



فصلنامه علمی پژوهشی دانش سرمایه‌گذاری
دوره ۱۴ / شماره ۳ (پیاپی ۵۵) / پائیز ۱۴۰۴
صفحه ۶۵ تا ۹۱

ارزیابی الگوریتم‌های فراابتکاری در پیش‌بینی درماندگی مالی با استفاده از عوامل درون شرکتی با تأکید بر تحلیل ویژگی‌های اندازه، سن، چرخه عمر، بازدهی و رقابت‌پذیری

فریدون مرادی

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

احمد یعقوب نژاد

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

امیررضا کیقبادی

گروه حسابداری، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
a.keyghobadi@iauctb.ac.ir

آزیتا جهانشاد

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

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۸/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۴/۱۸

چکیده

هدف این پژوهش ارزیابی توانمندی الگوریتم بهینه‌سازی ملخ (GOA) و الگوریتم کلونی مورچگان (ACO) در پیش‌بینی درماندگی مالی با استفاده از عوامل درون شرکتی از طریق ایجاد مدل ترکیبی با شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون چندلایه (MLP) می‌باشد. جامعه آماری پژوهش شرکتهای فعال در بازار بورس اوراق بهادار تهران طی سال‌های ۱۳۹۱ تا ۱۳۹۷ بوده که ۲۸۹ شرکت حایز شرایط، شامل ۲۰۲۳ مشاهده سال - شرکت (۳۸۱ مورد درمانده مالی و ۱۶۴۲ مورد سالم) مورد غربالگری قرار گرفته است. یافته‌ها نشان داد که مدل شبکه عصبی پایه توانایی پیش‌بینی درماندگی مالی با استفاده از متغیرهای مالی و غیرمالی را داشته و الگوریتم‌های GOA و ACO دقت مدل پایه (MLP) را بهبود داده‌اند. بیشترین دقت برای مدل ترکیبی MLP-GOA بوده است. همچنین بررسی فراوانی درماندگی مالی براساس برخی متغیرهای شرکتی نشان داد که احتمال درماندگی مالی همسو با تحقیقات مشابه، متأثر از ویژگی‌های اندازه، سن و چرخه عمر می‌باشد که البته تأثیرپذیری از ویژگی‌های بازدهی و رقابت - پذیری با نتایج تحقیقات مشابه متفاوت بوده است. نتایج این تحقیق می‌تواند توسط مدیران شرکت‌ها، بانک‌ها، موسسات اعتباری، بیمه‌ای و رتبه‌بندی، سرمایه‌گذاران بالفعل و بالقوه و نیز شرکت‌های سرمایه‌گذاری در تشخیص درماندگی مالی و ارزیابی ریسک (بر مبنای معیار تداوم فعالیت) مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: درماندگی مالی، عوامل درون شرکتی، متغیرهای مالی و غیرمالی، الگوریتم فراابتکاری بهینه‌سازی ملخ (GOA)، الگوریتم کلونی مورچگان (ACO).

۱- مقدمه

کسب سود و از آن طریق به حداکثر رساندن ثروت سهامداران، فلسفه وجودی بنگاه‌های انتفاعی است. تداوم فعالیت یا بقای هر شرکتی همانند موجودات زنده، مستلزم کنترل علایم حیاتی در هر مرحله از عمر شرکت و به تناسب آن پیش‌بینی تمهیدات لازم جهت تضمین بقای آن و در صورت لزوم انجام تعدیلات لازم در سیاست-گذاری‌ها و یا اقدامات اصلاحی دیگر است. از جمله تهدیدهای اساسی که تداوم فعالیت و بقای بنگاه‌های اقتصادی را به مخاطره می‌اندازد، درماندگی مالی^۱ است که می‌تواند بی‌توجهی به آن افول و حتی ورشکستگی مالی به همراه داشته باشد. امروزه با توسعه بازارها و گسترش شرکت‌های سهامی، مسائل و مشکلات مترتب بر آن از جمله درماندگی مالی و ورشکستگی، بیش از گذشته مورد توجه است (حیدری سورشجانی، ۱۳۹۴). یکی از تحقیقات سودمند در زمینه بررسی وضعیت مالی شرکت‌ها تشخیص نشانه‌های درماندگی مالی قبل از وقوع و اعلام رسمی ورشکستگی است. بنابراین هدف اصلی تحقیقات کشف و ابداع الگوهای علمی و دقیق در این زمینه است (جی و همکاران^۲، ۲۰۱۹).

علی‌رغم پژوهش‌های گسترده‌ای که در این زمینه انجام شده است؛ تاکنون الگوی کامل و جامعی برای پیش‌بینی درماندگی مالی که مبتنی بر تئوری‌های مالی شناخته شده باشد، یافت نشده است. تحقیقات بیشتر در این زمینه، منجر به درک بهتر پدیده درماندگی مالی می‌شود که به نوبه خود، احتمال یافتن الگوی دقیق‌تر جهت پیش‌بینی آن را افزایش می‌دهد (ابراهیمی و همکاران، ۱۳۹۷). صارمی و همکاران (۲۰۱۷) اخیراً الگوریتم بهینه‌سازی ملخ^۳ (GOA) را معرفی نموده‌اند و توانمندی آن را در حل توابع آزمایشی استاندارد و کاربردی به اثبات رساندند. هدف اصلی این پژوهش ارزیابی توانمندی این الگوریتم در بهبود عملکرد شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون چندلایه^۴ (MLP) برای پیش‌بینی درماندگی مالی با استفاده از متغیرهای مالی و غیرمالی درون شرکتی می‌باشد.

۲- مبانی نظری و پیشینه پژوهش

۲-۱- مبانی نظری پژوهش

رقابت روزافزون دستیابی به منابع را محدودتر و احتمال بروز مشکلات مالی و یا درماندگی مالی را افزایش داده است (دایوبای و مسکنز^۵، ۲۰۰۲). در چنین محیط رقابتی، از یک سو کمبود منابع و از سوی دیگر ضعف مدیریت در بکارگیری منابع موجود و همچنین وضعیت نامطلوب اقتصادی کشورها از جمله عواملی هستند که باعث می‌شوند، برخی از شرکت‌ها نتوانند به موقع تعهدات خود را ایفا نمایند و این موضوع احتمال درماندگی مالی و در نهایت ورشکستگی را افزایش می‌دهد. جی‌لو و همکاران^۶ (۲۰۱۸) سلامت یک بنگاه اقتصادی را در یک محیط تجاری بسیار رقابتی متأثر از عواملی از جمله؛ (۱) میزان تأمین مالی در بدو تأسیس، (۲) توانایی، انعطاف‌پذیری

^۱ Financial Distress

^۲ Jie, S. et al

^۳ Grasshopper Optimization Algorithm (GOA)

^۴ Multilayer Perceptron Artificial Neural Network (MLP)

^۵ Daubie, M, Meskens, N.

^۶ Jie Lou et al.

نسبی و کارآیی 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 می‌داند. 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 و همکاران، ۱۳۹۷). سازوکار کنترل داخلی توسعه‌یافته یک شرکت می‌باید برای پشتیبانی از مدیریت علمی ریسک، یک سیستم پیش‌بینی درماندگی مالی^۱ (FDPS) داشته باشد تا بتواند وخامت مالی شرکت را قبل از وقوع درماندگی مالی (و نهایتاً ورشکستگی) اعلام نماید. اگر درماندگی مالی شرکت‌ها به موقع بهبود نیابد، به ورشکستگی مالی منجر خواهد شد (هیگینز^۲، ۲۰۰۷). 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 بسیار دیر و بیهوده است (راوی کومار و راوی^۳، ۲۰۰۷).

اگرچه روش‌های سنتی توانستند احتمال درماندگی مالی یا ورشکستگی را با دقت قابل قبولی تعیین نمایند، اما مفروضات محدودکننده برخی از این مدل‌ها، مانند خطی بودن، نرمال بودن و مستقل بودن متغیرهای پیش‌بین از هم، بر روی اثربخشی این روش‌ها موثر بوده و استفاده از این نوع مدل‌ها را با محدودیت‌هایی مواجه نموده است (فلاح‌پور و ارم، ۱۳۹۵). بعنوان مثال آلمن و همکاران (۱۹۷۷) معتقدند که فرض نرمال بودن توزیع متغیرها و فرض وجود ماتریس توزیع یکنواخت از جمله فرض‌های محدودکننده این گونه مدل‌ها می‌باشند (اسدزاده، ۱۳۹۳). علاوه بر این امروزه با پیشرفت علوم کامپیوتر و فناوری اطلاعات، حجم داده‌های تولید شده در ابعاد مختلف به شدت افزایش یافته است تکنیک‌های کلاسیک کارایی لازم برای تحلیل حجم انبوه و روز افزون این داده‌ها را ندارند. بر این اساس، به تدریج روش‌های مبتنی بر هوش مصنوعی مانند شبکه‌های عصبی مصنوعی، الگوریتم ژنتیک، ماشین بردار پشتیبان و الگوریتم‌های فرابتنکاری به منظور مقابله با برخی یا تمامی این محدودیت‌ها معرفی شدند. تکنیک‌های هوش مصنوعی، مشابه هوش و منطق انسانی یاد می‌گیرند و عملکرد حل مسئله را با توجه به تجربیات گذشته، بهبود می‌بخشند. این تکنیک‌ها به علت کارایی بالا و عدم محدودیت‌های ناشی از فرض‌های آماری، با استقبال زیادی مواجه شده‌اند و به دلیل گستردگی کاربرد از تنوع زیادی برخوردارند (راوی کومار و راوی، ۲۰۰۷).

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

فرض تداوم فعالیت یکی از مفروضات بنیادی حسابداری است که مبنای نظری برای بسیاری از طبقه‌بندی‌های متداول در حسابداری را فراهم می‌آورد. بقای هر واحد انتفاعی مستلزم استفاده از منابع موجود و ایفای به موقع تعهدات است. اگر به هر دلیلی، قهری یا اختیاری، تردید اساسی نسبت به توانایی تداوم فعالیت واحد انتفاعی ایجاد شود، این فرض جایگاه خود را از دست می‌دهد (کمپته تدوین استانداردهای سازمان حسابرسی، ۱۳۹۴). براساس استاندارد حسابرسی شماره ۵۷۰ نشانه‌های تردید درباره تداوم فعالیت، می‌تواند از صورت‌های مالی و یا منابع دیگر

^۱ Financial Distress Predicting System (FDPS)

^۲ Higgins

^۳ Ravi Kumar, P and Ravi

بدست آید. طی نیم قرن اخیر برخی از محققان با توجه به متغیرهای مبتنی بر صورت‌های مالی، توانستند الگوهایی را برای پیش‌بینی درماندگی مالی ارائه نمایند (سلمانیان و دارابی، ۱۳۹۶). در تئوری مبتنی بر پیش‌بینی، مدیریت با استفاده از انواع شیوه‌های پیش‌بینی و روش‌های آماری، رویدادهای آتی را پیش‌بینی می‌نماید. هدف این تئوری شناسایی، تعریف و تدوین الگوهای تصمیم‌گیری و تسهیل نمودن فرآیند تصمیم‌گیری برای حل مسئله است. طرفداران تئوری حسابداری مبتنی بر پیش‌بینی، برای تبیین تئوری حسابداری از شاخص سودمندی در پیش‌بینی استفاده می‌کنند. از این رو سودمندی اطلاعات در پیش‌بینی رویدادهای آینده از ویژگی‌های کیفی اطلاعات صورتهای مالی است. بر طبق این دیدگاه، ارقامی از حسابداری دارای محتوای اطلاعاتی هستند که استفاده‌کنندگان بر مبنای آن بتوانند در پیش‌بینی رویدادهای آینده و از جمله درماندگی مالی و ورشکستگی کمک بگیرند (غیور، ۱۳۹۶).

علاوه بر محتوای اطلاعاتی نسبت‌های مالی (نقدینگی، سودآوری، بازار، بدهی و ...) در ارزیابی ریسک درماندگی مالی، سایر اطلاعات شرکت‌ها از جمله اندازه، سن، چرخه عمر، بازدهی و رقابت‌پذیری آنها نیز می‌تواند در این ارزیابی به ما کمک کند. انتظار بر این است که شرکت‌های بزرگتر در زمان بحران‌های مالی بهتر مقاومت کنند به این دلیل که آن‌ها قدرت سیاسی و توان اقتصادی بیشتری نسبت به شرکت‌های کوچکتر دارند (مطالعات کلادرا و همکاران، ۲۰۲۱ و فدایی‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۴). همچنین شرکت‌های دارای سابقه طولانی به تناسب تجربه از نظام راهبری مناسبی برخوردار بوده و احتمال درماندگی آنها کمتر باشد. مطالعات انجام شده توسط دیکنسون (۲۰۱۱) و حبیب و حسن (۲۰۱۵) نیز نشان داد 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 و در عین حال ریسک پایین‌تری دارند. بنابراین منطقی است که انتظار داشته باشیم که این تفاوت‌ها، در هر مرحله از چرخه عمر شرکت با شدت متفاوتی بر بحران مالی شرکت تأثیر بگذارند. بعلاوه تحقیقات متعددی از جمله فدایی و هرمزی (۱۳۹۷) و فدایی‌نژاد و همکاران (۱۳۹۴) نشان دادند که شرکت‌های با بازدهی بالاتر با احتمال کمتری با درماندگی مالی مواجه شده‌اند. ضمناً اوپلر و تیمان (۱۹۹۴) معتقدند که در شرکت‌های درمانده، کاهش توان سودآوری شرکت ناشی از کاهش سهم شرکت از بازار فروش محصولات می‌باشد و اینگونه شرکت‌ها به مرور توان رقابت‌پذیری خود را از دست می‌دهند (غیور، ۱۳۹۶).

۲-۳- پیشینه تجربی پژوهش

تحقیقات متعددی طی نیم قرن گذشته در حوزه درماندگی مالی و ورشکستگی انجام شده است که منجر به ابداع تکنیک‌های کلاسیک گردید که از جمله آنها می‌توان به مدل‌های اسپرینگیت (۱۹۷۸)، تافلر (۱۹۸۳)، فولمر (۱۹۸۴)، زیمیسکی (۱۹۸۴)، زاوگین (۱۹۸۵)، شیراتا (۱۹۹۸)، گرایس (۱۹۹۸) اشاره نمود (غیور، ۱۳۹۶). هراندز و ویلسون^۲ (۲۰۱۳) در پژوهشی احتمال ورشکستگی و درماندگی مالی را با استفاده از متغیرهای کلان

1 Cladera et al.

2 Hernandez, M.T, Wilson, N.

اقتصادی، بازار و حسابداری و بکارگیری مدل شبکه عصبی مصنوعی مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که استفاده همزمان این سه گروه متغیر، درماندگی مالی را بهتر تبیین می‌کند. کریستوفر و شن^۱ (۲۰۱۷) در پژوهشی به بررسی ارتباط بین درماندگی مالی و بازده سهام پرداختند. نتایج نشان داد که رابطه قوی منفی بین بازده سهام و درماندگی مالی وجود دارد. کلادرا و همکاران (۲۰۲۱) درماندگی مالی را از زمان همه‌گیری ویروس کرونا (کووید ۱۹) در شرکتهای صنعت هتلداری اسپانیا بر اساس مدل لاجیت ورشکستگی مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که با کاهش ۶۰ درصدی درآمد، درماندگی مالی ۲۵ درصد افزایش داشته است. همچنین در صورت کاهش ۸۰ درصدی درآمد، این احتمال به ۳۲ درصد افزایش می‌یابد. ضمناً مشکلات مالی عمدتاً بر شرکتهای کوچک تأثیرگذارتر 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. تقی‌زاده و همت‌فر (۱۳۹۴) به بررسی کاربرد الگوریتم کلونی مورچگان (ACO) در پیش‌بینی ورشکستگی شرکت‌ها پرداختند. در این راستا سعی بر ساخت مدلی بوده است که با استفاده از الگوریتم ACO پیش‌بینی ورشکستگی در یک یا دو یا سه سال قبل از وقوع ورشکستگی را میسر سازد. مدل پیشنهادی بر اساس الگوریتم ACO و با میانگین دقت معادل ۹۰ درصد بوده است. همچنین لطفی (۱۳۹۶) در تحقیق دیگری به پیش‌بینی درماندگی مالی با استفاده از الگوریتم فرابتناری بهینه‌سازی ازدحام کبوتر (PIO) مبتنی بر شبکه عصبی فازی پرداخت. نتایج نشان داد که الگوی ترکیبی شبکه عصبی و الگوریتم PIO قابلیت پیش‌بینی وقوع درماندگی مالی شرکت‌ها را دارد. او در این تحقیق با استفاده از شبکه عصبی فازی و تنظیم پارامترهای آن به کمک الگوریتم مذکور، توانست الگوی ترکیبی برای پیش‌بینی درماندگی مالی در شرکت‌ها را ارائه نماید.

صوفی و همکاران (۱۳۹۹)، در پژوهش خود از ترکیب تکنیک‌های شبکه عصبی مصنوعی و الگوریتم ژنتیک برمینای 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. همچنین رحیمی و همکاران (۱۴۰۰)، جهت پیش‌بینی درماندگی مالی با استفاده از ۲۴ نسبت مالی طی بازه زمانی ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۸ از روش شبکه عصبی مصنوعی استفاده نمودند. دقت مدل مذکور بیش از ۹۷ درصد بود.

همچنین رحمانیان کوشکی و سهولت (۱۳۹۹)، در مطالعه دیگری به بررسی تاثیر هزینه حقوق صاحبان سهام بر درماندگی مالی و ارزش شرکتهای پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران طی بازه ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۸ پرداختند. آزمون فرضیات از طریق تحلیل رگرسیون چندگانه و با استفاده از روش داده‌های پانل در محیط نرم افزار ایویوز انجام شد. نتایج نشان داد که هزینه حقوق صاحبان سهام بر درماندگی مالی و ارزش شرکت اثر مثبت و معنادار

1 Shen and Kristopher

دارد. دباغ و شیخ بگلو (۱۳۹۹)، در تحقیق خود از نسبت‌های مالی در پیش بینی ورشکستگی شرکتها با استفاده از مدل فولمر و شبکه عصبی مصنوعی طی دوره زمانی ۱۳۹۱ الی ۱۳۹۷ برای ۱۳۲ پرداختند. نتایج پژوهش نشان داد میزان قدرت و دقت پیش بینی ورشکستگی مدل شبکه عصبی مصنوعی در مقایسه با مدل فولمر از دقت بالاتری برخوردار است. بعلاوه 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 تعهدی، حسابداری نقدی، بازار سهام، مکانیسم‌های حاکمیت شرکتی و شاخص‌های اقتصاد کلان را اثبات نمودند.

صارمی و همکاران الگوریتم GOA را در سال ۲۰۱۷ بعنوان تکنیک فراابتکاری نوین معرفی نمودند که همانند سایر الگوریتم‌های الهام گرفته از طبیعت، با تقلید از رفتار ملخ، جواب‌های بهینه برای مسایل مختلف در حوزه های گوناگون ارایه می‌نماید. آنها با مدل‌سازی و بررسی توانایی این الگوریتم در حل توابع مختلف تست استاندارد، کارایی آن را نسبت به سایر الگوریتم‌های فراابتکاری اثبات نمودند. مرایحی و همکاران^۱ (۲۰۲۱) با بررسی جامع ۱۲۰ مقاله تحقیقی منتشر شده در نشریات معتبر علمی شامل؛ IEEE، Springer، Elsevier، JET، Hindawi و ... کاربردهای الگوریتم GOA را در حل مسایل مختلف مهندسی مورد بحث و بررسی قرار دادند و ضمن بیان توانمندی‌های این الگوریتم در حل مسایل کاربردی مختلف، با بیان برخی نقاط ضعف این الگوریتم، ضرورت تعریف اپراتورها و استراتژی‌های جدید و همچنین بکارگیری آن در ترکیب با سایر تکنیک‌های فراابتکاری، برای بهبود مراحل اکتشاف و بهره برداری را پیشنهاد دادند. عمده تحقیقات انجام شده در خصوص بکارگیری این الگوریتم در حوزه های مهندسی است و تحقیقات انجام شده در حوزه مالی بسیار نادر است. جی‌لو و همکاران (۲۰۱۸) کارایی این الگوریتم را در پیش‌بینی پریشانی مالی با استفاده از نسبت‌های 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 دیگر از الگوریتم‌های فراابتکاری بررسی و مورد آزمون قرار دادند و مجموعه یافته‌ها نشان داد که الگوریتم GOA نسبت به سایر مدل‌های فراابتکاری از دقت بالاتری برخوردار بوده است. نتایج نشان داد که الگوریتم GOA توانایی بهبود عملکرد مدل پایه KELM (نوعی از مدل شبکه عصبی) را داشته است. همچنین میرعلوی، پورزمانی و جهان‌شاد (۱۳۹۸) با بررسی رفتار مالی سرمایه‌گذاران جهت پیش‌بینی قیمت سهام با استفاده از مدل‌های فراابتکاری مبتنی بر شبکه‌های عصبی پرسپترون (ANN-MLP)، دریافتند که استفاده از الگوریتم GOA خطای مدل را تقلیل داده است.

۳- روش شناسی پژوهش

روش این تحقیق مبتنی بر تکنیک‌های هوش مصنوعی است. جامعه آماری پژوهش نیز شامل کلیه شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران فعال طی بازه زمانی ۷ ساله از ۱۳۹۱ تا ۱۳۹۷ بوده که سال مالی آنها پایان اسفندماه باشد و تغییر سال مالی نیز نداشته باشند. بعلاوه امکان دسترسی به اطلاعات آنها فراهم و جزء

1 Meraihi et al.

شرکتهای مالی و سرمایه‌گذاری یا واسطه‌گری مالی نباشند. داده‌ها و اطلاعات درون شرکتی با استفاده از نرم افزارهای ره‌آورد نوین و تدبیرپرداز از کتابخانه سازمان بورس، سایت کدال جمع‌آوری شده است و همچنین حسب ضرورت برخی پردازش‌ها و محاسبات در محیط نرم افزار اکسل روی داده‌های اولیه انجام شده است. برای اجرای مدل پژوهش، تحلیل داده‌ها و آزمون فرضیه‌ها از نرم افزار MATLAB نسخه R2019b و نرم افزار آماری SPSS (نسخه ۲۰) استفاده شده است. مشابه تحقیق سورشجانی (۱۳۹۴)، به جهت دسترسی به اطلاعات همه شرکت‌ها به تعداد ۲۸۹ شرکت، از نمونه‌گیری تصادفی استفاده نشده و کل جامعه آماری مورد غربالگری قرار گرفته است.

۳-۱- فرضیه‌های پژوهش

باتوجه به هدف این پژوهش در ارزیابی توانمندی الگوریتم GOA در پیش‌بینی دقیق‌تر درماندگی مالی شرکت‌ها طی بازه زمانی ۷ ساله پژوهش با استفاده از متغیرهای درون شرکتی، برای سال وقوع درماندگی مالی تا دو سال قبل از آن، فرضیه‌های تحقیق بشرح زیر بیان شده است:

- ۱) مدل ترکیبی MLP-GOA توانایی بهبود پیش‌بینی درماندگی مالی شرکت‌ها را دارد.
- ۲) مدل ترکیبی MLP-ACO توانایی بهبود پیش‌بینی درماندگی مالی شرکت‌ها را دارد.
- ۳) مدل MLP-GOA نسبت به مدل MLP-ACO، توانایی بیشتری در پیش‌بینی درماندگی مالی شرکت‌ها را دارد.

۳-۲- متغیر درماندگی مالی و نحوه اندازه‌گیری آن

با توجه به مدل تحقیق، درماندگی مالی بعنوان متغیر دسته‌بندی تعریف شده است. در همه مدل‌های کلاسیک و همچنین الگوهای نوین، معیارهای مختلفی برای تعیین درماندگی مالی بکار گرفته شده است. برای نمونه ویلیام بیور (۱۹۶۶) و آلتمن (۱۹۶۸) در مدل خود درماندگی مالی را معادل ورشکستگی واقعی شرکت‌ها در نظر گرفته بودند. چاریتو و همکاران (۲۰۱۱) شرکت‌هایی را که زبان مداوم و کاهش سود تقسیمی داشته‌اند، بعنوان درمانده در نظر گرفتند (غیور، ۱۳۹۶). در بسیاری از تحقیقات مشابه، شمولیت ماده ۱۴۱ قانون تجارت مبنای تفکیک شرکت‌ها به درمانده و غیردرمانده می‌باشد. در این تحقیق از روش سه مرحله‌ای زیر برای تعیین شرکت‌های درمانده استفاده شده است. در مرحله اول؛ مشابه تحقیقات آکوستا و همکاران (۲۰۱۹) و الهادی و همکاران (۲۰۱۷)؛ برای تعیین درماندگی مالی از سه مدل کلاسیک طبق جدول شماره ۱ که در تحقیقات داخلی بر اساس شرایط بازار کشور، مورد تعدیل ضرایب قرار گرفته‌اند، بطور همزمان استفاده شده است. در این مرحله با توجه به مجموع شاخص‌های محاسبه‌شده برای هر یک از 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.

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	متغیرها در مدل اصلی و مدل تعدیل شده
مدل آلتمن (۱۹۸۳)	کردستانی و همکاران (۱۳۹۳)	رابطه (۱) $Z = 0.291X_1 + 2.458X_2 - 0.301X_3 - 0.079X_4 - 0.05X_5 - 0.60$ 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، و بهادری (۱۳۹۱)	رابطه (۲) $Z = 0.660 + 0.871X_5 - 2.831X_6 - 0.008X_7 + 5.303X_8 + 0.075X_9$ 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 زمبسکی (۱۹۸۴)	محمدزاده، و جلیلی مرند (۱۳۹۱)	رابطه (۳) $Z = 10.397 + 19.153X_{10} - 13.197X_6$ شرط ورشکستگی: $Z < 0$	$x_9 =$ نسبت درصد رشد حقوق صاحبان سهام به درصد رشد دارایی‌ها $x_{10} =$ نسبت سود خالص به کل دارایی‌ها

در مرحله دوم؛ بدون توجه به نمره درماندگی مالی مرحله قبل، همه مشاهدات با استفاده از برخی معیارها مانند تحقیقات هرناوندز و ویلسون (۲۰۱۳)، منصورفر، غیور و لطفی (۱۳۹۲)، غیور (۱۳۹۶) و خواجوی و قدیریان (۱۳۹۶) برای تعیین شرکت‌های درمانده علامت‌دهی می‌شوند. در این مرحله شرکت‌هایی بعنوان درمانده مالی شناسایی شدند که حداقل یکی از معیارهای اختصاصی شامل (۱) زیانده بودن برای سه سال متوالی (۲) کاهش بیش از ۴۰ درصدی سود نقدی برای سه سال متوالی، (۳) کمتر از ۸۰٪ هزینه بهره بودن سود قبل از بهره و مالیات و استهلاک برای دو سال متوالی، (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 باشد. در مرحله سوم؛ علاوه بر معیارهای دو مرحله قبل، شمول ماده ۱۴۱ قانون تجارت نیز بعنوان معیار درماندگی مالی در نظر گرفته شده است. براساس نتایج مراحل سه گانه فوق، تمامی مشاهداتی که مشمول ماده ۱۴۱ قانون تجارت، بعنوان درمانده مالی طبقه‌بندی شده‌اند و علاوه بر آن، مشاهداتی که در دو مرحله قبل نیز توامان درمانده مالی شناخته شدند، به دامنه شرکت‌های درمانده اضافه شده‌اند.

۳-۳- متغیرهای پیش‌بین درون شرکتی و نحوه اندازه‌گیری آن‌ها

متغیرهای درون شرکتی موثر بر درماندگی مالی طبق جدول شماره ۲ ارائه شده است. این جدول شامل تعداد ۲۶ نسبت مالی متداول از گروه نقدینگی، اهرم (بدهی)، سودآوری و بازار در تحقیقات این حوزه می‌باشد و علاوه بر آن، برخی متغیرهای دیگر مانند اندازه، سن، چرخه‌عمر، بازده و رقابت‌پذیری را نیز شامل می‌شود.

جدول ۲. متغیرهای پیش‌بین تحقیق (عوامل موثر درون شرکتی یا سطح شرکت FLV)

متغیر	عنوان متغیر	متغیر	عنوان متغیر
۱- نسبت های مالی (FLVA)			
X ₁₄	نسبت فروش خالص به کل دارایی‌ها	X ₁	نسبت سود انباشته به کل دارایی‌ها
X ₁₅	نسبت سودخالص 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 دارایی های 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 بدهی ها 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 دارایی های 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 منتهی به اسفند ماه سال t)
X ₃₂	شاخص هیرفیندال-هریسمن	X ₂₉	سن شرکت (به سال)

مشابه برخی تحقیقات از جمله مطالعات نمازی، کاظم نژاد و نعمت‌اللهی (۱۳۹۵)، خواجه‌وی و قدیریان (۱۳۹۶)، فلاح‌پور و ارم (۱۳۹۵) و تسای^۱ (۲۰۰۹) با استفاده از آزمون مقایسه میانگین مناسب‌ترین نسبت‌های مالی انتخاب شدند. اگر نتایج این آزمون تفاوت مقدار میانگین‌های یک متغیر در دو گروه را نشان دهد، می‌توان نتیجه گرفت که متغیر مذکور بر گروه‌بندی تاثیرگذار بوده است (مومنی و فعال قیومی، ۱۳۹۴: ۶۷). در اینجا متغیر اندازه و سن

1 Tsai, C.

شرکت به ترتیب لگاریتم طبیعی ارزش بازار و سابقه فعالیت از سال تاسیس بوده و همچنین بازده نیز معادل بازده تجمعی سالانه هر سهم در نظر گرفته شده است. برای اندازه‌گیری شاخص رقابت‌پذیری، مشابه تحقیق فوسو^۱ (۲۰۱۳)، از شاخص رفیندال-هیرشمن^۲ (HHI) و نسبت Q-Tobin استفاده شده است. شاخص HHI (رابطه ۴) در دهه ۱۹۸۰ توسط کمیسیون تجارت آمریکا استفاده گردید. بازار با شاخص HHI کمتر از ۱۰٪، رقابتی محسوب می‌شود. در اینجا k تعداد بنگاه‌های فعال در بازار صنعت خاص و S_i سهم فروش شرکت i ام در همان صنعت است.

$$HHI = \sum_{i=1}^k (S_i)^2 \quad \text{رابطه ۴}$$

علاوه بر این شرکتی که نسبت کیوتوبین بزرگتری دارد، تمایل بیشتری به تأمین مالی در بازار سرمایه دارد. بزرگتر بودن این شاخص منجر به پایین بودن اهرم و کاهش ریسک می‌شود. (کارزبر و شاهوردیانی، ۱۳۹۶). بالاتر بودن این شاخص، توان رقابتی را افزایش داده و بعلاوه عملکرد مثبت شرکت در گذشته و نیز توان ارزش آفرینی در مقایسه با سایر رقبا را نشان می‌دهد. در اینجا برای اندازه‌گیری متغیر چرخه عمر، مانند مطالعه الهادی و همکاران (۲۰۱۷) و طبق مدل دی‌آنجلو و همکاران^۳ (۲۰۰۶) از نسبت سودانباشته به مجموع دارایی‌ها و یا مجموع حقوق صاحبان سهام (RE/TA و RE/TE) برای طبقه‌بندی مراحل چرخه عمر استفاده شده است. دیکنسون^۴ (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. بنابراین منطقی است که این تفاوت‌ها، در هر مرحله از چرخه عمر، با شدت متفاوتی بر درماندگی مالی تأثیر بگذارد. شرکت‌ها با مقادیر بالاتر این نسبت‌ها معمولاً بالغ‌تر و یا پیر هستند. در حالی که آنهایی که جوان‌ترند نسبت RE/TA یا RE/TE کمتری دارند. برای سنجش چرخه عمر ابتدا مشابه تحقیق ایزدی‌نیا و همکاران (۱۳۹۲)، طبق رابطه شماره ۵ بصورت جداگانه مقادیر استاندارد این دو نسبت محاسبه و سپس مجموع آن دو بعنوان مقدار چرخه عمر لحاظ شده است.

$$Z_{1,2} = (X - \mu) / \sigma \quad \text{رابطه ۵}$$

توضیح اینکه مرتب‌سازی ارزش 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.

۳-۴- روند اجرای الگوریتم پژوهش

پیش‌بینی درماندگی مالی یک مسئله "دسته‌بندی" است که در آن یک مدل یادگیری ترکیبی مبتنی بر الگوریتم فراابتکاری و استفاده از داده شرکت‌های درمانده مالی و غیردرمانده، باید از طریق یک تابع علامت (با خروجی ۰

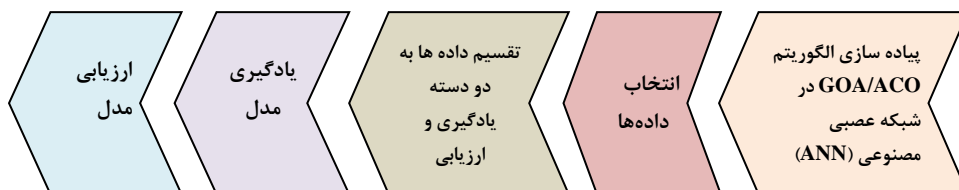
1 Fosu, S.

2 Herfindal-Herishman Index

3 DeAngelo, H. et al.

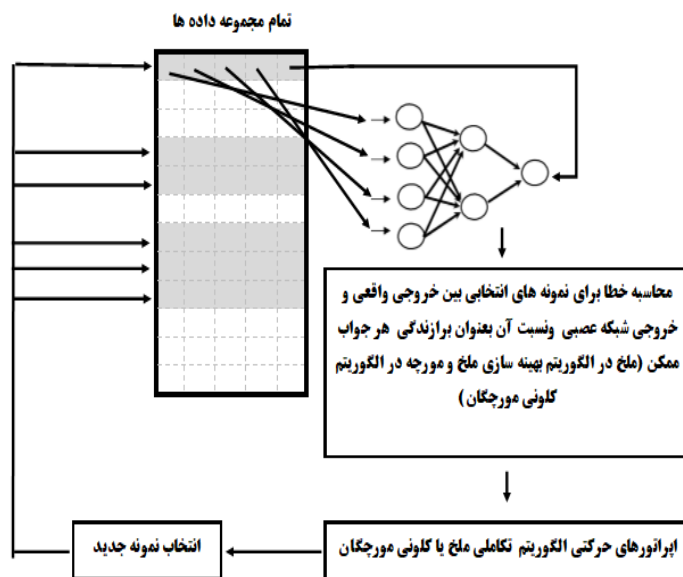
4 Dickinson, V.

و (۱) بهترین تفکیک بین این دو دسته قایل شود، بنحوی که با کمترین خطا بتواند دسته واقعی هر شرکت را تعیین و یا پیش‌بینی نماید. مدل ترکیبی تحقیق در برگزیده روند اجرایی الگوریتم مطابق شکل شماره ۱ می‌باشد.



شکل ۱. روند اجرای الگوریتم پژوهش (میرعلوی، پورزمانی و جهانشاد، ۱۳۹۸)

الگوریتم‌های GOA و ACO با استفاده از برازندگی‌ای که از شبکه عصبی MLP بدست می‌آورد، مطابق شکل شماره ۲ به انتخاب نمونه‌ها می‌پردازد و نمونه‌های انتخاب‌شده برای آموزش به شبکه منتقل شده 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.



شکل ۲. فرآیند انتخاب نمونه در مدل پیشنهادی تحقیق (میرعلوی، پورزمانی و جهانشاد، ۱۳۹۸)

در این پژوهش 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 نمونه‌های آموزشی و سایر نمونه 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 گیرد. افزون بر این، استفاده از این روش، از بروز مشکل بیش‌برازش^۲ 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 براساس روش من ویتنی یا آزمون t-test حسب مورد، استفاده نمود.

۵-۳- ارزیابی کارایی الگوریتم‌ها و مدل تحقیق

ارزیابی الگوریتم‌های دسته‌بندی، از طریق تجزیه و تحلیل معیارهای ارزیابی مطابق ماتریس درهم ریختگی و نمودار ROC انجام می‌شود. عناصر ماتریس درهم ریختگی (اغتشاش) 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 رکوردها به درستی دسته‌بندی شده اند. 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 ۷ و ۸) 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.

$$CA = \frac{TN + TP}{TN + FN + TP + FP} \quad \text{رابطه 6}$$

$$FPR = \frac{FP}{FP + TN} \quad \text{رابطه 7}$$

$$FNR = \frac{FN}{TP + FN} \quad \text{رابطه 8}$$

در اینجا خطای نوع دوم مهمتر از خطای نوع اول 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 نمودار ROC) است که دقت

1 10-fold Cross Validation
2 Overfitting

الگوریتم را که نشان می‌دهد (عددی بین ۰ و ۱). 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.

۴- یافته‌های پژوهش

۴-۱- گزینش متغیرهای پژوهش

در این پژوهش مشابه برخی تحقیقات از جمله مطالعات فلاچپور و ارم (۱۳۹۵)، نمازی، کاظم نژاد و نعمت الهی (۱۳۹۵)، خواجهی و قدیریان آرانی (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 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^۱ و آماره F انجام می‌شود.

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

Samples Test	Sig.		Samples Test	Sig.		Samples Test	Sig.	
	Levene's Test	t-test		Levene's Test	t-test		Levene's Test	t-test
X1	A	0.000	*X10	A	0.000	*X19	A	0.000
	B	0.000		B	0.072		B	0.239
*X2	A	0.000	X11	A	0.000	X20	A	0.000
	B	0.314		B	0.000		B	0.000
X3	A	0.000	X12	A	0.000	X21	A	0.001
	B	0.000		B	0.000		B	0.000
X4	A	0.000	X13	A	0.018	X22	A	0.000
	B	0.000		B	0.000		B	0.000
X5	A	0.000	X14	A	0.096	*X23	A	0.000
	B	0.000		B	0.000		B	0.119
X6	A	0.000	X15	A	0.000	*X24	A	0.318
	B	0.000		B	0.000		B	0.186
X7	A	0.000	*X16	A	0.000	*X25	A	0.109
	B	0.017		B	0.209		B	0.392
X8	A	0.002	*X17	A	0.000	*X26	A	0.000
	B	0.000		B	0.096		B	0.671
X9	A	0.000	X18	A	0.456			
	B	0.000		B	0.000			

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 تحقیق

1 Levene's Test

اگر مقادیر معنی‌داری (sig) آزمون لوین کمتر از ۵٪ باشد، فرض برابری واریانس‌ها رد می‌شود. در این حالت به نتیجه آزمون t در حالت B مراجعه نموده و با توجه به سطح معنی‌داری آرایه شده، نتیجه تایید و عدم تایید فرض برابری میانگین‌ها مشخص می‌شود. همچنین اگر سطح معنی‌داری آزمون لوین برای متغیری بیشتر از 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 در نهایت، متغیرهای X_2 ، X_{10} ، X_{16} ، X_{17} ، X_{19} ، X_{23} ، X_{24} و X_{25} که با علامت * مشخص شده‌اند؛ از فهرست نسبت‌های مالی تحقیق حذف شده است.

۲-۴- یافته‌های توصیفی مبتنی بر ویژگی‌های شرکت

نتایج مربوط به آزمون مقایسه میانگین داده‌های برخی متغیرهای مالی و غیرمالی سطح شرکت شامل اندازه، سن، چرخه عمر، بازده سهام و رقابت‌پذیری (متغیرهای X_{27} تا X_{32}) برای دو گروه درمانده و غیردرمانده در جدول شماره ۴ آرایه شده است. برطبق این جدول، تفاوت میانگین‌ها برای همه متغیرها به استثنای بازده سالانه سهام بین دو گروه درمانده و غیردرمانده در سطح خطای ۵ درصد معنی‌دار بوده است.

جدول ۴. آزمون مقایسه میانگین متغیرهای X_{27} تا X_{32} در دو گروه درمانده مالی و غیر درمانده

Independent Samples Test		Sig.		Independent Samples Test		Sig.			
		Levene's Test	t-test			Levene's Test	t-test		
X27	اندازه شرکت	A	0.063	0.000	X30	چرخه عمر	A	0.000	0.000
		B		0.000			B		0.000
X28	بازده سالانه*	A	0.014	0.287	X31	نسبت کیوتوبین	A	0.000	0.000
		B		0.296			B		0.007
X29	سن شرکت	A	0.000	0.000	X32	شاخص HHI	A	0.000	0.008
		B		0.000			B		0.002

منبع: یافته‌های تحقیق

این گروه از متغیرها علاوه بر اینکه بعنوان متغیر پیش‌بین در مدل تحقیق وارد شده‌اند، بعنوان یک ویژگی شرکتی برای توضیح میزان فراوانی درماندگی مالی طبق جدول شماره ۵ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. بر اساس این رویکرد مشاهدات شرکت‌ها دارای برجسب درماندگی مالی و غیردرماندگی، بر حسب مقادیر ویژگی‌های شرکتی مانند اندازه، سن، چرخه عمر، بازده سالانه و شاخص رقابت‌پذیری طبقه‌بندی شده‌اند، به نحوی که داده‌ها براساس این ویژگی‌ها به سه دسته (ثلث) تقسیم و از منظر آماری، ثلث اول دارای بالاترین مقادیر ویژگی، ثلث دوم دارای متوسط آن و ثلث آخر نیز دارای کمترین مقادیر مربوط بوده است. در جدول شماره ۵، مجموع فراوانی نسبت تعداد مشاهدات شرکت‌های درمانده و غیردرمانده مالی طی بازه زمانی ۷ ساله تحقیق، برای

هر یک از ویژگی‌های مورد اشاره (بغیر از رقابت‌پذیری) ارایه و در ادامه ضمن تحلیل مورد بحث و نتیجه‌گیری قرار گرفته است.

جدول ۵. تحلیل وضعیت درماندگی مالی بر مبنای ویژگی‌های شرکت

وضعیت درماندگی مالی	ویژگی‌های شرکتی							
	اندازه		سن		چرخه عمر		بازدهی	
	گروه	فراوانی	گروه	فراوانی	گروه	فراوانی	گروه	فراوانی
درمانده مالی	بزرگ	15%	مسن	38%	افول	8%	بازدهی بالا	33%
غیردرمانده-سالم		38%		32%		39%		33%
جمع کل		33%		33%		33%		33%
درمانده مالی	متوسط	24%	میانسال	29%	بلوغ	7%	بازدهی متوسط	28%
غیردرمانده-سالم		36%		34%		39%		35%
جمع کل		33%		33%		33%		33%
درمانده مالی	کوچک	61%	جوان	34%	رشد	86%	بازدهی پایین	39%
غیردرمانده-سالم		27%		33%		21%		32%
جمع کل		33%		33%		33%		33%
درمانده مالی	مجموع	381	مجموع	381	مجموع	381	مجموع	381
غیردرمانده-سالم		1642		1642		1642		1642
جمع کل		2023		2023		2023		2023

منبع: یافته‌های تحقیق

۱-۲-۴- اندازه شرکت

تحقیقات نشان می‌دهد که اندازه شرکت‌ها در توانایی آن‌ها در تامین منابع، توان رقابت و فرصت‌های تامین وجوه موثر است. انتظار بر این است که شرکت‌های بزرگتر در زمان بحران مالی بهتر مقاومت کنند به این دلیل که آن‌ها قدرت سیاسی و توان اقتصادی بیشتری نسبت به شرکت‌های کوچکتر دارند. نتایج تحقیقات این حوزه دلالت بر این دارد که شرکت‌های کوچکتر، بیشتر در معرض درماندگی مالی قرار دارند. نتایج جدول شماره ۵ نشان می‌دهد که برای کل بازه زمانی تحقیق، سه دسته بزرگ، متوسط و کوچک به ترتیب ۱۵٪، ۲۴٪ و ۶۱٪ درماندگی‌های مالی را به خود اختصاص داده‌اند. عبارتی فراوانی درماندگی مالی در شرکت‌های کوچک تقریباً ۴ برابر شرکت‌های بزرگ بوده و منطبق بر نتایج تحقیقات مشابه از جمله کلادرا و همکاران (۲۰۲۱) و تحقیق فدایی نژاد و همکاران (۱۳۹۴) است.

۲-۲-۴- سن شرکت

انتظار بر این است که شرکت‌های دارای سابقه طولانی به تناسب تجربه از نظام راهبری مناسبی برخوردار بوده و احتمال درماندگی آنها کمتر باشد. البته اگر شرکت‌های با سابقه، همچنان دارای ساختار و مدیریت سنتی باشند؛ ممکن است در تامین مالی دچار مشکل شوند (صادقی، رحیمی و سلمانی، ۱۳۹۳). جدول شماره ۵ نشان می‌دهد که برای کل بازه زمانی تحقیق گروه‌های مسن، میانسال و جوان به ترتیب ۳۸٪، ۲۹٪ و ۳۴٪ درماندگی‌های مالی را به خود اختصاص داده‌اند. بنابراین فراوانی و همچنین احتمال درماندگی شرکت‌ها در این سه دسته با تفاوت ناچیزی به ترتیب مربوط به گروه مسن، جوان و میانسال است و در مجموع ۶۶٪ فراوانی درماندگی مالی متعلق به شرکت‌های دسته میانسال و مسن می‌باشد که می‌توان استدلال نمود که ممکن است در کشورمان شرکت‌های با سابقه بیشتر ساختار و مدیریت سنتی خود را همچنان حفظ نموده‌اند و متناسب با نیازهای جدید بازار خود را بروز نکرده‌اند.

۳-۲-۴- چرخه عمر شرکت

تئوری چرخه عمر شرکت بیان می‌کند که شرکت‌ها با تکامل در طی مراحل عمر خود به تغییرات سیستماتیک در فعالیت‌های عملیاتی، سرمایه‌گذاری و تامین مالی، مدیریت منابع، قابلیت‌های سازمانی، ریسک‌پذیری و استراتژی‌ها دست می‌یابند (هلفات و پیترف، ۲۰۰۳). مطالعات انجام شده توسط دیکنسون (۲۰۱۱) و حبیب و حسن (۲۰۱۵)، نشان می‌دهد 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 و در عین حال ریسک پایین‌تری دارند. بنابراین منطقی است که انتظار داشته باشیم که این تفاوت‌ها، در هر مرحله از چرخه عمر شرکت با شدت متفاوتی بر بحران مالی تأثیر بگذارند. حفظ جریان نقدی عملیاتی، اطمینان نسبت به تداوم و پایداری جریان نقدی، امکان پس‌انداز، نوآوری و سرمایه‌گذاری و حاشیه سود بالاتر شرکت‌های بالغ، ممکن است به این معنی باشد که این شرکت‌ها کمتر مستعد ابتلا به درماندگی مالی هستند (الهادی و همکاران، ۲۰۱۷). بعلاوه اندازه و سن شرکت در مرحله بلوغ نیز افزایش می‌یابد و به نظر می‌رسد این موضوع، بتواند بعنوان یک مزیت رقابتی، منجر به پایداری و ثبات بیشتر آنها در بازار شود. طبق جدول شماره ۵ مراحل رشد، بلوغ و افول به ترتیب ۸۶٪، ۷٪ و ۸٪ درماندگی‌های مالی را به خود اختصاص داده‌اند. عبارتی فراوانی درماندگی شرکت‌ها در مرحله رشد به مراتب بیشتر از سایر مراحل چرخه عمر بوده و منطبق بر استدلال‌های مورد اشاره فوق و نیز یافته‌های تحقیقات حبیب و حسن (۲۰۱۵) و الهادی و همکاران (۲۰۱۷) است.

۴-۲-۴- بازدهی شرکت

بالا بودن میزان بازده سهام نشان‌دهنده وضعیت مناسب شرکت در بازار از منظر افزایش قیمت سهام و نیز تقسیم سود نقدی طی سال مالی می‌باشد. تحقیقات متعددی از جمله کریستوفر و شن^۱ (۲۰۱۷)، فدایی و هرمزی (۱۳۹۷) و فدایی نژاد و همکاران (۱۳۹۴) دلالت بر اثر معکوس (منفی) این متغیر بر درماندگی مالی شرکت‌ها بوده است. بدین معنی با افزایش بازده سهام احتمال ورشکستگی شرکت‌ها کاهش می‌یابد. جدول شماره ۵ نشان می‌دهد که

1 Kristopher and Shen

گروه‌های پربازده، بازده متوسط و کم بازده به ترتیب ۳۳٪، ۲۸٪ و ۳۹٪ درماندگی‌های مالی شرکت‌ها را به خود اختصاص داده‌اند و این نتیجه صرفاً برای گروه کم بازده منطبق بر استدلال فوق و یافته‌های تحقیقات کریستوفر و شن (۲۰۱۷)، فدایی و هرمزی (۱۳۹۷) و فدایی نژاد و همکاران (۱۳۹۴) است. استدلال اینکه درصد بیشتری از شرکت‌های پربازده نیز با ریسک بالای درماندگی مالی مواجه بوده‌اند، این است که به نظر می‌رسد، بخش قابل توجهی از این بازده در قالب سود نقدی بین سهامداران تقسیم و از شرکت خارج شده و تا حدودی شرکت‌ها را با ریسک کاهش نقدینگی و بروز برخی علایم درماندگی مالی مواجه نموده است. علاوه بر این بخش زیادی از بازده سهام ناشی از افزایش قیمت سهام، با توجه به شرایط تورمی اقتصاد کشور ایجاد شده و ارتباط منطقی با عملکرد و سودآوری شرکت نداشته است. از طرفی به دلیل شرایط بازار سرمایه ایران و قوانین و مقررات موجود؛ می‌توان استدلال کرد که افزایش قیمت سهام به تخصیص بهینه منابع در بازار سرمایه و شرکت‌ها منجر نشده است و در مجموع این موضوع نتوانسته است بعنوان یک مزیت برای شرکت تلقی و ریسک درماندگی مالی را کاهش دهد.

۵-۲-۴- رقابت پذیری شرکت

مواجهه شرکت‌ها با درماندگی مالی همواره با کاهش سود، کاهش فروش و کاهش جریان نقد ورودی همراه است. اوپلر و تیمان (۱۹۹۴) معتقدند که در شرکت‌های درمانده، کاهش توان سودآوری ناشی از کاهش سهم شرکت از بازار فروش محصولات بوده و اینگونه شرکت‌ها به مرور توان رقابت‌پذیری خود را از دست می‌دهند (غیور، ۱۳۹۶). مشابه برخی تحقیقات از جمله تحقیق کرزبر و شاهودریانی (۱۳۹۶) و تحقیق فوسو (۲۰۱۳)، برای سنجش رقابت بازار محصول، از شاخص‌های هرفیندال- هیرشمن (HHI) و نسبت کیوتوبین^۱ استفاده شده است. تحلیل این شاخص بر اساس دو مولفه مذکور کل بازه زمانی ۷ ساله تحقیق در جدول شماره ۶ نشان داده شده است.

جدول ۶. تحلیل وضعیت درماندگی مالی بر مبنای ویژگی‌های شرکت

گروه	وضعیت	شاخص HHI	نسبت کیوتوبین
رقابت پذیر	درمانده مالی	93%	53%
	غیردرمانده-سالم	89%	49%
	جمع کل	90%	50%
غیر رقابت‌پذیر (فاقد رقابت‌پذیری)	درمانده مالی	7%	47%
	غیردرمانده-سالم	11%	51%
	جمع کل	10%	50%
مجموع	درمانده مالی	381	381
	غیردرمانده-سالم	1642	1642
	جمع کل	2023	2023

منبع: یافته‌های تحقیق

1 Q-tobin

توضیح اینکه در اینجا مرتب‌سازی مقادیر محاسبه‌شده برای این شاخص از بالا به پایین، مبنای تفکیک مشاهدات به دو دسته رقابت‌پذیر و غیررقابت‌پذیر بوده است. در ادامه یافته‌های مبتنی بر این ویژگی بیان شده است.

الف) شاخص‌های هرفیندال - هیرشمن (HHI): بازاری که شاخص HHI آن کمتر از ۱۰٪ باشد، رقابتی محسوب می‌شود. طبق جدول شماره ۷، بر اساس این ویژگی گروه‌های رقابت‌پذیر و غیررقابت‌پذیر به ترتیب ۹۳٪ و ۷٪ در ماندگی‌های مالی شرکت‌ها را به خود اختصاص داده‌اند و این نتیجه برخلاف استدلال فوق و یافته‌های تحقیق کرزبر و شاهوردیانی (۱۳۹۶) است. شاید از جمله دلایل عدم تطبیق نتایج شاخص رقابتی هرفیندال - هیرشمن (HHI) با استدلال‌های فوق، به این دلیل است که چون شاخص HHI به شدت متأثر از تعداد شرکت‌های فعال در هریک از صنایع است و در برخی از صنایع تعداد شرکت‌های فعال خیلی کم هستند، این موضوع بر محاسبه شاخص موثر بوده است. از طرفی این شاخص برای بازارهای رقابتی با حجم شرکت‌های فعال در صنایع مختلف نظیر بازار سرمایه آمریکا تعریف شده است و ممکن است مناسب بازار سرمایه ایران نبوده و نیازمند تعدیل باشد.

ب) نسبت کیوتوبین: شرکتی که نسبت کیوتوبین بالاتری دارد، به این دلیل که سهام آن به قیمت بالاتری به فروش می‌رسد تمایل بیشتری به تأمین مالی در بازار سرمایه دارد. بزرگتر بودن این شاخص منجر به پایین بودن اهرم و کاهش ریسک و در نتیجه کاهش احتمال درماندگی مالی می‌شود (کرزبر و شاهوردیانی، ۱۳۹۶). از طرفی بزرگتر بودن این شاخص توان رقابت‌پذیری شرکت را در بازار افزایش داده و علاوه بر این دلالت بر عملکرد مثبت شرکت در گذشته در راستای ثروت آفرینی در مقایسه با رقیب دارد. طبق جدول شماره ۶ برای این ویژگی، گروه‌های رقابت‌پذیر و غیررقابت‌پذیر به ترتیب ۵۳٪ و ۴۷٪ درماندگی‌های مالی را به خود اختصاص داده‌اند. فراوانی درماندگی مالی در دسته رقابت‌پذیر کمی بیشتر است و این نتیجه نیز برخلاف استدلال فوق و یافته‌های کرزبر و شاهوردیانی (۱۳۹۶) است. عدم تطبیق یافته‌ها می‌تواند ناشی از این واقعیت باشد که استدلال‌های فوق در شرایط نسبتاً مناسب از کارایی بازار و شرایط مطلوب اقتصادی صادق باشد و این در حالی است که طبق نتایج بسیاری از تحقیقات، شرایط بازار سرمایه کشور غیرکارا و یا کارای ضعیف است و با در نظر گرفتن وضعیت تورمی اقتصاد کشور و نیز برخی مقررات خاص و متمایز بازار سرمایه ایران (از جمله قانون تجارت و مقررات سازمان بورس و اوراق بهادار کشور)، به نظر می‌رسد، سهم شرکت‌ها از تخصیص منابع مالی بازار سرمایه و افزایش قیمت سهام بهینه نباشد و بعلاوه افزایش ارزش شرکت (افزایش قیمت سهام در بازار) ناشی از عملکرد واقعی شرکت و سودآوری بدلیل مزیت رقابتی در بازار نباشد.

۳-۴- نتایج آزمون فرضیه‌های تحقیق

در این بخش نتایج آزمایش مدل‌های پژوهش در پیش‌بینی درماندگی مالی در قالب جدول شماره ۷ شامل میانگین ۱۰ بار اجرای هر مدل برای سال وقوع درماندگی تا دو سال قبل از آن، برحسب نرخ دقت، خطای نوع اول و دوم و معیار AUC ارائه شده است. این جدول مبنای آزمون فرضیه‌های سه‌گانه تحقیق در ادامه بحث خواهد بود. شایان ذکر است که از داده‌های مربوط به متغیرهای مستقل سال t ، سال $t-1$ و سال $t-2$ بصورت جداگانه بعنوان عوامل موثر در پیش‌بینی درماندگی مالی در سال t استفاده شده است. در 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. ضمن ارایه نتایج آن، مجدداً همان مدل از طریق انتخاب بهترین نمونه‌ها توسط الگوریتم GOA و الگوریتم ACO و اجرای مدل‌های MLP-ACO و MLP-GOA آزمایش و نتایج آن ارایه 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.

جدول ۷. خلاصه نتایج آزمون فرضیه‌های تحقیق - مقایسه عملکرد مدل‌های سه گانه

سال	معیار عملکرد الگو	آماره آزمون - فرضیه اول			آماره آزمون - فرضیه اول			آماره آزمون - فرضیه اول		
		Sig.		نتیجه	Sig.		نتیجه	Sig.		نتیجه
		من ویتنی	K-S		من ویتنی	K-S		من ویتنی	K-S	
سال t	دقت	0.000	0.000	پذیرش	0.000	0.000	پذیرش	0.000	0.000	
	خطای ۱	0.000	0.001	پذیرش	0.000	0.000	پذیرش	0.000	0.000	
	خطای ۲	0.000	0.031	پذیرش	0.000	0.000	پذیرش	0.000	0.000	
	AUC	0.000	0.015	پذیرش	0.000	0.000	پذیرش	0.000	0.000	
سال t-1	دقت	0.000	0.000	پذیرش	0.000	0.000	پذیرش	0.000	0.000	
	خطای ۱	0.000	0.010	پذیرش	0.000	0.000	پذیرش	0.000	0.000	
	خطای ۲	0.000	0.004	پذیرش	0.000	0.000	پذیرش	0.000	0.000	
	AUC	0.000	0.002	پذیرش	0.000	0.000	پذیرش	0.000	0.000	
سال t-2	دقت	0.000	0.000	پذیرش	0.000	0.000	پذیرش	0.000	0.000	
	خطای ۱	0.000	0.008	پذیرش	0.000	0.000	پذیرش	0.000	0.000	
	خطای ۲	0.000 (*)	0.102	پذیرش	0.000	0.000	پذیرش	0.000	0.000	
	AUC	0.000 (*)	0.064	پذیرش	0.000	0.000	پذیرش	0.000	0.000	

* آزمون t-test معنی‌دار بودن تفاوت میانگین این معیار را در دو مدل فرضیه سوم در سطح خطای ۵٪ تایید نموده است.

منبع: یافته‌های تحقیق

۱-۳-۴- نتایج تحلیل فرضیه اول

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 درون شرکت طبق جدول شماره ۸ به ترتیب معادل ۹۰.۰۴، ۸۸.۰۵ و ۸۶.۴۹ درصد است و این دقت برای مدل MLP-GOA به ترتیب معادل ۹۷.۳۰، ۹۴.۵۳ و ۹۱.۳۰ درصد می‌باشد که نشان‌دهنده برتری مدل MLP-GOA نسبت به مدل پایه است. از طرفی مقایسه خطاهای نوع اول و دوم مدل MLP-GOA با مدل پایه 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 ۸. خلاصه نتایج آزمایش برای ارزیابی توانمندی مدل ترکیبی MLP-GOA- آزمون فرضیه اول

سال وقوع درماندگی مالی				یکسال قبل از وقوع درماندگی مالی				دو سال قبل از وقوع درماندگی مالی				نوع مدل
AUC	خطا ۲	خطا ۱	دقت	AUC	خطا ۲	خطا ۱	دقت	AUC	خطا ۲	خطا ۱	دقت	
0.900	10.16	10.03	90.04	0.881	12.22	11.74	88.05	0.863	13.87	13.38	86.49	MLP
0.974	2.27	2.77	97.30	0.947	5.19	5.16	94.53	0.913	8.42	8.63	91.30	MLP-GOA

منبع: یافته‌های تحقیق

در جدول شماره ۷ نتایج آزمون فرضیه‌های سه گانه تحقیق برای سال وقوع درماندگی مالی تا دو سال قبل طبق روش مقایسه میانگین ۱۰۰ رکورد برای هر معیار عملکرد براساس آزمون "من ویتنی" ارائه شده است. نتایج برای آزمون فرضیه اول دلالت بر معنی‌دار بودن اختلاف بین میانگین معیارها برای مدل‌های فوق داشته و براین اساس فرضیه اول برای سال t، t-1 و t-2 در سطح خطای ۵ درصد تایید شده است.

۲-۳-۴- نتایج تحلیل فرضیه دوم

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 ۹ به ترتیب معادل ۹۰.۰۴، ۸۸.۰۵ و ۸۶.۴۹ درصد است و این دقت برای مدل MLP-ACO به ترتیب معادل ۹۵.۴۱، ۹۲.۱۵ و ۹۰.۱۱ بوده که نشان‌دهنده برتری مدل MLP-ACO نسبت به مدل پایه 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 GOA است.

علاوه بر این، نتایج حاصل از آزمون گروه فرضیه سوم طبق روش مقایسه میانگین ۱۰۰ رکورد برای هر شاخص عملکرد براساس آزمون "من ویتنی" طبق جدول شماره ۷؛ دلالت بر معنی‌دار بودن اختلاف بین میانگین معیارها برای دو مدل فوق داشته و براین اساس فرضیه دوم برای سال t، t-1 و t-2 در سطح خطای ۵ درصد تایید شده است.

جدول ۹. خلاصه نتایج آزمایش برای ارزیابی توانمندی مدل ترکیبی MLP-ACO - آزمون فرضیه گروه سوم

نوع مدل	سال وقوع درماندگی مالی				یکسال قبل از وقوع درماندگی مالی				دو سال قبل از وقوع درماندگی مالی			
	AUC	خطا ۲	خطا ۱	دقت	AUC	خطا ۲	خطا ۱	دقت	AUC	خطا ۲	خطا ۱	دقت
MLP	0.900	10.16	10.03	90.04	0.881	12.22	11.74	88.05	0.863	13.87	13.38	86.49
MLP-ACO	0.955	4.67	4.70	95.41	0.922	7.79	7.78	92.15	0.901	10.23	10.14	90.11

منبع: یافته‌های تحقیق

۳-۳-۴- نتایج تحلیل فرضیه سوم

با توجه به جمع‌بندی ارائه شده در ارتباط با فرضیه‌های اول و دوم به منظور مقایسه این دو و آزمون فرضیه سوم طبق جدول شماره ۱۰؛ دقت پیش‌بینی درماندگی مالی براساس مدل ترکیبی MLP-GOA برای سال وقوع درماندگی، یک سال و دو سال قبل از آن به کمک داده‌های سطح شرکت (FVL) به ترتیب معادل ۹۷.۳، ۹۴.۵ و ۹۱.۳ بوده که همین معیار برای مدل 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 ۱۰. خلاصه نتایج برای ارزیابی توانمندی مدل ترکیبی MLP-GOA و MLP-ACO - آزمون فرضیه سوم

نوع مدل	سال وقوع درماندگی مالی				یکسال قبل از وقوع درماندگی مالی				دو سال قبل از وقوع درماندگی مالی			
	AUC	خطا ۲	خطا ۱	دقت	AUC	خطا ۲	خطا ۱	دقت	AUC	خطا ۲	خطا ۱	دقت
MLP-ACO	0.954	4.36	4.23	95.52	0.922	7.64	7.54	92.3	0.903	9.05	9.17	90.71
MLP-GOA	0.974	2.27	2.77	97.30	0.947	5.19	5.16	94.53	0.913	8.42	8.63	91.30

منبع: یافته‌های تحقیق

علاوه بر این نتایج حاصل از آزمون فرضیه سوم تحقیق، براساس آزمون "من ویتنی" در جدول شماره ۷؛ دلالت بر معنی‌دار بودن اختلاف میانگین‌ها در دو مدل فوق داشته و بنابراین فرضیه سوم، برای سال t ، $t-1$ و $t-2$ در سطح خطای ۵ درصد تایید شده است. ذکر این نکته ضروری است با توجه به رد فرض نرمال بودن داده‌های مربوط به معیارهای خطای نوع ۲ و AUC طبق آزمون K-S، مقادیر آزمون t-test مبنای آزمون فرضیه سوم قرار گرفته است.

۵- بحث و نتیجه‌گیری

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. در خصوص فرضیه‌های اول؛ یافته‌ها نشان داد که مدل پایه هم بصورت جداگانه و هم در حالت ترکیبی (MLP-GOA و MLP-ACO) توانایی پیش‌بینی درماندگی مالی را براساس داده‌های درون شرکتی دارد. این نتایج در راستای یافته‌های تحقیقات مشابه قبلی از جمله پورزمانی و کلانتری (۱۳۹۲)، فلاچپور، نوروزیان لکوان و هندجانی‌زاده (۱۳۹۷) و جی و همکاران (۲۰۱۹) در خصوص توانایی‌های مدل شبکه عصبی در پیش‌بینی درماندگی مالی شرکت‌ها بوده است. همچنین یافته‌های مرتبط با توانایی الگوریتم فراابتکاری GOA در بهبود عملکرد مدل پایه همسو با نتایج تحقیقات اثبات‌کننده قابلیت‌های این الگوریتم از جمله مطالعات جی‌لو و همکاران (۲۰۱۸) و لطفی (۱۳۹۶) در حوزه درماندگی مالی، میرعلوی، پورزمانی و جهان‌شاد (۱۳۹۸) در سایر حوزه‌های مالی بوده است.

علاوه بر این نتایج نشان داد که الگوریتم ACO نیز توانایی بهبود عملکرد مدل پایه ANN-MLP را داشته است که همسو با نتایج مطالعات مهرانی و زارع‌زادگان (۱۳۹۲)؛ رضایی و نژاد تولمی (۱۳۹۳)؛ تقی‌زاده و همت‌فر (۱۳۹۴) و فلاچپور و ارم (۱۳۹۵) بوده است. توانمندی مدل پایه و ترکیبی در پیش‌بینی درماندگی مالی بر اساس متغیرهای سطح شرکت، دلالت بر تایید صاحب‌بنظران 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 انجام‌شده در زمینه پیش‌بینی درماندگی مالی با استفاده از اطلاعات مالی نظیر تحقیقات مرتبط با ابداع مدل‌های کلاسیک و روش‌سختگی و نیز مطالعات آکوستا و همکاران (۲۰۱۹)، جی‌لو و همکاران (۲۰۱۸)، هرماندز و ویلسون (۲۰۱۳)، پورزمانی، جهان‌شاد و رحمتی (۱۳۸۸)، نیکبخت و بهادری (۱۳۹۱)، کردستانی، تاتلی و رشیدی (۱۳۹۳) و وقفی و دارابی (۱۳۹۷) بوده است. همچنین در خصوص فرضیه سوم؛ یافته‌ها نشان داد که الگوریتم‌های GOA و ACO توانایی پیش‌بینی درماندگی مالی براساس متغیرهای درون شرکتی طی بازه زمانی ۷ ساله تحقیق در سال وقوع درماندگی مالی تا دو سال قبل از آن را داشته و میزان تفاوت بهبود عملکرد به نفع الگوریتم GOA نیز معنی‌دار بوده که موید نتایج مورد انتظار ابداع‌کنندگان الگوریتم GOA (صارمی و همکاران، ۲۰۱۷) در خصوص قابلیت‌های آن در حل مسایل مختلف است و همچنین منطبق بر نتایج تحقیق جی‌لو و همکاران (۲۰۱۸) در زمینه بکارگیری این الگوریتم در پیش‌بینی درماندگی مالی در شرکت‌های ژاپنی بوده است.

علاوه بر این، بررسی برخی ویژگی‌های شرکتی نشان داد که وضعیت درماندگی مالی شرکت‌ها متأثر از ویژگی‌های اندازه، سن و چرخه عمر بوده و موید نتایج تحقیقات مشابه در این زمینه بوده است. البته با توجه به شرایط خاص بازار اقتصادی کشور در سال‌های مورد بررسی طی بازه زمانی تحقیق، رابطه بین وضعیت درماندگی مالی با ویژگی بازدهی و رقابت‌پذیری شرکت‌ها با نتایج تحقیقات مشابه یکسان نبوده است. نتایج این تحقیق می‌تواند توسط مدیران شرکت‌ها، بانک‌ها و موسسات اعتباری، رتبه‌بندی و بیمه‌ای و همچنین سایر فعالان بازار سرمایه اعم از سرمایه‌گذاران بالفعل و بلقوه و نیز شرکت‌های سرمایه‌گذاری در تشخیص درماندگی مالی و ارزیابی ریسک (بر مبنای معیار تداوم فعالیت) مورد استفاده قرار گیرد تا هریک حسب نیاز اطلاعاتی خود بر اساس آن تصمیمات و اقدامات لازم را اتخاذ نمایند. علاوه بر این برنامه‌نویسان می‌توانند به منظور بکارگیری گسترده تکنیک‌های

فرابتکاری در پیش‌بینی درماندگی مالی، نسبت به طراحی و عرضه نرم افزارهای ساده و کاربردی اقدام 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 کمک نماید تا نسبت به انجام اقدامات اصلاحی پیشگیرانه و یا تصمیم‌گیری به منظور واگذاری شرکتهای مذکور اقدام نمایند.

فهرست منابع

- * ابراهیمی سرو علیا، محمدحسن؛ باباجانی، جعفر؛ آخوند، محمد رضا و فاخر، اسلام (۱۳۹۷). ارائه الگویی برای پیش‌بینی پویای درماندگی مالی با استفاده از تحلیل بقاء. فصلنامه اقتصاد مقداری (بررسی های اقتصادی سابق)، ۱۵(۳)، ۱۶۷-۱۹۸.
- * اسدزاده، پوریا (۱۳۹۳). پیش‌بینی درماندگی مبتنی بر الگوریتم کاوش باکتری. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه بین المللی امام رضا (ع)، گروه حسابداری.
- * 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)، ۵۷-۷۶.
- * پورزمانی، زهرا و کلانتری، حسن (۱۳۹۲). مقایسه قدرت پیش‌بینی بحران مالی توسط تکنیک‌های مختلف هوش مصنوعی. پژوهش‌های حسابداری مالی و حسابرسی، ۵(۱۷)، ۳۳-۶۴.
- * پورزمانی، زهرا؛ جهانشاد، آریتا و رحمتی، وجیهه (۱۳۸۸). بررسی کارایی شاخصهای کلان اقتصادی در الگوهای پیش‌بینی بحران مالی در محیط اقتصادی ایران. پژوهش‌های حسابداری مالی و حسابرسی، ۱(۲)، ۸۷-۱۰۲.
- * 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.
- * حیدری سورشجانی، بهمن (۱۳۹۴). مقایسه دقت روش‌های رگرسیون گام به گام رگرسیون لجستیک و شبکه عصبی در پیش‌بینی بحران مالی شرکتهای پذیرفته شده در بورس تهران. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد واحد کاشان. گروه حسابداری.
- * خواجوی، شکراله و قدیریان آرانی، محمدحسین (۱۳۹۶). نقش توانایی مدیریت در پیش‌بینی بحران مالی. پژوهش‌های حسابداری مالی، ۹(۴)، ۸۳-۱۰۱.
- * دباغ، رحیم و شیخ بگلو، سیما (۱۳۹۹). پیش‌بینی ورشکستگی شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران با روش‌های شبکه عصبی مصنوعی و مدل فولمر، نشریه توسعه و سرمایه، ۵(۲)، ۱۵۳-۱۶۸.
- * رحمانیان کوشککی، عبدالرسول و سهولت، لیلا (۱۳۹۹). بررسی تاثیر هزینه حقوق صاحبان سهام بر درماندگی مالی و ارزش شرکتهای پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران، فصلنامه سیاستهای مالی و اقتصادی، ۸(۳۲)، ۴۷-۷۱.

- * رحیمی، حمید؛ مینویی، مهرزاد، فتاحی، محمدرضا، (۱۴۰۰)، تبیین متغیرهای مالی موثر در پیش بینی درماندگی مالی: کاربرد شبکه عصبی مصنوعی، تبیین متغیرهای مالی موثر در پیش بینی درماندگی مالی؛ کاربرد شبکه عصبی مصنوعی، فصلنامه صنعت لاستیک ایران، (۱۰۱)۲۵، ۶۵-۸۴.
- * رضایی، فرزین و نژاد تولمی، بابک (۱۳۹۳). مقایسه الگوریتم مورچگان با روش های تحلیل تمایزی چندگانه و لوجیت در پیش بینی درماندگی مالی. تحقیقات حسابداری و حسابرسی، ۲۳(۱)۱۲۰-۱۴۳.
- * سلمانیان، مریم و دارابی، رویا (۱۳۹۶). بررسی تحلیلی درماندگی مالی. مطالعات حسابداری و حسابرسی، ۲۳(۳)، ۴۷-۶۴.
- * صادقی، حسین، رحیمی، پریسا و سلمانی، یونس، (۱۳۹۳). تأثیر عوامل کلان اقتصادی و نظام راهبری بر درماندگی مالی شرکتهای تولیدی پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران. دوفصلنامه اقتصاد پولی، مالی (دانش و توسعه سابق) دوره جدید، ۲۱(۸)، ۱۰۷-۱۲۷.
- * صفوی، سید علی اکبر؛ پور جعفریان، نرگس و صفوی، سید علی (۱۳۹۳). بهینه‌سازی بر پایه الگوریتم‌های فراابتکاری. تهران، انتشارات پژوهشگران نشر دانشگاهی، نوبت چاپ اول.
- * صوفی، منصور؛ همایون فر، مهدی؛ فدایی، مهدی، (۱۳۹۹)، تعیین روش بهینه پیش-بینی درماندگی مالی شرکتهای (مطالعه موردی: شرکتهای بورس اوراق بهادار تهران)، فصلنامه دانش سرمایه‌گذاری، ۹(۳۵)، ۸۵-۱۰۰.
- * عینی زاده، مهدی و غریب، حجت (۱۴۰۰)، بررسی تاثیر نسبت های مالی و ساختار مالکیت در پیش‌بینی درماندگی مالی، نشریه چشم انداز حسابداری و مدیریت، سال ۴ (۴۱)، ۴۸-۶۶.
- * غیور، فرزاد (۱۳۹۶). تبیین عوامل مالی و غیرمالی موثر بر پیش‌بینی درماندگی مالی و مقایسه توانایی مدل‌های پارامتریک و ناپارامتریک. رساله دکتری حسابداری دانشگاه مازندران، اساتید راهنما؛ ساسان مهرانی و یحیی کامیابی.
- * فدایی نژاد، محمد اسماعیل، شهریار، سارا و سلیم، فرشاد (۱۳۹۴). معمای رابطه ریسک درماندگی مالی با بازده سهام مطالعه تجربی در بورس اوراق بهادار تهران. فصلنامه علمی پژوهشی مدیریت دارایی و تأمین مالی، ۳(۲)، ۳۳-۵۴.
- * فدایی، مهدی و هرمزی، محمد (۱۳۹۷)، "تاثیر درماندگی مالی بر بازده سهام در بازار فرابورس ایران"، اولین همایش ملی نگرشهای نوین در مدیریت، حسابداری و اقتصاد، رودسر.
- * فلاح‌پور، سعید و ارم، اصغر (۱۳۹۵). پیش بینی درماندگی مالی شرکت‌ها با استفاده از الگوریتم کلونی مورچگان. تحقیقات مالی دانشکده مدیریت دانشگاه تهران، ۱۸(۲)، ۳۴۷-۳۶۸.
- * فلاح‌پور، سعید؛ نوروزیان لکوان، عیسی و هندیجانی‌زاده، محمد (۱۳۹۷). استفاده از روش ترکیبی انتخاب ویژگی پی‌درپی پیشرو شناور و ماشین بردار پشتیبان در پیش بینی درماندگی مالی شرکتهای پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران. فصلنامه تحقیقات مالی دانشکده مدیریت دانشگاه تهران، ۲۰(۳)، ۲۸۹-۳۰۴.

- * 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.
- * کرزبر، 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، ۶(۲۳)، ۲۸۳-۲۹۸.
- * کمیته تدوین استانداردهای حسابداری و حسابرسی سازمان حسابرسی، (۱۳۹۴). استانداردهای حسابرسی، تهران: انتشارات سازمان حسابرسی.
- * لطفی، فروغ (۱۳۹۶). پیش‌بینی درماندگی مالی شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از الگوریتم فراابتکاری، پایان‌نامه کارشناس ارشد موسسه آموزش عالی کوشیار، گروه حسابداری.
- * محمدزاده، پرویز و جلیلی‌موند، علیرضا (۱۳۹۱). پیش‌بینی ورشکستگی با استفاده از مدل لوجیت. تحقیقات مدل‌سازی اقتصادی، ۳(۸)، ۱-۲۱.
- * منصورفر، غلامرضا؛ غیور، فرزاد و لطفی، بهناز (۱۳۹۲). ترکیب اجزای جریان نقد و پیش‌بینی درماندگی مالی در بورس اوراق بهادار تهران. تحقیقات حسابداری و حسابرسی، ۱۸(۲)، ۱-۲۲.
- * 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)، ۹۳-۱۱۲.
- * مومنی، منصور و فعال قیومی، علی (۱۳۹۴). تحلیل‌های آماری با استفاده از SPSS. تهران، نشر مولف، چاپ هشتم.
- * میرعلوی، سید حسین و پورزمانی، زهرا و جهان‌شاد، آزیتا (۱۳۹۸). ارائه مدلی مبتنی بر رفتار مالی سرمایه‌گذاران جهت پیش‌بینی قیمت سهام با استفاده از روش‌های فراابتکاری شبکه‌های عصبی. فصلنامه بورس اوراق بهادار، ۴۷(۳): ۷۶-۱۰۹.
- * نمازی، محمد و ابراهیمی، شهلا (۱۴۰۰). پیش‌بینی درماندگی 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.
- * نمازی، محمد؛ کاظم نژاد، مصطفی و نعمت‌اللهی، محمد مهدی (۱۳۹۵). مقایسه روش‌های مختلف انتخاب متغیرهای پیش‌بین برای پیش‌بینی بحران مالی شرکت‌های پذیرفته شده بورس اوراق بهادار. مجله مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار، ۲۹(۴)، ۱۹۳-۲۱۲.
- * نیکبخت، محمدرضا، بهادری محمدمراد (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 سرمایه‌گذاری، ۱(۴)، ۱۹-۴۶.
- * وقفی، سیدحسام و دارابی، رویا (۱۳۹۷). رویکرد مدل معادلات ساختاری در تحلیل سه سطحی درماندگی مالی در شرکت‌های پذیرفته شده بورس اوراق بهادار تهران. راهبرد مدیریت مالی، ۶(۲۲)، ۱۸۹-۲۱۵.

- * Acosta, E., Fernando, G., Fernandez, R. & Hicham, G. (2019). Predicting Corporate Financial Failure Using Macroeconomic Variables and Accounting Data. *Computational Economics*, 53(1), 227-257. (First Online: 6th Sep. 2016).
- * Al-Hadi, A., Chatterjee, B., Yafitian, 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, 1-29. (<https://doi.org/10.1111/acfi.12277>).
- * Christopher A. Parsons, Jianfeng, Shen, Pengjie Gao (2017). Global Relation between Financial Distress and Equity. *Published by Oxford University Press on behalf of The Society for Financial Studies*, 1, 1-58.
- * 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.
- * Conner, M.C., (1974). On the Usefulness of Financial Ratios to Investors. *Journal of Accounting Review*, 49(3), 551-556.
- * 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.
- * 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.
- * Dickinson, V., (2011). Cash flow patterns as a proxy for firm life cycle. *The Accounting Review*, 86(1), 1969-1994.
- * 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.
- * 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.
- * Helfat, C. E. & M. A. Peteraf, (2003). The dynamic resource-based view: capabilities lifecycles. *Strategic Management Journal*, 24(11), 997-1010.
- * 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*, (1), 1-26. (InPress; Available online 26 Feb.)
- * Higgins, Robert C., (2007). Analysis for Financial Management. New York, McGraw-Hill Irwin.
- * 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>).
- * 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.
- * Meraihi, Y. Benmessaoud G. A., Mirjalili, S.A. And Ramdane, A., (2021), Grasshopper Optimization Algorithm: Theory, Variants, and Applications, *IEEE ACCESS*, 9(1), 5001-50024.
- * Opler, T., & Titman, S. (1994). Financial Distress and Corporate Performance. *The Journal of Finance*, 49 (3), 1015 - 1040.
- * Penman, Stephen H. (2013). Financial Statement Analysis and Security Valuation (Chapter 20; the Analysis of Credit Risk and Return), Columbia University, Fifth Edition.
- * 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.
- * Saremi, Sh., Mirjalili, S., Lewis, A., (2017). Grasshopper Optimisation Algorithm: Theory and application. *Advances in Engineering Software*, 105(1), 30-47
- * Tsai, C. (2009). Feature Selection In Bankruptcy Prediction. *Knowledge-Based Systems*, 22(1), 120-127.

Evaluation Of Meta-Heuristic Algorithms In Predicting Financial Distress Using Intra-Corporate Factors With Emphasis On Analyzing The Characteristics Of Size, Age, Life Cycle, Corporate Returns And Competitiveness

Fereydoon Moradi

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

Ahmad Yaghoobnezhad

Department of Accounting, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
(Corresponding Author)
ahm.yaghoobnezhad@iauctb.ac.ir

Amirreza Keyghobadi

Department of Accounting, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
a.keyghobadi@iauctb.ac.ir

Azita Jahanshad

Department of Accounting, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
azi.jahanshad@iauctb.ac.ir

Abstract

The purpose of this study is evaluating the capability of Grasshopper Optimization Algorithm (GOA) and with Ant Colony Algorithm (ACO) in predicting financial distress using Intra-corporate factors by creating a hybrid model with Multilayer Perceptron Artificial Neural Network (MLP). The statistical population of this research includes all listed active companies on the Tehran Stock Exchange during the period 2012 to 2018 in which 289 eligible companies including 2023 year-firm observations (381 cases distressed and 1642 cases non-distressed) were screened. The results showed that the basic model (MLP) was able to predict financial distress using financial and non-financial variables and Also GOA and ACO algorithms have improved the accuracy of the basic model. While the highest accuracy was for the hybrid MLP-GOA model. Also, the Analysis of the frequency of financial distress based on some firm variables showed that the probability of financial distress in line with similar researches is affected by characteristics such as size, age and life cycle, and the effectiveness of efficiency and competitiveness was different from similar researches. The results of this research can be used by managers of companies, banks, credit, insurance and rating agencies and actual and potential investors as well as investment companies in recognition of financial distress and risk assessment (based on continuity assumption).

Keywords: Financial Distress, Intra-Corporate Factors, Financial and Non-Financial Variables, Grasshopper Optimization Algorithm (GOA), Ant Colony Algorithm (ACO).

