وضعیت درماندگی مالی از طریق طبقه‌بندی آماری مشاهدات گروه‌های درمانده و غیردرمانده مالی، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است.

۳- پیشینه تجربی پژوهش

هرناندز و ویلسون (۲۰۱۳) در پژوهشی احتمال ورشکستگی و درماندگی مالی را برای بازه زمانی ۱۹۸۰ - ۲۰۱۱ با استفاده از متغیرهای کلان اقتصادی، بازار و حسابداری و بکارگیری مدل شبکه عصبی مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که استفاده همزمان این سه دسته از متغیرها، درماندگی مالی را بهتر تبیین می‌کند. همچنین آکوستا و همکاران (۲۰۱۹) با تمرکز بر بخش صنعت ساختمان اسپانیا از ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۱، مدل‌های اقتصادی سنجی را برای پیش‌بینی ورشکستگی و تجزیه و تحلیل آن با استفاده از متغیرهای کلان اقتصادی در کنار سایر نسبت‌های مالی بکار بردند. با توجه به تعداد زیاد متغیرها و بکارگیری الگوریتم ژنتیک (GA)؛ نتایج تحقیق نشان داد که مدل‌های مبتنی بر متغیرهای اقتصادی قادر به دستیابی به نرخ‌های بالای موفقیت در پیش‌بینی ورشکستگی بوده است. علاوه بر این دقت این مدل‌ها برای بنگاه‌های غیردرمانده و درمانده به ترتیب در سال قبل از وقوع آن ۹۸/۵ و ۸۲/۵ درصد بوده است و این دقت پیش‌بینی در ۲، ۳ و حتی ۴ سال قبل آن هم حفظ می‌شود. جی و همکاران (۲۰۱۹)، در تحقیق خود بر چگونگی طراحی مدل‌های پیش‌بینی درماندگی مالی پویا در شرکت‌های چینی براساس تکنیک جریان داده‌های نامتوازن طبقه‌ای^۲ به کمک الگوریتم ماشین بردار پشتیبان (SVM) متمرکز شدند. نتایج

¹ Cross-Variables

² Class-imbalanced Data Stream

آزمایش‌های تجربی مدل براساس داده‌های مالی ۲۶۲۸ شرکت نشان داد که استفاده از این اطلاعات، توانایی مدل را در تشخیص نمونه‌های درمانده مالی تا حدود زیادی بهبود داده است. صارمی و میرجلیلی (۲۰۱۷) الگوریتم GOA را بعنوان تکنیک فراابتکاری نوین معرفی نمودند که با تقلید از رفتار ملخ، جواب‌های بهینه برای مسایل مختلف ارائه می‌نماید. آنها با مدل‌سازی و بررسی توانایی این الگوریتم در حل توابع مختلف، کارایی آن را نسبت به سایر الگوریتم‌های فراابتکاری در حل مسایل حوزه‌های مختلف علوم اثبات نمودند. همچنین جی‌لو و همکاران (۲۰۱۸) در تحقیق دیگری کارایی الگوریتم بهینه‌سازی ملخ را در پیش-بینی درماندگی مالی با استفاده از ۱۰ نسبت مالی در شرکت‌های ژاپنی اثبات نمودند. آنها توانایی الگوریتم بهبودیافته GOA بر مبنای مدل پایه ماشین یادگیری افراطی کرنل (KELM) را در مقایسه با الگوریتم پایه و نیز برخی از الگوریتم‌های فراابتکاری دیگر مورد بررسی و آزمون قرار دادند. یافته‌ها نشان داد که الگوریتم GOA نسبت به سایر مدل‌های فراابتکاری از دقت بالاتری برخوردار بوده و توانایی بهبود عملکرد مدل پایه KELM (نوعی از مدل شبکه عصبی مصنوعی) را داشته است.

در مطالعه دیگری کلادرا و همکاران^۱ (۲۰۲۱)، درماندگی مالی را از زمان همه‌گیری ویروس کرونا (کووید ۱۹) در شرکت‌های صنعت هتل‌داری اسپانیا براساس مدل لاجیت ورشکستگی مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که با کاهش ۶۰ درصدی درآمد، درماندگی مالی ۲۵ درصد افزایش داشته است و در صورت کاهش ۸۰ درصدی درآمد، این احتمال به ۳۲ درصد افزایش یافته است و مشکلات مالی عمدتاً بر شرکت‌های کوچک تأثیرگذارتر بوده است. اگور و همکاران (۲۰۲۲) در تحقیق خود، اثر رقابت‌پذیری بازار محصول را بر ریسک درماندگی مالی، از منظر تئوری نمایندگی مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که رقابت‌پذیری، ریسک درماندگی مالی را کاهش می‌دهد. ضمن اینکه ریسک درماندگی مالی در صنایع کمتر رقابتی بالاتر است. دیگر نتایج نشان داد که بدهی بلندمدت در مقایسه با بدهی کوتاه‌مدت، ریسک درماندگی مالی را کمتر افزایش می‌دهد. همچنین مینهاس^۲ و همکاران (۲۰۲۲) در تحقیق خود درماندگی مالی، چرخه عمر شرکتی و تصمیمات ساختار سرمایه (بدهی و سهام) را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که پریشانی مالی با تصمیمات تجدید ساختار بدهی شرکت‌ها ارتباط معکوس دارد و به طور مثبت با تصمیمات تجدید ساختار سهام مرتبط است. تجزیه و تحلیل بیشتر نشان داد که شرکت‌های جدید، در حال رشد و بالغ ارتباط مثبتی با تصمیمات تجدید ساختار سهام دارند و با تصمیمات تجدید ساختار بدهی ارتباط منفی دارند. البته شرکت‌های رو به زوال (مرحله پیری) تجدید ساختار بدهی را بیشتر ترجیح می‌دهند. الحسینی و همکاران (۲۰۲۲) در تحقیق جدیدی، به پیش‌بینی درماندگی مالی با استفاده از الگوریتم تعدیلی بهینه‌سازی نهنگ^۳ و بکارگیری تکنیک یادگیری عمیق پرداختند. آن‌ها از این الگوریتم برای بهبود پارامترهای مدل شبکه عصبی پرسپترون چندلایه استفاده کردند و توانستند به کمک داده‌های مالی، درماندگی مالی شرکت‌ها را با دقت ۹۵/۸٪ پیش‌بینی نمایند.

¹ Cladera et al.

² Minhas, A.

³ Adaptive Whale Optimization Algorithm (AWOA)

در سه دهه اخیر، تحقیقات متعددی در داخل کشور در زمینه درماندگی مالی و ورشکستگی انجام شده است. میرزایی و همکاران (۱۳۹۱)، تاثیر معنی‌دار و مستقیم ناطمینانی متغیرهای کلان اقتصادی (نرخ ارز و تورم) را بر روی ریسک اعتباری مشتریان حقوقی بانک تجارت (بعنوان معیاری از ارزیابی درماندگی مالی آنها) اثبات نمودند. همچنین تقی‌زاده و همت‌فر (۱۳۹۴) به بررسی کاربرد الگوریتم کلونی مورچگان (ACO) در پیش‌بینی ورشکستگی شرکت‌ها پرداختند. دقت مدل پیشنهادی مبتنی بر این الگوریتم معادل 90 درصد بوده است. رضایی و نژاد تولمی (۱۳۹۳) در تحقیق خود به بررسی و مقایسه الگوریتم ACO با دو مدل پارامتریک تحلیل تمایزی چندگانه و لوجیت برای پیش‌بینی درماندگی مالی با استفاده از نسبت‌های مالی پرداختند. یافته‌ها برتری الگوریتم ACO را نسبت به سایر مدل‌ها نشان داد. همچنین کیقبادی و خدای (۱۳۹۲) در تحقیق دیگری با استفاده از تکنیک‌های داده‌کاوی شامل شبکه عصبی مصنوعی، درخت تصمیم و ماشین بردار پشتیبان به اعتبارسنجی و ارزیابی ریسک مشتریان بانک ملی ایران (با استفاده از ۳۱ متغیر از صورت‌های مالی آنها) در دو گروه خوش حساب و بد حساب پرداختند. نتایج نشان داد که مدل شبکه عصبی عملکرد پیش‌بینی بهتری نسبت به سایر الگوها دارد. در مطالعه دیگری مرادی رامز و سهرابی (۱۳۹۷) به بررسی رابطه سهامداران نهادی به عنوان مالک و مدیر بر درماندگی مالی شرکت‌ها پرداختند. جامعه آماری تحقیق شامل شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران در بازه زمانی ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۴ بوده است و با روش حذف سیستماتیک تعداد ۱۰۷ شرکت به عنوان نمونه انتخاب گردید. نتایج تحقیق حاکی از این بود که بین تعداد سهامداران نهادی که در هیئت مدیره‌اند (مالکیت نهادی) و درماندگی مالی شرکت‌های مورد مطالعه و همچنین بین تعداد سهامداران نهادی که مالک شرکت‌اند (مالکیت مدیریتی) با درماندگی مالی شرکت‌ها رابطه معنادار وجود دارد.

همچنین سیف‌اللهی (۱۳۹۷)، تأثیر مدیریت هموارسازی سود بر هزینه بدهی با تأکید بر درماندگی مالی شرکت‌های پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران را طی بازه زمانی ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۵ با استفاده از تحلیل رگرسیون مورد بررسی و مطالعه قرار دادند. یافته‌ها نشان می‌دهد که رابطه مستقیم و معنادار بین هموارسازی سود و هزینه بدهی وجود دارد. به‌طوری‌که با افزایش هموارسازی سود هزینه بدهی شرکت‌ها نیز افزایش می‌یابد. همچنین درماندگی مالی شرکت‌ها نیز شدت رابطه بین هموارسازی سود و هزینه بدهی را افزایش می‌دهد و درماندگی مالی تأثیر منفی و معناداری بر هزینه بدهی شرکت‌ها دارد. در تحقیق دیگری حاجی شاه‌وردی و همکاران (۱۳۹۸)، براساس برخی شاخص‌ها یک مدل لاجیت باینری با کاربرد مدل چرخشی مارکوف در ارزیابی احتمال وقوع بحران بانکی در بخش مالی ایران طراحی نمودند. متغیرهای نسبت مطالبات غیرقابل برگشت، نرخ تورم، نرخ ارز و بدهی بانک‌ها به بانک مرکزی ج.ا.ا. با توجه به قدرت توضیح دهنده‌گی آنها به عنوان مناسب‌ترین شاخص‌های نشاندهنده بحران بانکی در یکسال قبل از وقوع آن شناسایی شدند. در مطالعه دیگری میرعلوی، پورزمانی و جهان‌شاد (۱۳۹۸) با بررسی رفتار مالی سرمایه‌گذاران جهت پیش‌بینی قیمت سهام با استفاده از مدل‌های فراابتکاری مبتنی بر شبکه‌های عصبی پرسپترون چندلایه (ANN-MLP)، دریافتند که استفاده از الگوریتم GOA خطای مدل را تقلیل داده است. همچنین صوفی و همکاران (۱۳۹۹)، در پژوهش خود از ترکیب تکنیک‌های شبکه عصبی و الگوریتم ژنتیک بر مبنای نسبت‌های مدل زیمیسکی برای مدل‌سازی پیش‌بینی درماندگی مالی در ۶۶ شرکت

درمانده و ۱۵۰ شرکت غیردرمانده طی بازه زمانی سال ۱۳۹۲ تا ۱۳۹۴ استفاده نمودند. نتایج نشان داد که شبکه عصبی و الگوریتم ژنتیک در پیش‌بینی درماندگی مالی از قدرت برابر (۹۵ درصد) برخوردارند، با این وجود، خطای پیش‌بینی در شبکه عصبی در مقایسه با الگوریتم ژنتیک پایین‌تر است. علاوه بر این نمازی و ابراهیمی (۱۴۰۰)، توانایی پیش‌بینی درماندگی مالی شرکت‌های پذیرفته شده در فرابورس و بورس اوراق بهادار را با استفاده از تکنیک داده‌کاوی ماشین بردار پشتیبان مبتنی بر روش اعتبارسنجی متقابل ۵ بخشی و استفاده از دامنه گسترده‌ای از ویژگی‌ها از جمله متغیرهای حسابداری و اقتصاد کلان اثبات نمودند. همچنین برگ بید و همکاران (۱۴۰۰)، در تحقیق خود، با استفاده از الگوهای ترکیبی سه بعدی (مالی، اقتصادی، پایداری)، دوبعدی (مالی و اقتصادی) و تک بعدی (مالی)، درماندگی مالی شرکت‌ها را با استفاده از تحلیل رگرسیون پیش‌بینی نمودند. نتایج نشان داد الگوی ترکیبی سه بعدی بهتر از سایر الگوها با دقت ۸۶٪ وضعیت درماندگی مالی شرکت‌ها را پیش‌بینی نموده است. رحیمی و همکاران (۱۴۰۰)، در مطالعه دیگری با استفاده از تکنیک رگرسیون نسبت‌های مالی موثر در پیش‌بینی درماندگی مالی را در بازه زمانی ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۸ گزینش و با استفاده از مدل شبکه عصبی مصنوعی به پیش‌بینی درماندگی مالی شرکت‌ها پرداختند. آن‌ها از ۳۴ نسبت مالی اولیه تعداد ۲۴ نسبت را انتخاب و وارد مدل نمودند و با میانگین دقت ۹۷ درصد توانستند وضعیت درماندگی مالی شرکت‌های مورد بررسی را پیش‌بینی نمایند.

۴- روش شناسی پژوهش

جامعه آماری پژوهش شامل کلیه شرکت‌های پذیرفته‌شده فعال در بورس اوراق بهادار تهران طی بازه زمانی ۷ ساله از ۱۳۹۱ تا ۱۳۹۷ بوده که سال مالی آن‌ها پایان اسفند ماه (بدون تغییر سال مالی) باشد. همچنین امکان دسترسی به اطلاعات آنها فراهم بوده و جزو شرکت‌های مالی و سرمایه‌گذاری یا واسطه‌گری مالی نباشند. از تعداد ۴۷۶ شرکت با روش حذف سیستماتیک در نهایت ۲۸۹ شرکت انتخاب شده است. داده‌ها و اطلاعات درون شرکتی با استفاده از نرم افزارهای ره‌آورد نوین و تدبیرپرداز از کتابخانه سازمان بورس، سایت کدال جمع‌آوری شده است و حسب ضرورت برخی پردازش‌ها و محاسبات در محیط نرم افزار اکسل روی داده‌های اولیه انجام شده است. همچنین داده‌های مربوط به متغیرهای کلان اقتصادی حسب مورد از منابع رسمی از جمله درگاه‌های اینترنتی بانک مرکزی، مرکز آمار ایران و معاونت سیاست‌گذاری وزارت امور اقتصادی و دارایی استخراج شده است. برای اجرای مدل پژوهش، تحلیل داده‌ها و آزمون فرضیه‌های تحقیق از نرم افزار MATLAB نسخه R2019b و نرم افزار آماری SPSS (نسخه ۲۰) حسب ضرورت استفاده شده است. مشابه تحقیق سورشجانی و قدرتی (۱۳۹۴)، به جهت دسترسی به اطلاعات کلیه شرکت‌ها، از نمونه‌گیری تصادفی استفاده نشده و کل جامعه آماری منتخب (شامل ۲۸۹ شرکت) مورد غربالگری قرار گرفته است.

۴-۱- متغیر درماندگی مالی و نحوه اندازه‌گیری آن

با توجه به مدل تحقیق، وضعیت درماندگی مالی (درماندگی مالی و غیردرماندگی مالی) متغیر وابسته و به نوعی متغیر دسته‌بندی می‌باشد. در بسیاری از تحقیقات مشابه، شرکت‌ها براساس شمولیت ماده ۱۴۱ قانون تجارت درمانده و سایرین بعنوان غیردرمانده طبقه‌بندی می‌شوند. در این تحقیق از روش سه مرحله‌ای زیر برای شناسایی شرکت‌های درمانده استفاده شده است. در مرحله اول؛ با الهام از مطالعات آکوستا و همکاران (۲۰۱۹) و الهادی و همکاران (۲۰۱۷)؛ برای تعیین درماندگی مالی از سه مدل کلاسیک خاص بازار سرمایه ایران طبق جدول شماره ۱ که در تحقیقات داخلی مورد بررسی و تعدیل ضرایب قرار گرفته‌اند، بطور همزمان استفاده شده است. در این مرحله با توجه به مجموع شاخص‌های محاسبه‌شده برای هر یک از شرکت‌ها (مشاهدات سال-شرکت)، یک‌سوم مشاهداتی که کمترین عدد محاسباتی را دارا باشند و همزمان توسط هر سه مدل نیز به تفکیک درمانده مالی تعیین شده‌اند، بعنوان درمانده مالی در نظر گرفته می‌شوند. در مرحله دوم؛ همه مشاهدات، بدون توجه به نمره درماندگی مالی مرحله قبل، بصورت جداگانه با استفاده از برخی معیارهای اختصاصی همانند تحقیقات هرناندز و ویلسون (۲۰۱۳)، خواجه‌وی و قدیریان (۱۳۹۶) و غیور (۱۳۹۶) برای تعیین شرکت‌های درمانده علامت‌دهی می‌شوند. در اینجا شرکت‌هایی بعنوان درمانده مالی شناسایی می‌شوند که حداقل یکی از این معیارها، شامل؛ ۱) زیانده بودن برای سه سال متوالی (۲) کاهش بیش از ۴۰ درصدی سود نقدی برای سه سال متوالی، ۳) سود قبل از بهره و مالیات و استهلاک برای دو سال متوالی کمتر از ۸۰٪ هزینه بهره باشد، ۴) بازده سهام منفی (با کاهش بیش از ۳۰٪) به همراه رشد منفی فروش و ۵) کوچکتر بودن ارزش دفتری هر سهم از ارزش اسمی آن؛ را داشته باشند. در مرحله سوم؛ علاوه بر معیارهای ذکرشده در دو مرحله قبل، مشابه برخی تحقیقات داخلی شمول ماده ۱۴۱ قانون تجارت نیز بعنوان معیار درماندگی مالی برای تعیین درمانده مالی در نظر گرفته شده است.

جدول ۱- استفاده از مدل‌های چند متغیره کلاسیک در تحقیقات داخلی و مدل تعدیل شده خاص بازار سرمایه ایران

نام مدل	محققین	مدل تعدیل شده ایرانی و رابطه مربوط	متغیرها در مدل اصلی و مدل تعدیل شده
مدل آلتمن (۱۹۸۳)	کردستانی، تاتلی و رشیدی (۱۳۹۳)	(1) $Z = 0.291X_1 + 2.458X_2 - 0.301X_3 - 0.079X_4 - 0.05X_5 - 0.60$ شرط ورشکستگی: $Z < 0$	$x_1 =$ نسبت سرمایه در گردش به کل دارایی‌ها $x_2 =$ نسبت سود انباشته به کل دارایی‌ها $x_3 =$ نسبت سود قبل از بهره و مالیات به کل دارایی‌ها
مدل آلتمن و لوالی (۱۹۸۰)	نیکبخت، محمدرضا و بهادری محمدمراد (۱۳۹۱)	(2) $Z = 0.660 + 0.871X_5 - 2.831X_6 - 0.008X_7 + 5.303X_8 + 0.075X_9$ شرط ورشکستگی: $Z < 0$	$x_4 =$ نسبت قیمت دفتری حقوق صاحبان سهام به ارزش دفتری بدهی $x_5 =$ نسبت فروش خالص به کل دارایی‌ها $x_6 =$ نسبت کل بدهی‌ها به کل دارایی‌ها $x_7 =$ نسبت دارایی‌های جاری به بدهی‌های جاری $x_8 =$ نسبت سود خالص بعد از مالیات به کل بدهی‌ها
مدل زیمسکی (۱۹۸۴)	محمدرزاده، پرویز و جلیلی مرند، علیرضا (۱۳۹۱)	(3) $Z = 10.397 + 19.153X_{10} - 13.197X_6$ شرط ورشکستگی: $Z < 0$	$x_9 =$ نسبت درصد رشد حقوق صاحبان سهام به درصد رشد دارایی‌ها $x_{10} =$ نسبت سود خالص به کل دارایی‌ها

منبع: یافته‌های پژوهشگر

بر اساس نتایج مراحل سه گانه مذکور، تمامی مشاهداتی که طی بازه زمانی تحقیق شمولیت ماده ۱۴۱ قانون تجارت را داشته‌اند، بعنوان گروه درمانده مالی طبقه‌بندی شده‌اند و علاوه بر آن، مشاهداتی که در مراحل اول و دوم نیز توامان بعنوان درمانده مالی شناخته شده‌اند، نیز به دامنه شرکت‌های درمانده مالی اضافه و مابقی مشاهدات نیز بعنوان غیردرمانده مالی (سالم) طبقه‌بندی شدند.

۲-۴- متغیرهای مستقل (پیش‌بین) و نحوه اندازه‌گیری آن‌ها

متغیرهای موثر بر درماندگی مالی در دو گروه متغیرهای درون شرکتی و کلان اقتصادی مطابق جدول شماره ۲ ارائه شده‌اند. متغیرهای درون شرکتی (سطح شرکت)؛ نسبت‌های مالی متنوعی از گروه‌های نقدینگی، اهرم (بدهی)، سودآوری و بازار بوده است. علاوه بر این، برخی متغیرهای دیگر مانند اندازه، سن، چرخه عمر، بازده و رقابت‌پذیری به عنوان ویژگی‌های شرکتی نیز مورد استفاده قرار گرفته است. در این تحقیق ۲۶ نسبت مالی مالی متداول که در اغلب مطالعات از آن‌ها استفاده شده است؛ بعنوان متغیر اولیه انتخاب شده‌اند. مشابه برخی تحقیقات از جمله مطالعات رحیمی و همکاران (۱۴۰۰)، خواجوی و قدیریان (۱۳۹۶)، فلاچیور و ارم (۱۳۹۵) و تسای (۲۰۰۹) مناسب‌ترین نسبت‌های مالی گزینش شده‌اند. تکنیک مورد استفاده در اینجا آزمون مقایسه میانگین متغیرها در دو گروه درمانده و غیردرمانده مالی بوده است. اگر نتایج این آزمون نشان دهد که مقدار میانگین‌های یک متغیر در دو جامعه بر حسب متغیر گروه‌بندی متفاوت باشد، می‌توان نتیجه گرفت که متغیر مذکور بر گروه‌بندی تاثیرگذار بوده است (مومنی و فعال قیومی، ۱۳۹۴). اندازه و سن شرکت به ترتیب لگاریتم طبیعی ارزش بازار سهام شرکت و سابقه فعالیت شرکت از سال تاسیس آن بوده و بازده نیز معادل بازده تجمعی سالانه هر سهم در نظر گرفته شده است. همچنین برای اندازه‌گیری شاخص رقابت‌پذیری در بازار، مشابه تحقیق فوسو^۱ (۲۰۱۳)، از شاخص رفیندال-هیرشمن^۲ (HHI) و نسبت کیوتوبین استفاده شده است. رقابت‌پذیری ریسک درماندگی مالی را کاهش داده و بعلاوه ریسک درماندگی مالی در صنایع کمتر رقابتی بالاتر است (اگور^۳ و همکاران، ۲۰۲۲). شاخص HHI (رابطه ۴) در دهه ۱۹۸۰ توسط کمیسیون تجارت آمریکا مورد استفاده قرار گرفت. بازاری که شاخص HHI آن کمتر از ۱۰٪ باشد، رقابتی محسوب می‌شود. در اینجا k تعداد بنگاه‌های فعال در بازار صنعت خاص و S_i سهم فروش شرکت i در همان صنعت است.

$$HHI = \sum_{i=1}^k (S_i)^2$$

شرکتی که نسبت کیوتوبین بالاتری دارد، تمایل بیشتری به تأمین مالی در بازار سرمایه دارد. بزرگ‌بودن این شاخص منجر به پایین بودن اهرم و کاهش ریسک درماندگی مالی می‌شود (کارزبر و شاهوردیانی، ۱۳۹۶). علاوه

^۱ Fosu, S.

^۲ Herfindal-Herishman Index

^۳ Ugur, M.

بر این بزرگتر بودن این نسبت، دلالت بر افزایش توان رقابتی شرکت داشته و عملکرد مثبت شرکت در گذشته و ارزش آفرینی شرکت در مقایسه با سایر رقبا را نشان می‌دهد.

جدول ۲- متغیرهای مستقل تحقیق (متغیرهای پیش‌بین)

متغیر	عنوان متغیر	متغیر	عنوان متغیر
الف- متغیرهای سطح شرکت (FLV)			
۱- نسبت های مالی (FLVA)			
X ₁₄	نسبت سود انباشته به کل دارایی‌ها	X ₁	نسبت سود انباشته به کل دارایی‌ها
X ₁₅	نسبت سود خالص به کل بدهی‌ها	X ₂	نسبت سود انباشته به حقوق صاحبان سهام
X ₁₆	نسبت سود خالص به فروش خالص	X ₃	نسبت ارزش بازار شرکت به کل بدهی‌ها
X ₁₇	نسبت سود خالص قبل از بهره و مالیات به فروش خالص	X ₄	نسبت جریان نقد عملیاتی به کل بدهی‌ها
X ₁₈	نسبت جریان نقد عملیاتی به کل دارایی‌ها	X ₅	نسبت سرمایه در گردش به کل دارایی‌ها
X ₁₉	نسبت هزینه‌های مالی به فروش خالص	X ₆	نسبت دارایی‌های جاری به بدهی‌های جاری
X ₂₀	نسبت بدهی‌های جاری به کل دارایی‌ها	X ₇	نسبت دارایی‌های جاری به کل دارایی‌ها
X ₂₁	نسبت سرمایه در گردش به بدهی‌های بلند مدت	X ₈	نسبت سود خالص قبل از بهره و مالیات به کل دارایی‌ها
X ₂₂	نسبت نقدینگی به کل دارایی‌ها	X ₉	نسبت سودخالص به کل دارایی‌ها
X ₂₃	نسبت ارزش بازار به ارزش دفتری هر سهم	X ₁₀	نسبت سرمایه در گردش به فروش خالص
X ₂₄	نسبت قیمت به سود هر سهم (قیمت در پایان سال t)	X ₁₁	نسبت کل بدهی‌ها به کل دارایی‌ها
X ₂₅	نسبت اندوخته مخارج تحقیق و توسعه به کل دارایی‌ها	X ₁₂	نسبت ارزش دفتری حقوق صاحبان سهام به کل بدهی‌ها
X ₂₆	نسبت دارایی‌های ثابت به کل دارایی‌ها	X ₁₃	نسبت سود خالص قبل از بهره و مالیات به هزینه‌های مالی
۲- سایر متغیرهای مالی و غیر مالی (FLVB)			
X ₃₀	چرخه عمر شرکت	X ₂₇	اندازه شرکت (لگاریتم طبیعی ارزش بازار سهام شرکت)
X ₃₁	نسبت کیوتوبین (ارزش بازار شرکت بعلاوه کل بدهی‌ها به کل دارایی‌ها)	X ₂₈	بازده سالانه هر سهم (بازده تجمعی ۱۲ ماهه)
X ₃₂	شاخص هیرفیندال-هریسمن	X ₂₉	سن شرکت (به سال)
ب- متغیرهای اقتصادی (ELV)			
X ₃₆	نرخ تورم	X ₃₃	تغییرات تولید ناخالص داخلی (رشد اقتصادی)
X ₃₇	تغییرات نرخ ارز	X ₃₄	درآمد سرانه (لگاریتم طبیعی سرانه تولید ناخالص داخلی)
		X ₃₅	نرخ بهره

منبع: یافته‌های پژوهشگر

در اینجا برای اندازه‌گیری متغیر چرخه عمر، مشابه مطالعه الهادی و همکاران (۲۰۱۷) و طبق مدل دی‌آنجلو و همکاران^۱ (۲۰۰۶) از معیار نسبت سودانباشته به مجموع دارایی‌ها و حقوق صاحبان سهام برای طبقه‌بندی مراحل چرخه عمر استفاده شده است. شرکت‌های جدید، در حال رشد و بالغ ارتباط مثبتی با تصمیمات تجدید ساختار سهام دارند و با تصمیمات تجدید ساختار بدهی ارتباط منفی دارند (ریسک‌گریزند). همچنین شرکت‌های رو به

1 DeAngelo, et al.

زوال (پیرتر) تجدید ساختار بدهی را بیشتر ترجیح می‌دهند و عبارتی ریسکی‌تر هستند (مینهایس و همکاران، ۲۰۲۲). همچنین دیکنسون^۱ (۲۰۱۱) و حسن و حبیب (۲۰۱۵)، معتقدند که شرکت‌ها در مرحله ظهور و افول سودآوری کمتر و در عین حال ریسک بالایی دارند، در حالی که در مرحله رشد و بلوغ، سودآورتر اما ریسک پایین‌تری دارند. منطقی است این تفاوت‌ها، در هر مرحله از چرخه عمر، با شدت متفاوتی بر درماندگی مالی تأثیر بگذارد. شرکت‌ها با نسبت بالای سود انباشته به مجموع دارایی‌ها (RE/TA) یا سودانباشته به کل سرمایه (RE/TE) معمولاً بالغ‌تر و یا پیر هستند، در حالی که آنهایی که جوان و رو به رشد هستند، نسبت RE/TA یا RE/TE کمتری دارند. برای سنجش چرخه عمر ابتدا مشابه تحقیق ایزدی‌نیا و همکاران (۱۳۹۲)، براساس رابطه ۵ بصورت جداگانه مقادیر استاندارد نسبت‌ها محاسبه و مجموع آن بعنوان شاخص چرخه عمر لحاظ شده است.

$$Z_{1,2} = (X - \mu) / \sigma \quad (5)$$

توضیح اینکه مرتب‌سازی مقادیر محاسبه‌شده فوق، برای یک سوم اول مشاهدات، بیانگر دوره رشد، یک سوم دوم (وسط) بیانگر دوره بلوغ و یک سوم آخر نشانگر دوره افول (پیری) است. همچنین اطلاعات متغیرهای کلان اقتصادی طبق جدول شماره ۲ شامل رشد اقتصادی، درآمد سرانه، نرخ تورم، نرخ بهره و تغییرات نرخ ارز طی بازه زمانی تحقیق از مراجع رسمی مربوط استخراج و در مدل استفاده شده است. در این تحقیق مشابه آکوستا و همکاران (۲۰۱۹) علاوه بر ورود متغیرهای اقتصادی بصورت جداگانه، از حاصلضرب زوجی اندازه و سن شرکت در هر یک از متغیرهای اقتصادی بعنوان متغیر متقابل استفاده شده است. به اعتقاد آن‌ها شرکت‌ها به یک اندازه از متغیرهای کلان تأثیر نمی‌پذیرند و یک مدل کلی شامل حاصلضرب زوجی متغیرهای شرکتی با متغیرهای سطح صنعت و یا اقتصاد کلان می‌تواند این تأثیر را نشان دهد.

۳-۴- آمار توصیفی نسبت‌های مالی

در جدول شماره ۳ شاخص‌های آمار توصیفی متغیرهای درون شرکتی شامل بخش الف؛ نسبت‌های مالی و بخش ب؛ برخی متغیرهای دیگر درون شرکتی ارائه شده است.

جدول ۳- الف- شاخص‌های آمار توصیفی متغیرهای سطح شرکت شامل نسبت‌های مالی

متغیرها	تعداد	میانگین	انحراف معیار	خطای معیار	متغیرها	تعداد	میانگین	انحراف معیار	خطای معیار
				میانگین					میانگین
X1	۰	۱۶۴۲	۰.۱۷۸۱	۰.۱۷۱۴	X14	۰	۱۶۴۲	۰.۸۹۴۸	۰.۷۶۴۹
	۱	۳۸۱	۰.۵۹۶۸	۰.۹۱۹۷		۱	۳۸۱	۰.۶۸۱۴	۰.۵۹۸۶
X2	۰	۱۶۴۲	۰.۳۵۵۳	۰.۳۵۴۱	X15	۰	۱۶۴۲	۰.۵۱۲۶	۱.۶۱۰۶
	۱	۳۸۱	۱.۷۴۸۱	۲۶.۹۴۳۸		۱.۳۸۰۴	۱	۳۸۱	۰.۰۹۷۷
X3	۰	۱۶۴۲	۴.۲۸۵۳	۹.۷۱۱۲	X16	۰	۱۶۴۲	۰.۳۴۱۲	۱.۹۵۰۵

¹ Dickinson, V.

متغیرها	تعداد	میانگین	انحراف معیار	خطای معیار میانگین	متغیرها	تعداد	میانگین	انحراف معیار	خطای معیار میانگین		
X4	۱	۳۸۱	۰.۶۸۶۶	۱.۵۵۴۱	۰.۰۷۹۶	X17	۱	۳۸۱	۴۸.۴۸۶۲-	۷۵۷.۰۱۹۱	۳۸.۷۸۳۳
	۰	۱۶۴۲	۰.۲۷۵۳	۱.۳۸۰۲	۰.۰۳۴۱		۰	۱۶۴۲	۰.۴۲۳۷	۲.۱۴۶۴	۰.۰۵۳۰
X5	۱	۳۸۱	۰.۰۴۹۰	۰.۱۳۴۲	۰.۰۰۶۹	X18	۱	۳۸۱	۸.۶۶۶۸-	۱۰.۶۳۳۲۸	۵.۴۴۷۶
	۰	۱۶۴۲	۰.۱۶۰۴	۰.۲۳۰۰	۰.۰۰۵۷		۰	۱۶۴۲	۰.۱۱۷۶	۰.۱۴۱۰	۰.۰۰۳۵
X6	۱	۳۸۱	۰.۴۵۵۹-	۰.۸۱۹۴	۰.۰۴۲۰	X19	۱	۳۸۱	۰.۰۴۰۹	۰.۱۶۷۸	۰.۰۰۸۶
	۰	۱۶۴۲	۲.۰۵۹۹	۳.۹۵۲۴	۰.۰۹۷۵		۰	۱۶۴۲	۰.۰۵۷۰	۰.۳۹۴۰	۰.۰۰۹۷
X7	۱	۳۸۱	۰.۷۴۳۱	۰.۴۴۷۰	۰.۰۲۲۹	X20	۱	۳۸۱	۳۹.۸۱۹۳	۶۵۸.۵۱۲۴	۳۳.۷۳۶۶
	۰	۱۶۴۲	۰.۶۱۶۷	۰.۲۱۸۵	۰.۰۰۵۴		۰	۱۶۴۲	۰.۴۵۶۱	۰.۲۰۰۶	۰.۰۰۵۰
X8	۱	۳۸۱	۰.۶۵۰۴	۰.۲۵۳۱	۰.۰۱۳۰	X21	۱	۳۸۱	۱.۱۰۶۱	۰.۸۲۱۰	۰.۰۴۲۱
	۰	۱۶۴۲	۰.۱۸۰۸	۰.۱۴۴۸	۰.۰۰۳۶		۰	۱۶۴۲	۵۲.۴۳۰۰	۳۶۷.۶۳۷۱	۹.۰۷۲۶
X9	۱	۳۸۱	۰.۰۴۵۱-	۰.۱۹۰۸	۰.۰۰۹۸	X22	۱	۳۸۱	۱۷.۰۵۵۱-	۷۶.۷۳۵۰	۳.۹۳۱۳
	۰	۱۶۴۲	۰.۱۳۳۳	۰.۱۳۷۴	۰.۰۰۳۴		۰	۱۶۴۲	۰.۰۷۰۳	۰.۰۹۲۲	۰.۰۰۲۳
X10	۱	۳۸۱	۰.۱۴۶۲-	۰.۲۱۹۰	۰.۰۱۱۲	X23	۱	۳۸۱	۰.۰۳۴۳	۰.۰۴۷۵	۰.۰۰۲۴
	۰	۱۶۴۲	۰.۵۵۴۷	۶.۵۸۷۳	۰.۱۶۲۶		۰	۱۶۴۲	۲.۸۳۸۱	۲.۵۴۰۲	۰.۰۶۲۷
X11	۱	۳۸۱	۴۰.۳۶۴۲۷-	۴۳۷.۰۰۵۹	۲۲۳.۸۸۴۹	X24	۱	۳۸۱	۰.۴۸۱۶	۲۹.۴۵۲۴	۱.۵۰۸۹
	۰	۱۶۴۲	۰.۵۲۶۰	۰.۲۱۰۷	۰.۰۰۵۲		۰	۱۶۴۲	۹۲.۶۸۲۴۳	۲۲۲۸.۹۳۰۴	۵۵.۰۰۵۹۸۵
X12	۱	۳۸۱	۱.۲۹۲۸	۰.۸۳۶۴	۰.۰۴۲۸	X25	۱	۳۸۱	۱۹.۰۴۷۸۵	۱۶۰.۰۰۹۱۴	۸.۱۹۷۵۱۷
	۰	۱۶۴۲	۲.۱۲۶۱	۶.۱۸۶۱	۰.۱۵۲۷		۰	۱۶۴۲	۰.۰۶۱۶.	۰.۲۲۸۱۰.	۰.۰۰۵۶۳.
X13	۱	۳۸۱	۰.۰۴۱۹-	۰.۲۸۳۵	۰.۰۱۹۶	X26	۱	۳۸۱	۰.۰۴۳۳.	۰.۴۰۳۰۷.	۰.۰۲۰۶۵.
	۰	۱۶۴۲	۴۵۱.۹۵۰۱	۵۴۸۱.۳۹۹	۱۳۵.۲۶۸۶		۰	۱۶۴۲	۲۵۸۶۹.	۱۹۹۴۴۴.	۰.۰۴۹۲۲.
	۱	۳۸۱	۲۷.۰۸۷۷-	۲۸۴.۱۹۰۰	۱۴.۵۵۹۵		۱	۳۸۱	۲۶۴۱۷.	۲۳۲۳۱۴.	۰.۱۱۹۰۲.

گروه یک (۱): درمانده مالی و گروه صفر (۰): غیردرمانده (سالم)

منبع: یافته‌های پژوهشگر

جدول ۳-ب- شاخص‌های آمار توصیفی متغیرهای سطح شرکت شامل برخی متغیرهای درون شرکتی

متغیرها	تعداد	میانگین	انحراف معیار	خطای معیار میانگین	متغیرها	تعداد	میانگین	انحراف معیار	خطای معیار میانگین		
X27	۱	۳۸۱	۲۶.۴۴۹۱۹	۱.۹۰۸۵۱۱	۰.۹۷۷۷۶.	X30	۱	۳۸۱	۱.۱۵۸۵۰-	۲.۷۳۸۹۶۲	۱۴۰.۳۲۱.
	۰	۱۶۴۲	۲۸.۰۲۳۲۲	۱.۸۰۵۱۷۶	۰.۴۴۵۴۸.		۰	۱۶۴۲	۲۶۸۹۰.	۴۷۴۴۷۹.	۰.۱۱۷۰۹.
X28	۱	۳۸۱	۵۴۴۴۰.	۱.۱۱۵۲۷۰	۰.۵۷۱۳۷.	X31	۱	۳۸۱	۱.۹۸۳۲۳	۱.۴۹۰۰۰۲	۰.۷۶۳۳۵.
	۰	۱۶۴۲	۴۷۸۴۶.	۱.۰۸۱۵۴۳	۰.۲۶۶۹۱.		۰	۱۶۴۲	۱.۷۶۶۳۸	۹۷۵۴۲۵.	۰.۲۴۰۷۲.
X29	۱	۳۸۱	۳۹.۲۶۷۷۲	۱۳.۵۳۹۰۹۵	۶۹۳۶۲۹.	X32	۱	۳۸۱	۹۳۴۳۸.	۲۴۷۹۳۷.	۰.۱۲۷۰۲.
	۰	۱۶۴۲	۳۴.۷۵۵۷۹	۱۵.۸۳۶۱۳۳	۳۹۰۸۰۷.		۰	۱۶۴۲	۸۸۸۵۵.	۳۱۴۷۸۴.	۰.۰۷۷۶۸.

گروه یک (۱): درمانده مالی و گروه صفر (۰): غیردرمانده (سالم)

منبع: یافته‌های پژوهشگر

همچنین در جدول شماره ۴ مقادیر متغیرهای کلان اقتصادی تحقیق ارائه شده است.

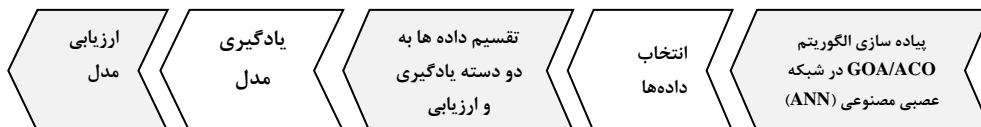
جدول ۴- داده‌های مربوط به متغیرهای کلان اقتصادی تحقیق طی سال‌های ۱۳۹۱ لغایت ۱۳۹۷

سال	رشد اقتصادی (X33)	لگاریتم درآمد سرانه (X34)	نرخ بهره (X35)	نرخ تورم (X36)	تغییرات نرخ دلار (X37)
۱۳۹۱	۷.۷٪-	۱۸.۱۹	۱۷.۰٪	۳۰.۵٪	۹۲.۷٪
۱۳۹۲	۰.۳٪-	۱۸.۴۶	۱۹.۳٪	۳۴.۷٪	۲۱.۱٪
۱۳۹۳	۳.۲٪	۱۸.۵۸	۲۳.۰٪	۱۵.۶٪	۳.۱٪
۱۳۹۴	۱.۶٪-	۱۸.۵۵	۱۹.۰٪	۱۱.۹٪	۵.۰٪
۱۳۹۵	۱۲.۵٪	۱۸.۶۸	۱۵.۳٪	۹.۰٪	۵.۹٪
۱۳۹۶	۳.۷٪	۱۸.۸۴	۱۵.۰٪	۹.۶٪	۱۰.۸٪
۱۳۹۷	۵.۴٪-	۱۹.۰۱	۱۵.۰٪	۲۱.۲٪	۱۵۳.۶٪

منبع: یافته‌های پژوهشگر

۴-۴- روند اجرای الگوریتم پژوهش

پیش‌بینی درماندگی مالی یک مسئله "دسته‌بندی" است که در آن یک مدل یادگیری ترکیبی مبتنی بر الگوریتم فراابتکاری باید با استفاده از داده‌های شرکت‌های درمانده و غیردرمانده مالی و از طریق یک تابع علامت (با خروجی ۰ و ۱)، بتواند بهترین تفکیک بین این دو دسته را به نحوی انجام دهد؛ که با کمترین خطا دسته واقعی هر شرکت را تعیین یا پیش‌بینی نماید. مدل ترکیبی تحقیق در برگیرنده روند اجرایی الگوریتم مطابق شکل شماره ۱ از طراحی، انتخاب داده‌ها، تقسیم داده‌ها، یادگیری و ارزیابی مدل می‌باشد.



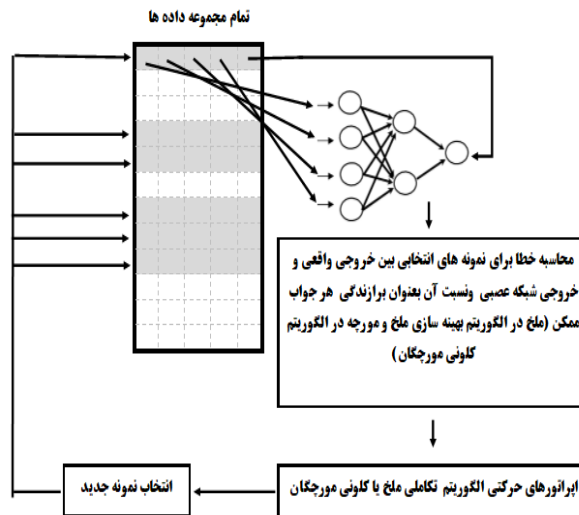
شکل ۱. روند اجرای الگوریتم پژوهش

منبع: یافته‌های پژوهشگر

الگوریتم‌های فراابتکاری GOA و ACO با استفاده از برازندگی‌ای که از مدل شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون چندلایه (ANN-MLP) بدست می‌آورد، مطابق شکل شماره ۲ به انتخاب نمونه‌ها می‌پردازد و این نمونه‌های انتخاب شده برای آموزش به شبکه عصبی منتقل و شبکه عصبی، خروجی خود را تولید می‌کند و اختلاف خروجی شبکه و خروجی واقعی تحت تابع برازش، میزان برازندگی نمونه‌های انتخابی را مشخص می‌کند. در این تحقیق از روش اعتبارسنجی متقابل ۱۰ بخشی^۱ بعنوان یک روش معمول در اجرای تکنیک‌های هوش مصنوعی و ارزیابی خطای آن استفاده شده است. در این روش، نمونه اصلی به ۱۰ نمونه فرعی تقسیم می‌شود. ابتدا ۹ نمونه فرعی به‌عنوان

¹ 10-fold Cross Validation

نمونه‌های آموزشی و سایر نمونه‌های فرعی باقی‌مانده به‌عنوان نمونه آزمایشی، مورد آزمون قرار می‌گیرد. این شیوه تا جایی تکرار می‌شود که هر ۱۰ نمونه فرعی به‌عنوان نمونه آزمایشی مورد آزمون قرار گیرند. افزون بر این، استفاده از این روش، از بروز مشکل بیش‌برازش^۱ و مشکلات مربوط به نتایج برون‌نمونه‌ای جلوگیری می‌کند (خواجوی و قدیریان آرانی، ۱۳۹۶). برای تعمیم‌پذیری نتایج و آزمون فرضیه‌ها از حیث قابلیت مقایسه مدل‌های ترکیبی اجرای هر مدل به تعداد ۱۰ بار و به‌طور مستقل از هم انجام شده است. بنابراین ۱۰ بار تکرار و اجرای هر مدل طبق روش اعتبارسنجی متقابل ۱۰ بخشی، منجر به تولید ۱۰۰ رکورد برای هر معیار ارزیابی می‌شود که می‌توان آن را برای ارزیابی الگوهای مختلف و آزمون فرضیه‌ها از طریق آزمون مقایسه میانگین‌ها بر اساس روش من ویتنی یا آزمون t-test حسب مورد، استفاده نمود.



شکل ۲. فرآیند انتخاب نمونه در مدل پیشنهادی تحقیق

منبع: یافته‌های پژوهشگر

۵-۴- ارزیابی کارایی الگوریتم‌ها و مدل تحقیق

ارزیابی کارایی الگوریتم‌های دسته‌بندی، از طریق تجزیه و تحلیل معیارهای ارزیابی مطابق ماتریس درهم ریختگی (اغتشاش) و نمودار ROC انجام می‌شود. عناصر ماتریس درهم ریختگی شامل TP (مثبت درست)؛ TN (منفی درست)؛ FP (مثبت اشتباه) و FN (منفی اشتباه) می‌باشد. مهمترین و متداول‌ترین معیار برای سنجش دقت و کارایی الگوریتم‌ها تحلیل نرخ دقت دسته‌بندی (CA) است که نشان می‌دهد چند درصد از کل

^۱ Overfitting

رکوردها به درستی دسته‌بندی شده‌اند. نرخ دقت دسته‌بندی با استفاده از رابطه شماره ۶ بدست می‌آید. معیار خطای دسته‌بندی (ER) عکس و متمم معیار دقت آن است. معیارهای دیگری نظیر FPR و FNR (روابط شماره 7 و 8) نیز اهمیت ویژه‌ای دارند. معیار FPR (خطای نوع اول یا خطای رد مثبت) میزان خطا در تشخیص ویژگی مثبت و معیار FNR (خطای نوع دوم یا خطای پذیرش منفی) میزان خطا در تشخیص ویژگی منفی را بیان می‌کند.

$$FPR = \frac{FP}{FP + TN}$$

$$FNR = \frac{FN}{TP + FN}$$

در اینجا خطای نوع دوم (β) مهمتر از خطای نوع اول (α) است، زیرا خطای نوع دوم بیانگر مقدار خطایی است که یک شرکت درمانده بعنوان یک شرکت سالم پیش‌بینی می‌شود و خطای نوع اول برعکس و لذا تبعات آن کمتر خواهد بود. یکی از کارکردهای این مفاهیم بکارگیری آن در قالب شاخص AUC (مساحت زیر منحنی نمودار مشخصه عملکرد^۱ یا ROC) است که میزان دقت الگوریتم دسته‌بندی (عددی بین صفر و یک) را که نشان می‌دهد. مقدار نزدیک به یک نشان می‌دهد که میزان نرخ مثبت درست الگوریتم بالا است. اعداد AUC نزدیک به ۰/۵ برابری نرخ مثبت درست و نرخ مثبت نادرست را نشان می‌دهد.

۵- یافته‌های پژوهش

۵-۱- گزینش متغیرهای مستقل

در این تحقیق مشابه برخی تحقیقات از جمله مطالعات فلاچپور و ارم (۱۳۹۵)، نمازی و همکاران (۱۳۹۵)، خواجوی و قدیریان آرائی (۱۳۹۶) و تسای (۲۰۰۹) از آزمون مقایسه میانگین برای گزینش مناسبترین نسبت‌های مالی در دو گروه درمانده و غیردرمانده استفاده شده است. در جدول شماره ۳، خروجی آماره t برای آزمون تساوی میانگین در دو حالت A و B به ترتیب تساوی و عدم تساوی واریانس‌ها درج شده است. آزمون تساوی میانگین دو جامعه، در مرحله اول، با بررسی تساوی واریانس‌ها با استفاده از آزمون لوین^۲ و آماره F انجام می‌شود. اگر مقادیر معنی‌داری (sig) آزمون لوین کمتر از ۰/۵ یا ۰/۰۵ باشد، فرض برابری واریانس‌ها رد می‌شود. در این حالت به نتیجه آزمون t در حالت B مراجعه نموده و با توجه به سطح معنی‌داری ارائه شده، نتیجه تایید و عدم تایید فرض برابری میانگین‌ها مشخص می‌شود. همچنین اگر سطح معنی‌داری آزمون لوین برای متغیری بیشتر از ۰/۵ باشد فرض برابری واریانس‌ها تایید می‌شود و در این حالت باید به نتیجه آزمون t در حالت A مراجعه نمود. براساس نتایج آزمون مقایسه میانگین‌های دو گروه درمانده و غیردرمانده درنهایت، متغیرهای $X_2, X_{10}, X_{16}, X_{17}, X_{19}, X_{23}, X_{24}, X_{25}$ و X_{26} که با علامت * مشخص شده‌اند؛ از فهرست نسبت‌های مالی تحقیق حذف شده است.

¹ Receiver Operation Characteristic (ROC)

² Levene's Test

جدول ۳- آزمون مقایسه میانگین نسبت‌های مالی در دو گروه درمانده مالی و غیر درمانده (سالم)

متغیرها	سطح معنی‌داری (Sig)		متغیرها	سطح معنی‌داری (Sig)		متغیرها	سطح معنی‌داری (Sig)	
	Levene's Test	t-test		Levene's Test	t-test		Levene's Test	t-test
X1	A	۰.۰۰۰	X10*	A	۰.۰۰۰	X19*	A	۰.۰۱۴
	B	۰.۰۰۰		B	۰.۰۷۲		B	۰.۲۳۹
X* 2	A	۰.۰۰۰	X11	A	۰.۰۰۰	X20	A	۰.۰۰۰
	B	۰.۳۱۴		B	۰.۰۰۰		B	۰.۰۰۰
X3	A	۰.۰۰۰	X12	A	۰.۰۰۰	X21	A	۰.۰۰۱
	B	۰.۰۰۰		B	۰.۰۰۰		B	۰.۰۰۰
X4	A	۰.۰۰۰	X13	A	۰.۰۱۸	X22	A	۰.۰۰۰
	B	۰.۰۰۰		B	۰.۰۰۰		B	۰.۰۰۰
X5	A	۰.۰۰۰	X14	A	۰.۰۹۶	X23*	A	۰.۰۰۱
	B	۰.۰۰۰		B	۰.۰۰۰		B	۰.۱۱۹
X6	A	۰.۰۰۰	X15	A	۰.۰۰۰	X24*	A	۰.۳۱۸
	B	۰.۰۰۰		B	۰.۰۰۰		B	۰.۱۸۶
X7	A	۰.۰۰۰	X16*	A	۰.۰۰۰	X25*	A	۰.۱۰۹
	B	۰.۰۱۷		B	۰.۲۰۹		B	۰.۳۹۲
X8	A	۰.۰۰۲	X17*	A	۰.۰۰۰	X26*	A	۰.۰۰۰
	B	۰.۰۰۰		B	۰.۰۹۶		B	۰.۶۷۱
X9	A	۰.۰۰۰	X18	A	۰.۴۵۶			
	B	۰.۰۰۰		B	۰.۰۰۰			

A: فرض برابری واریانس، B: فرض عدم برابری واریانس
 *: تایید فرض برابری میانگین‌ها در دو گروه و حذف متغیر از ورود به مدل تحقیق

منبع: یافته‌های پژوهشگر

۲-۵- نتایج آزمون فرضیه‌های تحقیق

در این بخش نتایج آزمایش مدل‌ها برای پیش‌بینی درمان‌دهی مالی در قالب جداولی شامل خلاصه میانگین ۱۰ بار اجرای هر مدل برای سال وقوع درمان‌دهی تا دو سال قبل از آن برحسب نرخ دقت، خطای نوع اول (α)، خطای نوع دوم (β) و معیار AUC ارائه شده است. از داده‌های مربوط به متغیرهای مستقل سال t، سال t-1 و سال t-2 بصورت جداگانه بعنوان عوامل موثر بر پیش‌بینی درمان‌دهی مالی در سال t استفاده شده است. در اینجا ابتدا نتایج معماری مدل پایه ANN-MLP براساس تعداد نرون‌های مختلف لایه پنهان بررسی و بهترین مدل پایه بعنوان بهترین معماری شبکه انتخاب شده است (بهترین معماری با تعداد ۱۰، ۱۲ و ۱۵ نرون به ترتیب برای سال t، t-1 و t-2). ضمن ارائه نتایج آن، مجدداً همان مدل از طریق انتخاب بهترین نمونه‌ها توسط الگوریتم GOA و الگوریتم ACO و اجرای مدل‌های ترکیبی MLP-ACO و MLP-GOA آزمایش و نتایج آن ارائه شده است. در استفاده از

الگوریتم GOA و الگوریتم ACO تعداد جمعیت اولیه ۳۰ و تعداد تکرار نهایی ۵۰۰ بار و مجموعه داده‌ها به ترتیب معادل ۷۰، ۱۵ و ۱۵ درصد برای آموزش، اعتبارسنجی و تست تنظیم شده است. همچنین در شبیه‌سازی‌های مدل ANN-MLP بیشترین تکرار جهت آموزش ۱۰۰۰ بار تنظیم و در یادگیری‌ها از آموزش بیش از اندازه جلوگیری شده است، بدین صورت که در حین آموزش، نمودار کارایی داده‌های تست و اعتبارسنجی مقایسه می‌شوند و در صورتیکه خطا به ازاء داده‌های تست و اعتبارسنجی روبه افزایش باشد، آموزش شبکه عصبی مصنوعی متوقف می‌شود.

آزمون فرضیه اول: مدل ترکیبی MLP-GOA توانایی بهبود پیش‌بینی درماندگی مالی را با استفاده از متغیرهای درون شرکتی دارد.

میانگین دقت پیش‌بینی براساس مدل پایه ANN-MLP طی بازه زمانی تحقیق برای سال وقوع درماندگی، یک سال و دو سال قبل از آن، براساس داده‌های سطح شرکت طبق جدول شماره ۴ به ترتیب معادل ۹۰.۰۴، ۸۸.۰۵ و ۸۶.۴۹ درصد است و این دقت برای مدل ترکیبی MLP-GOA به ترتیب معادل ۹۷.۳۰، ۹۴.۵۳ و ۹۱.۳۰ درصد می‌باشد که نشان‌دهنده برتری مدل MLP-GOA نسبت به مدل پایه شبکه عصبی است. از طرفی مقایسه خطاهای نوع اول و دوم مدل MLP-GOA با مدل پایه ANN-MLP نشان از کاهش معنی‌دار خطاها و بهبود نتایج دارد. ضمناً مقایسه مقدار AUC نیز دال بر کارایی و دقت مدل ترکیبی مبتنی بر الگوریتم GOA بوده است.

جدول ۴- خلاصه نتایج آزمایش برای ارزیابی توانمندی مدل ترکیبی MLP-GOA- آزمون فرضیه اول

سطح داده‌ها	نوع مدل	سال وقوع درماندگی مالی				یکسال قبل از وقوع درماندگی				دو سال قبل از وقوع درماندگی			
		AUC	β	α	دقت	AUC	β	α	دقت	AUC	β	α	دقت
FVL	ANN-MLP	۹۰.۰۴	۱۰.۰۳	۱۰.۱۶	۰.۹۰۰	۸۸.۰۵	۱۱.۷۴	۱۲.۲۲	۰.۸۸۱	۸۶.۴۹	۱۳.۳۸	۱۳.۸۷	۰.۸۶۳
	MLP-GOA	۹۷.۳۰	۲.۷۷	۲.۲۷	۰.۹۷۴	۹۴.۵۳	۵.۱۶	۵.۱۹	۰.۹۴۷	۹۱.۳۰	۸.۶۳	۸.۴۲	۰.۹۱۳

منبع: یافته‌های پژوهشگر

علاوه بر این، نتایج حاصل از آزمون فرضیه اول طبق روش مقایسه میانگین ۱۰۰ رکورد برای هر معیار عملکرد براساس آزمون "من ویتنی" و آزمون "t-test" طبق جدول شماره ۵ دلالت بر معنی‌دار بودن اختلاف بین میانگین معیارها برای هر یک از مدل‌های فوق داشته و شواهدی مبنی بر عدم پذیرش (رد) فرضیه اول در سال t، t-1 و t-2 در سطح خطای ۵ درصد یافت نشده است.

جدول ۵- خلاصه نتایج آزمون فرضیه اول مقایسه عملکرد مدل ترکیبی MLP-GOA و مدل پایه MLP

سال معیار عملکرد الگو	سال وقوع درماندگی مالی	یکسال قبل از وقوع درماندگی				دو سال قبل از وقوع درماندگی						
		AUC	β	α	دقت	AUC	β	α	دقت			
آماره Z	۴.۵۷۲	۳.۳۹۶	۳.۸۱۲	۳.۵۵۴	۴.۵۴۸	۳.۲۶	۳.۲۲۳	۳.۳۹۴	۴.۵۶۴	۳.۴۱۳	۳.۳۴۴	۳.۱۱۵
آزمون K-S	(۰.۰۰۰)	(۰.۰۰۰)	(۰.۰۰۰)	(۰.۰۰۰)	(۰.۰۰۰)	(۰.۰۰۰)	(۰.۰۰۰)	(۰.۰۰۰)	(۰.۰۰۰)	(۰.۰۰۰)	(۰.۰۰۰)	(۰.۰۰۰)

دو سال قبل از وقوع درماندگی				یکسال قبل از وقوع درماندگی				سال وقوع درماندگی مالی				سال
AUC	β	α	دقت	AUC	β	α	دقت	AUC	β	α	دقت	معیار عملکرد الگو
۱۲.۲۲۶- (۰.۰۰۰)	۱۲.۲۱۷- (۰.۰۰۰)	۱۲.۲۱۷- (۰.۰۰۰)	۱۲.۲۲۱- (۰.۰۰۰)	۱۲.۲۲۳- (۰.۰۰۰)	۱۲.۲۱۷- (۰.۰۰۰)	۱۲.۲۱۷- (۰.۰۰۰)	۱۲.۲۱۹- (۰.۰۰۰)	۱۲.۲۲۲- (۰.۰۰۰)	۱۲.۲۱۸- (۰.۰۰۰)	۱۲.۲۱۸- (۰.۰۰۰)	۱۲.۲۲۰- (۰.۰۰۰)	آماره U آزمون من ویتنی
۶۶.۱۹- (۰.۰۰۰)	۶۱.۶۱۲ (۰.۰۰۰)	۵۲.۴۷۹ (۰.۰۰۰)	۳۴.۰۶- (۰.۰۰۰)	۷۶.۶- (۰.۰۰۰)	۶۵.۹۰۱ (۰.۰۰۰)	۵۲.۷۹۳ (۰.۰۰۰)	۳۱۵.۲- (۰.۰۰۰)	۸۴.۰۱- (۰.۰۰۰)	۷۵.۹۱۳ (۰.۰۰۰)	۶۱.۸۸۴ (۰.۰۰۰)	۴۱۸.۵- (۰.۰۰۰)	آماره T آزمون t-test

منبع: یافته‌های پژوهشگر

آزمون فرضیه دوم: توانایی مدل ترکیبی MLP-GOA در پیش‌بینی درماندگی مالی با ورود متغیرهای اقتصادی افزایش می‌یابد.

دقت پیش‌بینی درماندگی براساس مدل MLP-GOA برای سال وقوع درماندگی، یک سال و دو سال قبل از آن با ورود و اضافه نمودن متغیرهای اقتصادی (EVL) به مدل طبق جدول شماره ۶، به ترتیب معادل ۹۷.۵۳، ۹۴.۷۸ و ۹۱.۹۸ درصد است که نشان‌دهنده بهبود عملکرد مدل MLP-GOA است. مقایسه خطای نوع اول و دوم مدل MLP-GOA با ورود متغیرهای اقتصادی با نتایج همین مدل براساس داده‌های سطح شرکت نشان از کاهش معنی‌دار خطاها و بهبود نتایج دارد. مقایسه مقدار AUC نیز دال بر بهبود عملکرد مدل MLP-GOA بوده است.

جدول ۶- خلاصه نتایج برای ارزیابی توانمندی مدل ترکیبی MLP-GOA - آزمون فرضیه گروه دوم

دو سال قبل از وقوع درماندگی				یک سال قبل از وقوع درماندگی				سال وقوع درماندگی				نوع مدل	سطح داده‌ها
AUC	β	α	دقت	AUC	β	α	دقت	AUC	β	α	دقت		
۰.۹۱۸	۸.۱۸	۸.۱۱	۹۱.۹۸	۰.۹۴۷	۴.۹۲	۵.۰۸	۹۴.۷۸	۰.۹۷۶	۲.۷۴	۲.۶۲	۹۷.۵۳	MLP-GOA	FVL+EVL
۰.۹۱۳	۸.۴۲	۸.۶۳	۹۱.۳۰	۰.۹۴۷	۵.۱۹	۵.۱۶	۹۴.۵۳	۰.۹۷۴	۲.۲۷	۲.۷۷	۹۷.۳۰	MLP-GOA	FVL

منبع: یافته‌های پژوهشگر

علاوه بر این، نتایج حاصل از آزمون فرضیه دوم طبق روش مقایسه میانگین ۱۰۰ رکورد برای هر شاخص عملکرد بر اساس آزمون "من ویتنی" و آزمون "t-test" طبق جدول شماره ۷؛ دلالت بر معنی‌دار بودن اختلاف بین میانگین معیارها برای هریک از مدل‌های فوق داشته و شواهدی مبنی بر عدم پذیرش (رد) فرضیه دوم برای سال t، t-1 و t-2 در سطح خطای ۵ درصد یافت نشده است.

جدول ۷- خلاصه نتایج آزمون فرضیه دوم مقایسه عملکرد مدل ترکیبی MLP-GOA با ورود داده‌های اقتصادی (ELV)

دو سال قبل از وقوع درماندگی				یکسال قبل از وقوع درماندگی				سال وقوع درماندگی مالی				معیار عملکرد الگو
AUC	β	α	دقت	AUC	β	α	دقت	AUC	β	α	دقت	
۳.۴۶۴ (۰.۰۰۰)	۳.۱۴۲ (۰.۰۰۰)	۳.۰۷۱ (۰.۰۰۰)	۴.۳۸ (۰.۰۰۰)	۳.۴۳۲ (۰.۰۰۰)	۳.۳۰۸ (۰.۰۰۰)	۴.۰۵۴ (۰.۰۰۰)	۴.۴۳۵ (۰.۰۰۰)	۳.۵۳۲ (۰.۰۰۰)	۳.۴۴۶ (۰.۰۰۰)	۳.۳۴۸ (۰.۰۰۰)	۴.۵۴۸ (۰.۰۰۰)	آماره Z آزمون K-S

معیار عملکرد الگو	سال وقوع درماندگی مالی				یکسال قبل از وقوع درماندگی مالی				دو سال قبل از وقوع درماندگی مالی			
	AUC	β	α	دقت	AUC	β	α	دقت	AUC	β	α	دقت
آماره U آزمون من ویتنی	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	۱۲.۲۱۹	۱۲.۲۱۷	۱۲.۲۱۸	۱۲.۲۲۵	۱۲.۲۱۹	۱۲.۲۱۸	۱۲.۲۱۸	۱۲.۲۱۹	۱۲.۲۲۳	۱۲.۲۲۳	۱۲.۲۲۳	۱۲.۲۲۳
	(۰.۰۰۰)	(۰.۰۰۰)	(۰.۰۰۰)	(۰.۰۰۰)	(۰.۰۰۰)	(۰.۰۰۰)	(۰.۰۰۰)	(۰.۰۰۰)	(۰.۰۰۰)	(۰.۰۰۰)	(۰.۰۰۰)	(۰.۰۰۰)
آماره T آزمون t-test	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	۳۵۲.۱۹۴	۵۸.۴۱۳	۶۷.۴۷	۸۴.۵۴۹	۲۰۴.۱۶۴	۶۹.۲۵۱	۴۹.۳۹	۷۵.۶۱۳	۱۰۸.۳۴۴	۴۳.۲۴۸	۳۳.۷۵	۵۴.۱۹۵
	(۰.۰۰۰)	(۰.۰۰۰)	(۰.۰۰۰)	(۰.۰۰۰)	(۰.۰۰۰)	(۰.۰۰۰)	(۰.۰۰۰)	(۰.۰۰۰)	(۰.۰۰۰)	(۰.۰۰۰)	(۰.۰۰۰)	(۰.۰۰۰)

منبع: یافته‌های پژوهشگر

آزمون فرضیه سوم: مدل ترکیبی MLP-ACO توانایی بهبود پیش‌بینی درماندگی مالی را با استفاده از متغیرهای درون شرکتی دارد.

دقت پیش‌بینی درماندگی مالی براساس مدل ANN-MLP برای سال وقوع درماندگی، یک سال و دو سال قبل از آن به کمک داده‌های سطح شرکت (FVL) طبق جدول شماره ۸ به ترتیب معادل ۸۶.۴۹ و ۸۸.۰۵، ۹۰.۰۴، ۹۰.۱۱ و ۹۲.۱۵، ۹۵.۴۱ به ترتیب معادل ۹۰.۱۱ و ۹۲.۱۵، ۹۵.۴۱ است و این دقت برای مدل MLP-ACO به ترتیب معادل ۹۰.۱۱ و ۹۲.۱۵، ۹۵.۴۱ است. از طرفی مقایسه خطای نوع اول و دوم این مدل با مدل پایه MLP-ACO نسبت به مدل پایه شبکه عصبی است. از طرفی مقایسه خطای نوع اول و دوم این مدل با مدل پایه MLP نشان از کاهش معنی‌دار خطاها و بهبود نتایج دارد. ضمناً مقایسه مقدار AUC نیز دال بر بهبود عملکرد مدل ترکیبی مبتنی بر الگوریتم ACO است.

جدول ۸- خلاصه نتایج آزمایش برای ارزیابی توانمندی مدل ترکیبی MLP-ACO - آزمون فرضیه گروه سوم

سطح داده‌ها	نوع مدل	سال وقوع درماندگی مالی				یکسال قبل از وقوع درماندگی مالی				دو سال قبل از وقوع درماندگی مالی			
		AUC	β	α	دقت	AUC	β	α	دقت	AUC	β	α	دقت
FVL	ANN-MLP	۰.۹۰۰	۱۰.۱۶	۱۰.۰۳	۹۰.۰۴	۰.۸۸۱	۱۲.۲۲	۱۱.۷۴	۸۸.۰۵	۰.۸۶۹	۱۳.۳۸	۱۳.۸۷	۰.۸۶۳
	MLP-ACO	۰.۹۵۵	۴.۶۷	۴.۷۰	۹۵.۴۱	۰.۹۲۲	۷.۷۹	۷.۷۸	۹۲.۱۵	۰.۹۱۱	۱۰.۱۴	۱۰.۲۳	۰.۹۰۱

منبع: یافته‌های پژوهشگر

علاوه بر این، نتایج حاصل از آزمون فرضیه سوم طبق روش مقایسه میانگین ۱۰۰ رکورد برای هر شاخص عملکرد براساس آزمون "من ویتنی" و آزمون "t-test" طبق جدول شماره ۹؛ دلالت بر معنی‌دار بودن اختلاف بین میانگین معیارها برای دو مدل فوق داشته و شواهدی مبنی بر عدم پذیرش (رد) فرضیه سوم برای سال t، t-1 و t-2 در سطح خطای ۵ درصد یافت نشده است.

جدول ۹- خلاصه نتایج آزمون گروه فرضیه سوم مقایسه عملکرد مدل ترکیبی MLP-ACO و مدل پایه MLP

معیار عملکرد الگو	سال وقوع درماندگی مالی				یکسال قبل از وقوع درماندگی				دو سال قبل از وقوع درماندگی			
	AUC	β	α	دقت	AUC	β	α	دقت	AUC	β	α	دقت
آماره Z آزمون K-S	۴.۵۲۳ (۰.۰۰۰)	۲.۴۷۸ (۰.۰۰۰)	۳.۰۶۹ (۰.۰۰۰)	۳.۱۰۸ (۰.۰۰۰)	۴.۵۱۳ (۰.۰۰۰)	۲.۷۷۰ (۰.۰۰۰)	۲.۵۷۷ (۰.۰۰۰)	۲.۸۳۲ (۰.۰۰۰)	۴.۳۶۱ (۰.۰۰۰)	۲.۵۰۰ (۰.۰۰۰)	۲.۵۱۳ (۰.۰۰۰)	۲.۶۱۳ (۰.۰۰۰)
آماره U آزمون من ویتنی	۱۲.۲۱۹- (۰.۰۰۰)	۱۲.۲۱۷- (۰.۰۰۰)	۱۲.۲۱۸- (۰.۰۰۰)	۱۲.۲۲۱- (۰.۰۰۰)	۱۲.۲۲۳- (۰.۰۰۰)	۱۲.۲۱۷- (۰.۰۰۰)	۱۲.۲۱۹- (۰.۰۰۰)	۱۲.۲۲۳- (۰.۰۰۰)	۱۲.۲۱۹- (۰.۰۰۰)	۱۲.۲۱۸- (۰.۰۰۰)	۱۲.۲۱۷- (۰.۰۰۰)	۱۲.۲۲۵- (۰.۰۰۰)
آماره T آزمون t-test	۳۲۸.۳۹۵- (۰.۰۰۰)	۴۰.۵۵۴ (۰.۰۰۰)	۵۰.۶۳۲ (۰.۰۰۰)	۶۴.۶۵۸ (۰.۰۰۰)	۲۱۷.۴۹۷ (۰.۰۰۰)	۳۹.۱۲۷ (۰.۰۰۰)	۴۰.۲۱۴ (۰.۰۰۰)	۴۸۶.۹۳ (۰.۰۰۰)	۹۷.۵۰۵- (۰.۰۰۰)	۲۶.۶۸۵ (۰.۰۰۰)	۳۵.۹۶۸ (۰.۰۰۰)	۴۴.۱۲۶ (۰.۰۰۰)

منبع: یافته‌های پژوهشگر

آزمون فرضیه چهارم: توانایی مدل ترکیبی MLP-ACO در پیش‌بینی درماندگی مالی با ورود متغیرهای اقتصادی افزایش می‌یابد.

دقت پیش‌بینی درماندگی براساس مدل MLP-ACO برای سال وقوع درماندگی، یک سال و دو سال قبل از آن (با اضافه نمودن متغیرهای اقتصادی) طبق جدول شماره ۱۰ به ترتیب معادل ۹۵.۵۲، ۹۲.۳۰ و ۹۰.۷۱ درصد است که نشان‌دهنده بهبود عملکرد مدل MLP-ACO با ورود متغیرهای اقتصادی بوده است. مقایسه خطای نوع اول و دوم مدل MLP-ACO با نتایج همین مدل بر اساس داده‌های سطح شرکت، نشان از کاهش معنی‌دار خطاها و بهبود نتایج دارد. همچنین مقایسه مقدار AUC نیز دال بر بهبود عملکرد این مدل با ورود متغیرهای اقتصادی می‌باشد.

جدول ۱۰- خلاصه نتایج برای ارزیابی توانمندی مدل ترکیبی MLP-ACO- آزمون فرضیه گروه چهارم

سطح داده‌ها	نوع مدل	سال وقوع درماندگی				یکسال قبل از وقوع درماندگی				دو سال قبل از وقوع درماندگی			
		AUC	β	α	دقت	AUC	β	α	دقت	AUC	β	α	دقت
FVL+EVL	MLP-ACO	۹۵.۵۲	۴.۲۳	۴.۳۶	۰.۹۵۴	۹۲.۳۰	۷.۵۴	۷.۶۴	۰.۹۲۲	۹۰.۷۱	۹.۱۷	۹.۰۵	۰.۹۰۳
FVL	MLP-ACO	۹۵.۴۱	۴.۷۰	۴.۶۷	۰.۹۵۵	۹۲.۱۵	۷.۷۸	۷.۷۹	۰.۹۲۲	۹۰.۱۱	۱۰.۱۴	۱۰.۲۳	۰.۹۰۱

منبع: یافته‌های پژوهشگر

علاوه بر این نتایج حاصل از آزمون فرضیه چهارم طبق روش مقایسه میانگین ۱۰۰ رکورد برای هر شاخص عملکرد براساس آزمون "من ویتنی" و آزمون "t-test" طبق جدول شماره ۱۱؛ دلالت بر معنی‌دار بودن اختلاف بین میانگین

معیارها برای دو مدل فوق داشته و شواهدی مبنی بر عدم پذیرش (رد) فرضیه چهارم برای سال t ، $t-1$ و $t-2$ در سطح خطای ۵ درصد یافت نشده است.

جدول ۱۱- خلاصه نتایج آزمون فرضیه چهارم مقایسه عملکرد مدل ترکیبی MLP-ACO با ورود داده‌های اقتصادی (ELV)

دو سال قبل از وقوع درماندگی				یکسال قبل از وقوع درماندگی				سال وقوع درماندگی مالی				معیار عملکرد الگو
AUC	β	α	دقت	AUC	β	α	دقت	AUC	β	α	دقت	
۳.۰۹۹ (۰.۰۰۰)	۱.۲۷۲ (۰.۰۷۸)*	۲.۴۳ (۰.۰۰۰)	۴.۰۱۶ (۰.۰۰۰)	۲.۵۶۵ (۰.۰۰۰)	۲.۴۲۲ (۰.۰۰۰)	۲.۸۷۹ (۰.۰۰۰)	۴.۲۵۴ (۰.۰۰۰)	۲.۹۵۱ (۰.۰۰۰)	۲.۸۸۸ (۰.۰۰۰)	۲.۹۷۵ (۰.۰۰۰)	۴.۴۰۴ (۰.۰۰۰)	آماره Z آزمون K-S
۱۲.۲۵۵ (۰.۰۰۰)	۱۲.۲۰۲ (۰.۰۰۰)	۱۲.۲۲۳ (۰.۰۰۰)	۱۲.۲۲۳ (۰.۰۰۰)	۱۲.۲۳۳ (۰.۰۰۰)	۱۲.۲۱۷ (۰.۰۰۰)	۱۲.۲۱۸ (۰.۰۰۰)	۱۲.۲۱۹ (۰.۰۰۰)	۱۲.۲۲۴ (۰.۰۰۰)	۱۲.۲۱۸ (۰.۰۰۰)	۱۲.۲۱۸ (۰.۰۰۰)	۱۲.۲۱۹ (۰.۰۰۰)	آماره U آزمون من وینتی
۴۱.۸۷۶ (۰.۰۰۰)	۲۳.۶۷۳ (۰.۰۰۰)	۳۴.۱۱۷ (۰.۰۰۰)	۷۸.۵۲۱ (۰.۰۰۰)	۴۳.۶۳۱ (۰.۰۰۰)	۳۲.۴۸۸ (۰.۰۰۰)	۳۶.۹۲۸ (۰.۰۰۰)	۱۲۷.۳۷۲ (۰.۰۰۰)	۵۴.۶۰۹ (۰.۰۰۰)	۴۷.۱۵۳ (۰.۰۰۰)	۴۷.۹۵۷ (۰.۰۰۰)	۲۳۲.۶۰۵ (۰.۰۰۰)	آماره T آزمون t-test

* آزمون t-test معنی‌دار بودن تفاوت میانگین‌ها را در دو مدل تأیید نموده است.

منبع: یافته‌های پژوهشگر

آزمون فرضیه پنجم: با توجه به اهمیت سنجش جداگانه تاثیر متغیرهای درون شرکتی (FVL) و اقتصادی (EVL)، فرضیه پنجم در قالب فرضیه فرعی اول و دوم تحلیل شده است:

- ✓ فرضیه فرعی اول: توانمندی مدل ترکیبی MLP-GOA نسبت به مدل ترکیبی MLP-ACO، در پیش‌بینی درماندگی مالی براساس متغیرهای درون شرکتی بیشتر است.
- ✓ فرضیه فرعی اول: توانمندی مدل ترکیبی MLP-GOA نسبت به مدل ترکیبی MLP-ACO در پیش‌بینی درماندگی مالی، با ورود متغیرهای کلان اقتصادی بیشتر می‌شود.

با توجه به جمع‌بندی ارائه شده در ارتباط با فرضیه‌های اول و سوم و به منظور مقایسه این دو و آزمون فرضیه پنجم (فرعی اول) طبق جدول شماره ۱۲؛ دقت پیش‌بینی درماندگی مالی براساس مدل ترکیبی MLP-GOA برای سال وقوع درماندگی، یک سال و دو سال قبل از آن به کمک داده‌های درون شرکتی (FVL) به ترتیب معادل ۹۷.۳، ۹۴.۵ و ۹۱.۳ بوده که همین معیار برای مدل ترکیبی MLP-ACO به ترتیب معادل ۹۵.۴، ۹۲.۲ و ۹۰.۱ بوده است که نشان‌دهنده توانمندی و برتری مدل MLP-GOA نسبت به مدل MLP-ACO می‌باشد. بعلاوه مقایسه خطای نوع اول و دوم مدل MLP-GOA با مدل MLP-ACO نشان از کاهش معنی‌دار خطاها و بهبود نتایج مدل مبتنی بر الگوریتم GOA دارد. ضمناً مقایسه مقدار AUC نیز دال بر اثبات این برتری است.

جدول ۱۲- خلاصه نتایج برای ارزیابی توانمندی مدل ترکیبی MLP-GOA و MLP-ACO برای آزمون فرضیه پنجم (فرعی اول)

دو سال قبل از وقوع درماندگی مالی				یکسال قبل از وقوع درماندگی مالی				سال وقوع درماندگی مالی				نوع مدل	سطح داده‌ها
AUC	β	α	دقت	AUC	β	α	دقت	AUC	β	α	دقت		
۰.۹۰۱	۱۰.۲۳	۱۰.۱۴	۹۰.۱۱	۰.۹۲۲	۷.۷۹	۷.۷۸	۹۲.۱۵	۰.۹۵۵	۴.۶۷	۴.۷۰	۹۵.۴۱	MLP-ACO	FVL
۰.۹۱۳	۸.۴۲	۸.۶۳	۹۱.۳۰	۰.۹۴۷	۵.۱۹	۵.۱۶	۹۴.۵۳	۰.۹۷۴	۲.۲۷	۲.۷۷	۹۷.۳۰	MLP-GOA	FVL

منبع: یافته‌های پژوهشگر

همچنین با توجه به نتایج فرضیه‌های دوم و چهارم و جهت آزمون فرضیه پنجم (فرعی دوم) طبق جدول شماره ۱۳؛ دقت پیش‌بینی درماندگی مالی بر اساس مدل MLP-GOA طی بازه زمانی تحقیق برای سال وقوع درماندگی، یک سال و دو سال قبل از آن (با ورود داده‌های اقتصادی علاوه بر داده‌های درون شرکتی) به ترتیب معادل ۹۷.۵۳، ۹۴.۷۸ و ۹۱.۹۸ درصد است و این دقت برای مدل MLP-ACO به ترتیب معادل ۹۵.۵۲، ۹۲.۳۰ و ۹۰.۷۱ درصد است که نشان‌دهنده برتری مدل MLP-GOA است. از طرفی مقایسه خطای نوع اول و دوم و مقدار AUC مدل MLP-GOA با مدل MLP-ACO نشان از کاهش معنی‌دار خطاها و بهبود نتایج مدل مبتنی بر الگوریتم GOA دارد.

جدول ۱۳- خلاصه نتایج برای ارزیابی توانمندی مدل ترکیبی MLP-GOA و MLP-ACO برای آزمون فرضیه پنجم (فرعی دوم)

دو سال قبل از وقوع درماندگی مالی				یکسال قبل از وقوع درماندگی مالی				سال وقوع درماندگی مالی				نوع مدل	سطح داده‌ها
AUC	β	α	دقت	AUC	β	α	دقت	AUC	β	α	دقت		
۰.۹۰۳	۹.۰۵	۹.۱۷	۹۰.۷۱	۰.۹۲۲	۷.۶۴	۷.۵۴	۹۲.۳۰	۰.۹۵۴	۴.۳۶	۴.۲۳	۹۵.۵۲	MLP-ACO	FVL+ELV
۰.۹۱۸	۸.۱۸	۸.۱۱	۹۱.۹۸	۰.۹۴۷	۴.۹۲	۵.۰۸	۹۴.۷۸	۰.۹۷۶	۲.۷۴	۲.۶۲	۹۷.۵۳	MLP-GOA	FVL+ELV

منبع: یافته‌های پژوهشگر

علاوه بر این نتایج حاصل از آزمون فرضیه‌های فرعی اول و دوم، طبق روش مقایسه میانگین ۱۰۰ رکورد برای هر معیار براساس آزمون "من‌ویتنی" و آزمون "t-test" در جدول شماره ۱۴؛ دلالت بر معنی‌دار بودن اختلاف میانگین در معیارهای عملکرد مدل‌ها در هر یک از فرضیه‌های مذکور داشته و شواهدی مبنی بر عدم پذیرش (رد) فرضیه فرعی اول و دوم برای سال t، t-1 و t-2 در سطح خطای ۵ درصد یافت نشده است.

جدول ۱۴- خلاصه نتایج آزمون فرضیه پنجم؛ مقایسه عملکرد مدل ترکیبی MLP-GOA و مدل پایه MLP-ACO

ACO						معیار عملکرد الگو	فرضیه پنجم
فرضیه فرعی دوم			فرضیه فرعی اول				
آزمون t-test (آماره T)	آزمون من ویتنی (آماره U)	آزمون K-S (آماره Z)	آزمون t-test (آماره T)	آزمون من ویتنی (آماره U)	آزمون K-S (آماره Z)		
۱۱۹.۱۷۳ (۰.۰۰۰)	۱۲.۲۱۹- (۰.۰۰۰)	۳.۹۳۹ (۰.۰۰۰)	۱۲۵.۱۳۴ (۰.۰۰۰)	۱۲.۲۲۰- (۰.۰۰۰)	۴.۰۱۷ (۰.۰۰۰)	دقت	سال وقوع درماندگی (سال t)
۱۶.۵۸۴- (۰.۰۰۰)	۱۱.۱۸۲- (۰.۰۰۰)	۱.۹۷۰ (۰.۰۰۱)	۱۷.۶۶۱- (۰.۰۰۰)	۱۱.۴۵۶- (۰.۰۰۰)	۱.۹۳۷ (۰.۰۰۱)	خطای نوع اول (α)	
۱۷.۸۴۴- (۰.۰۰۰)	۱۱.۳۳۹- (۰.۰۰۰)	۱.۵۴۲ (۰.۰۱۷)	۲۴.۷۱۸- (۰.۰۰۰)	۱۲.۲۱۸- (۰.۰۰۰)	۱.۴۴۴ (۰.۰۳۱)	خطای نوع دوم (β)	
۲۹.۷۲۰ (۰.۰۰۰)	۱۲.۲۰۹- (۰.۰۰۰)	۱.۸۸۵ (۰.۰۰۲)	۳۳.۴۰۸ (۰.۰۰۰)	۱۱.۹۴۰- (۰.۰۰۰)	۱.۵۶۶ (۰.۰۱۵)	AUC	
۱۳۹.۵۰۰ (۰.۰۰۰)	۱۲.۲۲۰- (۰.۰۰۰)	۴.۱۴۷ (۰.۰۰۰)	۱۸۸.۳۷۷ (۰.۰۰۰)	۱۲.۲۲۲- (۰.۰۰۰)	۴.۳۵۷ (۰.۰۰۰)	دقت	یکسال قبل از وقوع درماندگی (سال t-1)
۲۷.۰۰۵- (۰.۰۰۰)	۱۲.۲۱۸- (۰.۰۰۰)	۲.۵۳۷ (۰.۰۰۰)	۲۵.۱۱۱- (۰.۰۰۰)	۱۲.۲۱۷- (۰.۰۰۰)	۱.۶۲۵ (۰.۰۱۰)	خطای نوع اول (α)	
۲۴.۴۳۶- (۰.۰۰۰)	۱۲.۲۱۷- (۰.۰۰۰)	۱.۸۸۸ (۰.۰۰۲)	۲۴.۴۷۲- (۰.۰۰۰)	۱۱.۹۷۳- (۰.۰۰۰)	۱.۷۵۶ (۰.۰۰۴)	خطای نوع دوم (β)	
۳۲.۶۱۴ (۰.۰۰۰)	۱۲.۲۱۴- (۰.۰۰۰)	۱.۹۷۸ (۰.۰۰۱)	۳۷.۹۰۶ (۰.۰۰۰)	۱۲.۱۸۴- (۰.۰۰۰)	۱.۸۴۹ (۰.۰۰۲)	AUC	
۴۷.۴۱۴ (۰.۰۰۰)	۱۲.۲۲۹- (۰.۰۰۰)	۲.۸۵۹ (۰.۰۰۰)	۳۲.۵۴۸ (۰.۰۰۰)	۱۲.۱۸۱- (۰.۰۰۰)	۳.۶۴۶ (۰.۰۰۰)	دقت	دو سال قبل از وقوع درماندگی (سال t-2)
۱۰۰.۹۴- (۰.۰۰۰)	۷.۵۹۰- (۰.۰۰۰)	۱.۷۸۸ (۰.۰۰۳)	۱۱.۱۶۶- (۰.۰۰۰)	۸.۴۱۷- (۰.۰۰۰)	۱.۶۷۱ (۰.۰۰۸)	خطای نوع اول (α)	
۷.۰۹۵- (۰.۰۰۰)	۵.۶۲۷- (۰.۰۰۰)	۲.۹۵۹ (۰.۰۰۰)	۱۷.۲۵۵- (۰.۰۰۰)	۱۰.۸۱۹- (۰.۰۰۰)	۱.۲۲۰ (۰.۱۰۲)*	خطای نوع دوم (β)	
۱۸.۴۷۵ (۰.۰۰۰)	۱۱.۴۴۵- (۰.۰۰۰)	۱.۹۱۷ (۰.۰۰۱)	۱۳.۵۱۱ (۰.۰۰۰)	۱۰.۱۵۶- (۰.۰۰۰)	۱.۳۱۳ (۰.۰۶۴)*	AUC	

* آزمون t-test معنی‌دار بودن تفاوت میانگین این معیار را در دو مدل تأیید نموده است.

منبع: یافته‌های پژوهشگر

در مجموع نتایج آزمون فرضیه پنجم (فرعی اول و دوم) نشان از برتری مدل ترکیبی مبتنی بر الگوریتم GOA داشته که به نحو مناسب‌تری نسبت به الگوریتم ACO عملکرد مدل پایه شبکه عصبی پرسپترون چند لایه را بهبود داده است و با دقت بالاتری درماندگی مالی شرکت‌ها را در سال وقوع درماندگی مالی تا دو سال قبل از آن پیش‌بینی نموده است و علاوه بر این اثر ورود متغیرهای اقتصادی بر بهبود عملکرد همه مدل‌ها به نحو معنی‌داری افزایشی بوده است.

۶- بحث و نتیجه‌گیری

در تئوری حسابداری مبتنی بر پیش‌بینی، مدیریت با استفاده از شاخص سودمندی اطلاعات حسابداری و بکارگیری انواع شیوه‌ها و روش‌های آماری در صدد است تا ضمن ارزیابی وضعیت مالی فعلی واحد اقتصادی، وضعیت آتی آن را نیز پیش‌بینی نمایند. امروزه فعالیت در یک محیط اقتصادی بسیار متغیر و رقابتی دستیابی به سود را برای واحدهای اقتصادی محدودتر نموده و احتمال درماندگی مالی آنها را افزایش داده است. بسیاری از محققان باتوجه به متغیرهای مبتنی بر صورت‌های مالی شامل نسبت‌های مالی و سایر متغیرهای مالی و غیرمالی درون شرکتی، توانسته‌اند الگوها و مدل‌هایی را برای پیش‌بینی و توضیح درماندگی مالی ارائه نمایند. به نظر می‌رسد در کنار هم قرار گرفتن مجموعه‌ای از متغیرهای درون شرکتی و اقتصادی و بکارگیری تکنیک‌های نوین داده‌کاوی می‌تواند به ما در ارزیابی دقیق‌تر احتمال درماندگی مالی کمک نماید. شبکه‌های عصبی مصنوعی به دلیل مزایای منحصر بفرد آن، بصورت جداگانه و همچنین بصورت ترکیبی با سایر تکنیک‌ها و الگوریتم‌های فراابتکاری، در سطح وسیعی از حوزه‌های مختلف علوم از جمله مهندسی، پزشکی، اقتصاد، مدیریت و ... بکار گرفته می‌شوند. در این دسته از الگوریتم‌های ترکیبی یا پیوندی، از مزایای هر دو الگوریتم بهره‌برداری شده و تا حدودی ایرادات جداگانه هریک از آنها نیز برطرف می‌گردد (صفوی و همکاران، ۱۳۹۳).

نتایج این تحقیق نشان داد که شبکه‌های عصبی مصنوعی و الگوریتم‌های فراابتکاری به دلایلی چون تبیین درصد بیشتری از واقعیات مسئله، وابسته نبودن به شکل تابع برآوردی (خطی، غیرخطی و ...) در روش‌های رگرسیونی، عدم وابستگی به استقلال خطی متغیرهای مستقل از یکدیگر و همچنین وابسته نبودن به پیش فرض نرمال بودن توزیع متغیرهای مستقل و وابسته از نتایج دقیق‌تر و قابل اتکاتری نسبت به روش‌های کلاسیک مبتنی بر رگرسیون برخوردار است. تحلیل داده‌های درون شرکتی (مالی و غیرمالی) نشان داد که مدل پایه ANN-MLP درماندگی مالی شرکت‌ها را به با دقت بالایی پیش‌بینی نموده است که همسو با یافته‌های تحقیقات مشابه از جمله پورزمانی و کلانتری (۱۳۹۲)، مهرآذین و همکاران (۱۳۹۲)، جی و همکاران (۲۰۱۹)، رحیمی و همکاران (۱۴۰۰) و الحسینی و همکاران (۲۰۲۲) در خصوص توانایی مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی در پیش‌بینی درماندگی مالی شرکت‌ها بوده است. همچنین یافته‌های تحقیق توانمندی الگوریتم GOA در بهبود عملکرد مدل پایه ANN-MLP را نشان دادند که همسو با نتایج تحقیقات در زمینه توانمندی این الگوریتم در حل مسایل مختلف از جمله مطالعه جی‌لو و همکاران (۲۰۱۸) در حوزه پیش‌بینی درماندگی مالی و تحقیق میرعلوی، پورزمانی و جهان‌شاد (۱۳۹۸) در پیش‌بینی قیمت سهام بوده است. علاوه بر این بهبود عملکرد مدل پایه شبکه عصبی توسط الگوریتم فراابتکاری ACO همسو با نتایج مطالعات مهرانی و زارع‌زادگان (۱۳۹۲)، رضایی و نژاد تلمی (۱۳۹۳)، تقی‌زاده و همت‌فر (۱۳۹۴) و فلاح‌پور و ارم (۱۳۹۵) در زمینه پیش‌بینی درماندگی مالی بوده است.

اثبات توانمندی مدل‌های پایه و ترکیبی مذکور در پیش‌بینی درماندگی مالی براساس متغیرهای درون شرکتی، دلالت بر تایید صاحب‌نظران معتقد به تاثیر اطلاعات حسابداری در ارزیابی تداوم فعالیت بنگاه اقتصادی و تشخیص ریسک درماندگی مالی نظیر کانر (۱۹۷۴) و پنمن (۲۰۱۳) بوده و همراستا با نتایج اغلب تحقیقات انجام شده در زمینه پیش‌بینی درماندگی مالی با استفاده از اطلاعات مالی مانند تحقیقات مرتبط با ابداع مدل‌های کلاسیک

ورشکستگی و نیز مطالعات اشاره شده در بخش پیشینه این تحقیق می‌باشد. همچنین نتایج نشان داد که کاهش توانمندی همه مدل‌ها در پیش‌بینی درماندگی مالی از سال وقوع تا دو سال قبل از آن، از الگوی یکسانی تبعیت نموده است که با منطق کاهش توان توضیحی متغیرها با فاصله گرفتن از سال وقوع درماندگی مالی مطابقت دارد. همچنین یافته‌های این پژوهش نشان داد که با ورود متغیرهای کلان اقتصادی مانند رشد اقتصادی، درآمد سرانه، نرخ تورم، نرخ بهره و تغییرات نرخ ارز، کارایی مدل پایه و مدل ترکیبی MLP-GOA در پیش‌بینی درماندگی مالی در حد معنی‌داری افزایش یافته است. این نتایج تاییدکننده یافته‌های مطالعات دیگری از جمله ابراهیمی سروعلیا و همکاران (۱۳۹۷)، طالب‌نیا و همکاران (۱۳۸۸)، لی و آندریوا (۲۰۱۵)، هرناوندز و ویلسون (۲۰۱۳)، فونتین و همکاران (۲۰۱۷) و برگ بید و همکاران (۱۴۰۰) در خصوص توان توضیحی درماندگی مالی با استفاده از متغیرهای اقتصادی در کنار متغیرهای مالی و حسابداری بوده است. میزان بهبود عملکرد مدل‌ها با ورود متغیرهای اقتصادی دلالت بر این موضوع دارد که توان توضیح درماندگی مالی، بیشتر متأثر از متغیرهای مالی درون شرکتی بوده و در واقع اثر متغیرهای اقتصادی قبلاً از طریق اثر بر متغیرهای مالی (رویدادهای مالی ثبت شده در سیستم حسابداری) لحاظ شده است. همچنین مقایسه توانمندی الگوریتم‌های GOA و ACO در پیش‌بینی درماندگی مالی براساس متغیرهای درون شرکتی و اقتصادی طی بازه زمانی ۷ ساله تحقیق در سال وقوع درماندگی مالی تا دو سال قبل از آن دلالت بر برتری الگوریتم GOA نسبت به الگوریتم ACO داشته و تاییدکننده نتایج مورد انتظار ابداع‌کنندگان الگوریتم GOA (صارمی و همکاران، ۲۰۱۷) در خصوص قابلیت‌های آن در حل مسایل مختلف بوده است.

نتایج این تحقیق می‌تواند توسط مدیران، بانک‌ها و موسسات اعتباری، شرکت‌های رتبه‌بندی و بیمه‌ای و همچنین سایر فعالان بازار سرمایه اعم از سرمایه‌گذاران بالفعل و بالقوه و نیز شرکت‌های سرمایه‌گذاری در ارزیابی ریسک درماندگی مالی (بر مبنای معیار تداوم فعالیت) مورد استفاده قرار گیرد؛ تا هر یک حسب نیاز اطلاعاتی خود بر اساس آن، تصمیمات و اقدامات لازم را اتخاذ نمایند. همچنین حسابرسان داخلی و کمیته حسابرسی داخلی شرکت‌ها می‌توانند با استفاده از چنین تکنیک‌هایی، مکانیزم‌های اعلام ریسک درماندگی مالی با استفاده از متغیرهای مختلف و سایر شواهد دیگر طراحی نمایند. برنامه‌نویسان نیز می‌توانند به منظور بکارگیری گسترده تکنیک‌های فراابتکاری در پیش‌بینی درماندگی مالی، نسبت به طراحی و عرضه نرم‌افزارهای ساده و کاربردی اقدام نمایند. همچنین به اساتید، دانشجویان و سایر محققان پیشنهاد می‌شود تا از نتایج و روش این تحقیق در پژوهش‌های آتی و همچنین بکارگیری سایر الگوریتم‌های معرفی شده در سال‌های اخیر استفاده نمایند. نتایج چنین تحقیقی و استفاده از مدل این تحقیق می‌تواند مسئولین و مقامات دولتی و بخش عمومی را در ارزیابی ریسک درماندگی مالی شرکت‌های این بخش به منظور انجام اقدامات اصلاحی پیشگیرانه و یا تصمیم‌گیری در خصوص واگذاری شرکت‌های مذکور، کمک نماید.

فهرست منابع

- (۱) ابراهیمی سرو علیا، محمد حسن، باباجانی، جعفر، آخوند، محمد رضا و فاخر، اسلام (۱۳۹۷)، ارائه الگویی برای پیش‌بینی پویای درماندگی مالی با استفاده از تحلیل بقاء. فصلنامه اقتصاد مقداری (بررسی‌های اقتصادی سابق)، (۳) ۱۵-۱۶۷-۱۹۸.
- (۲) اسدزاده، پوریا و مرادی، مهدی (۱۳۹۳)، پیش‌بینی درماندگی مبتنی بر الگوریتم کاوش باکتری. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه بین‌المللی امام رضا (ع).
- (۳) ایزدی نیا، ناصر؛ کیانی، غلامحسین و میرزایی، مهدی (۱۳۹۴)، تاثیر ترکیبی ویژگی‌های مراحل چرخه عمر شرکت بر عدم تقارن زمانی جریان نقدی عملیاتی. دانش حسابرسی، ۱۵ (۵۹)، ۷۶-۵۷.
- (۴) برگ بید، احمد، جعفری، علی و صالح نژاد، سید حسن (۱۴۰۰)، ارائه الگوی ترکیبی سه بعدی (مالی، اقتصادی، پایداری) در پیش‌بینی درماندگی مالی شرکت‌ها، پژوهش‌های حسابداری مالی و حسابرسی، ۱۳ (۵۱)، ۱۰۵-۱۳۱.
- (۵) پورزمانی، زهرا و کلانتری، حسن (۱۳۹۲)، مقایسه قدرت پیش‌بینی بحران مالی توسط تکنیک‌های مختلف هوش مصنوعی، پژوهش‌های حسابداری مالی و حسابرسی، ۵ (۱۷)، ۶۴-۳۳.
- (۶) تقی‌زاده، حسن و همت‌فر، محمود (۱۳۹۴)، بررسی کاربرد الگوریتم بهینه‌سازی کلونی مورچگان پیوسته در پیش‌بینی ورشکستگی شرکتهای پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران، دانش حسابرسی، ۱۵ (۵۹)، ۶۴-۵۰.
- (۷) حاجی شاه‌وردی، دنیا، زمردیان، غلامرضا، فلاح شمس لیالستانی، میرفیض و حنیفی، فرهاد، (۱۳۹۸)، طراحی سیستم پیش‌هشداردهنده بحران بانکی نظام‌مند در بازار مالی ایران (با کاربرد زنجیره‌های مارکوفی)، فصلنامه اقتصاد مالی، ۱۳ (۴۷)، ۱۵۳-۱۳۵.
- (۸) حیدری سورشجانی، بهمن و قدرتی، حسن (۱۳۹۴)، مقایسه دقت روش‌های رگرسیون گام‌به‌گام، رگرسیون لجستیک و شبکه عصبی در پیش‌بینی بحران مالی شرکت‌های پذیرفته شده در بورس تهران، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد واحد کاشان.
- (۹) خواجوی، شکراله و قدیریان آرانی، محمدحسین (۱۳۹۶)، نقش توانایی مدیریت در پیش‌بینی بحران مالی. پژوهش‌های حسابداری مالی، ۹ (۴)، ۸۳-۱۰۱.
- (۱۰) رحیمی، حمید، مینویی، مهرزاد و فتحی، محمدرضا (۱۴۰۰)، تبیین متغیرهای مالی موثر در پیش‌بینی درماندگی مالی: کاربرد شبکه عصبی مصنوعی، نشریه صنعت لاستیک ایران، ۲۵ (۱۰۱)، ۸۴-۶۵.
- (۱۱) رضایی، فرزین و نژاد تولمی، بابک (۱۳۹۳)، مقایسه الگوریتم مورچگان با روش‌های تحلیل تمایزی چندگانه و لوجیت در پیش‌بینی درماندگی مالی. تحقیقات حسابداری و حسابرسی، ۲۳ (۱)، ۱۴۳-۱۲۰.
- (۱۲) سیف‌اللهی، ناصر (۱۳۹۷)، شناسایی مکانیزیم اثرگذاری مدیریت هموارسازی سود بر هزینه بدهی مالی در شرکت‌های بورس اوراق بهادار تهران، فصلنامه اقتصاد مالی، ۱۲ (۴۲)، ۱۹۹-۱۸۱.

- ۱۳) صفوی، سیدعلی اکبر؛ پور جعفریان، نرگس و صفوی، سیدعلی (۱۳۹۳)، بهینه‌سازی بر پایه الگوریتم‌های فراابتکاری، تهران، انتشارات پژوهشگران نشر دانشگاهی، نوبت چاپ اول.
- ۱۴) صفوی، منصور، همایون فر، مهدی و فدایی، مهدی، (۱۳۹۹)، تعیین روش بهینه پیش-بینی درماندگی مالی شرکتها (مطالعه موردی: شرکتهای بورس اوراق بهادار تهران)، فصلنامه دانش سرمایه گذاری، ۹(۳۵)، ۸۵-۱۰۰.
- ۱۵) طالب‌نیا، قدرت‌الله؛ جهان‌شاد، آزیتا و پورزمانی، زهرا (۱۳۸۸)، ارزیابی کارایی متغیرهای مالی و متغیرهای اقتصادی در پیش‌بینی بحران مالی شرکتها (مورد مطالعه: شرکتهای پذیرفته در بورس اوراق بهادار تهران)، بررسی‌های حسابداری و حسابرسی، ۱۶(۵۵)، ۸۴-۶۷.
- ۱۶) غیور، فرزاد و مهرانی، ساسان (۱۳۹۶)، تبیین عوامل مالی و غیرمالی موثر بر پیش‌بینی درماندگی مالی و مقایسه توانایی مدل‌های پارامتریک و ناپارامتریک، رساله دکتری حسابداری دانشگاه مازندران.
- ۱۷) فلاحپور، سعید و ارم، اصغر (۱۳۹۵)، پیش‌بینی درماندگی مالی شرکت‌ها با استفاده از الگوریتم کلونی مورچگان، تحقیقات مالی دانشکده مدیریت دانشگاه تهران، ۱۸(۲)، ۳۶۸-۳۴۷.
- ۱۸) کردستانی، غلامرضا، تاتلی، رضا و رشیدی، حمید (۱۳۹۳)، ارزیابی توان پیش‌بینی مدل تعدیل‌شده آلتمن از مراحل درماندگی مالی نیوتن و ورشکستگی شرکت‌ها، فصلنامه علمی پژوهشی دانش سرمایه‌گذاری، ۳(۹)، ۸۳-۹۹.
- ۱۹) کرزیر، بهرام و شاهوردیانی، شادی (۱۳۹۶)، آزمون شاخص‌های هرفیندال-هیرشمن و کیوتوبین بر تحلیل ساختار سرمایه، کارایی و رقابت بازار محصول. فصلنامه علمی پژوهشی دانش سرمایه‌گذاری (انجمن مهندسی مالی ایران)، ۶(۲۳)، ۲۸۳-۲۹۸.
- ۲۰) کمیته تدوین استانداردهای حسابداری و حسابرسی سازمان حسابرسی (۱۳۹۴). استانداردهای حسابرسی، تهران، انتشارات سازمان حسابرسی.
- ۲۱) کیقبادی، امیررضا و خدای، وحید، (۱۳۹۲)، داده‌کاوی صورتهای مالی جهت اعطای تسهیلات مالی، پژوهش‌های حسابداری مالی و حسابرسی، ۵(۱۷): ۲۱۱-۱۷۹.
- ۲۲) محمدزاده، پرویز و جلیلی‌مرد، علیرضا (۱۳۹۱)، پیش‌بینی ورشکستگی با استفاده از مدل لوجیت. تحقیقات مدل‌سازی اقتصادی، ۳(۸)، ۲۱-۱.
- ۲۳) مرادی رامز، زهرا و سهرابی، شهلا (۱۳۹۷)، بررسی رابطه سهامداران نهادی به عنوان مالک و مدیر بردماندگی مالی شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران، فصلنامه اقتصاد مالی، ۱۲(۴۴)، ۸۷-۱۰۲.
- ۲۴) مهرآذین، علیرضا، زنده دل، احمد، تقی پور، محمد و فروتن، امید (۱۳۹۲)، شبکه‌های عصبی شعاعی آموزش یافته بر پایه متغیرهای مدل‌های آماری و مقایسه آنها در پیش‌بینی ورشکستگی. فصلنامه علمی پژوهشی دانش سرمایه‌گذاری، ۲(۷)، ۱۶۶-۱۴۹.
- ۲۵) مهرانی، ساسان و زارع زادگان، امید (۱۳۹۲)، کیفیت سود، ریسک ورشکستگی و جریان‌های نقد آتی. مجله بررسی‌های حسابداری و حسابرسی دانشکده مدیریت دانشگاه تهران، ۲۰(۱)، ۱۱۲-۹۳.

- ۲۶) مومنی، منصور و فعال قیومی، علی (۱۳۹۴). تحلیل‌های آماری با استفاده از SPSS. تهران، نشر مولف، چاپ هشتم.
- ۲۷) میرزایی، حسین، فلیحی، نعمت و مشهدی، محمدرضا، (۱۳۹۱)، تاثیر ناطمینانی متغیرهای کلان اقتصادی (نرخ ارز و تورم) بر روی ریسک اعتباری مشتریان حقوقی بانک تجارت، فصلنامه اقتصاد مالی، ۶(۱۸)، ۱۱۳-۱۳۷.
- ۲۸) میرعلوی، سید حسین و پورزمانی، زهرا و جهانشاد، آریتا (۱۳۹۸)، ارائه مدلی مبتنی بر رفتار مالی سرمایه-گذاران جهت پیش‌بینی قیمت سهام با استفاده از روش‌های فراابتکاری شبکه‌های عصبی. فصلنامه بورس اوراق بهادار، ۴۷(۳)(۱۲)، ۱۰۹-۷۶.
- ۲۹) نمازی، محمد و ابراهیمی، شهلا (۱۴۰۰)، پیش‌بینی درمادگی مالی شرکت‌های پذیرفته شده در فرابورس و بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از ماشین بردار پشتیبان، مجله راهبرد مدیریت مالی، ۱۱(۳۲)، ۱۱۵-۱۳۲.
- ۳۰) نیکبخت، محمدرضا و بهادری، محمد مراد (۱۳۹۱)، کاربرد مدل آلتمن و لوالی با مدل لگالت و ورنانیو برای پیش‌بینی تداوم فعالیت و ورشکستگی شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران، فصلنامه علمی پژوهشی دانش سرمایه گذاری، ۱(۴)، ۴۶-۱۹.
- ۳۱) وقفی، سید حسام، جوانشیری، حسین، اسکندری، آتنا و نوربخش حسینی، زینب (۱۴۰۱)، تحلیل محتوای درمادگی مالی، مطالعات حسابداری و حسابرسی، ۴۱(۱)، ۸۴-۶۵.
- 32) Acosta, E., Fernando, G., Fernandez, R. and Hicham, G. (2019). Predicting Corporate Financial Failure Using Macroeconomic Variables and Accounting Data. *Computational Economics*, 53(1), 227-257. (First Online: 6th Sep. 2016).
- 33) Al-Hadi, A., Chatterjee, B., Yaftian, A., Taylor, G. and Monzur Hasan, M. (2017). Corporate social responsibility performance, financial distress and firm life cycle: evidence from Australia. *Accounting and Finance*, Wiley Online Library, pp, 1-29. (<https://doi.org/10.1111/acfi.12277>).
- 34) Alifiah, M. Norfian, Norhana S. and Ismail Ahmad, (2013). Prediction of financial distress companies in the consumer products sector in Malaysia. *Journal Sains Humanika*, 64(1), 90-98.
- 35) Cladera, R., Oliver, A.M. and Fuster, B.P., (2021), Financial distress in the hospitality industry during the Covid-19 disaster, *Tourism Management*, 85(1), 1-18.
- 36) Conner, M.C., (1974). On the Usefulness of Financial Ratios to Investors. *Journal of Accounting Review*, 49(3), 551-556.
- 37) Daubie, M and Meskens, N, (2002). Business failure prediction: a review and analysis of the literature. Working Paper, Department of Productions and Operations Management, Catholic University of Mons, Belgium, 1(1), 71-86.
- 38) DeAngelo, H., L. DeAngelo, and R. M. Stulz, (2006). Dividend policy and the earned/contributed capital mix: a test of the life-cycle theory. *Journal of Financial Economics*, 81(1), 227-254.
- 39) Dickinson, V., (2011). Cash flow patterns as a proxy for firm life cycle. *The Accounting Review*, 86(1), 1969-1994.
- 40) Fontaine, Felipe; Rezende, Roberto Marcos da Silva Montezano; Fernando Nascimento de Oliveira, Valdir de Jesus Lameira, (2017). Predicting financial distress in publicly-traded companies. *Revista Contabilidade & Finanças*, 28(75), 390-406.
- 41) Fosu, S., (2013). Capital structure, product market competition and firm performance: Evidence from South Africa. *The Quarterly Review of Economics and Finance*, 53(1), 140-151.

- 42) Hasan, M. M., Hossain, M. and Habib, A., (2015). Corporate life cycle and cost of equity capital. *Journal of Contemporary Accounting & Economics*, 11(1), 46–60.
- 43) Hernandez, M.T, Wilson, N. (2013). Financial Distress and Bankruptcy Prediction among Listed Companies Using Accounting, Market and Macroeconomic Variables. *International Review of Financial Analysis*, (InPress; Available online 26 Februar), pp. 1-26.
- 44) Elhoseny, M., Metawa, N., Sztano, G., and El-hasnony, I., (2022), Deep Learning-Based Model for Financial Distress Prediction, *Annals of Operations Research*, pp.1-23. (published online at <https://doi.org/10.1007/s10479-022-04766-5>)
- 45) Higgins, Robert C., (2007). *Analysis for Financial Management*. New York, McGraw-Hill Irwin.
- 46) Jie Luo, Huiling Chen , Qian zhang , Yueting Xu , Hui Huang , Xuehua Zhao, (2018). An Improved Grasshopper Optimization Algorithm with Application to Financial Stress Prediction. *Applied Mathematical Modelling*, 64(1), 654-668, (<https://doi.org/10.1016/j.apm.2018.07.044>).
- 47) Jie Sun, Hui, Li, Hamido Fujita, Binbin Fu, Wenguo Ai, (2019). Class-imbalanced dynamic financial distress prediction based on Adaboost-SVM ensemble combined with SMOTE and time weighting. *Information Fusion*, 54(1), 128-144.
- 48) Li, Z. Crook, J. & Andreeva, G. (2015). Corporate Governance and Financial Distress: a Discrete Time Hazard Prediction Model, 1-24. (Retrieved from <http://ssrn.com/abstract=2635763>)
- 49) Liu, J., Wu, C., Li, Y. (۲۰۱۹). Improving Financial Distress Prediction Using Financial Network-Based Information and GA-Based Gradient Boosting Method. *Computational Economics*, 53(2), 851–872. (First Online: November 2017).
- 50) Minhas A., Ammar H., Marcela S., & Tanazza S. (2022), Financial Distress, Firm Life Cycle, and Corporate Restructuring Decisions: Evidence from Pakistan’s Economy, *Economies*, 10(175), 1-14.
- 51) Penman, Stephen H. (2013). *Financial Statement Analysis and Security Valuation* (Chapter 20; the Analysis of Credit Risk and Return), Columbia University, Fifth Edition.
- 52) Ravi Kumar, P and Ravi, V. (2007). Bankruptcy prediction in banks and firms via statistical and intelligent techniques. *European Journal of Operational Research*, 180(1), 1-28.
- 53) Saremi, Sh., Mirjalili, S., Lewis, A., (2017). Grasshopper Optimisation Algorithm: Theory and application. *Advances in Engineering Software*, 105(1), 30–47
- 54) Timmermann, A. & Granger, C.W.J., (2004), “Efficient Market Hypothesis and Forecasting”, *International journal of forecasting*, vol. 20, pp.15-27.
- 55) Tsai, C. (2009). Feature Selection in Bankruptcy Prediction. *Knowledge-based Systems*, 22 (1), 120–127.
- 56) Ugur M., Solomon, E. & zeynalov, A., (2022), Leverage, competition and financial distress hazard: Implications for capital structure in the presence of agency costs, *Economic Modelling*, 108 (1), 1-55.
- 57) Weston J. F. & E.T. Copeland. (1992). *Managerial Finance*. Dryden Press, 9th Edition, (Full text book Available on:https://books.google.com/books/about/Managerial_finance.html).

Application of Meta-Heuristic Algorithms in Predicting Financial Distress using intra-corporate (Financial and non-financial) and Economic Variables (Grasshopper Optimization and Ant Colony Algorithms)

Fereydoon Moradi¹
Ahmad Yaghoobnezhad²
Azita Jahanshad³

Received: 02 / January / 2023

Accepted: 08 / March / 2023

Abstract

The purpose of this study is investigating the capability of Grasshopper Optimization Algorithm (GOA) in more accurately predicting the financial distress by-using intra-corporate (financial and non-financial) and economic variables. The method of this research is improving the performance of the basic model of Multilayer Perceptron Artificial Neural Network (ANN-MLP) by-using a hybrid model with GOA (MLP-GOA) and Ant Colony Optimization Algorithm (MLP-ACO). The statistical research population of companies active in Tehran Stock Exchange during a 7-year period (from 1391 to 1397) included 476 companies, and finally, after systematic elimination, there were 289 qualified companies (including 2023 observation year-company). Checked and screened. The results showed the ability of ANN-MLP model to predict financial distress by-using financial and non-financial variables, and in addition the hybrid models (MLP-GOA and MLP-ACO) had been improved this ability. The accuracy of the MLP-GOA model for the year t, year t-1 and year t-2 (before financial distress occurs), respectively are 97.30%, 94.53% and 91.30% that higher than the accuracy of the basic model and the hybrid MLP-ACO model. Although, entering the economic variables has increased the capability of all models significantly but the results showed that the financial distress is more affected by intra-corporate variables and the effect of economic variables has already been considered through the effect on financial events recorded in the accounting system. The results of this study can be used by company managers, banks and rating and credit institutions, insurance companies, financial analysts, investors and investment companies in assessing the risk of financial distress to make appropriate decisions and actions.

Keywords: Financial Distress, Financial and Economic Variables, Grasshopper Optimization Algorithm (GOA), Ant Colony Algorithm (ACO), Multilayer Perceptron Artificial Neural Network (MLP).

JEL classification codes: G1, G17, G33, M41, P44, C61

¹ Department of Accounting, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iranfer.moradi.eco@iauctb.ac.ir

² Department of Accounting, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran (author and responsible): ahm.yaghoobnezhad@iauctb.ac.ir

³ Department of Accounting, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iranfer.moradi.eco@iauctb.ac.ir

