بررسیهای حسابداری و حسابرسی دانشکده مدیریت دانشگاه تهران
دوره ۱۸/ شماره ۶۵
پاییز ۱۳۹۰
صص ۹۹ تا ۱۱۴

کاربرد الگوریتم ژنتیک در پیش‌بینی ورشکستگی و مقایسه آن با مدل Z آلتمن در شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران

محمود فیروزیان[۱]*، داریوش جاوید[۲]، نرگس نجم‌الدینی[۳]

چکیده:

پیش‌بینی ورشکستگی یکی از موضوع‌های اصلی طبقه‌بندی ورشکستگی شرکت‌ها است. سرمایه‌گذاران، مالکان، مدیران، اعتباردهندگان و مؤسسات دولتی علاقه‌مند به ارزیابی وضعیت مالی شرکت هستند؛ زیرا درصورت ورشکستگی هزینه‌های زیادی به آن‌ها تحمیل می‌شود. امروزه مدل‌های مختلفی برای پیش‌بینی ورشکستگی مورد استفاده قرار می‌گیرد. این پژوهش درصدد پیش‌بینی ورشکستگی شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از مدل های Z آلتمن و الگوریتم ژنتیک است. نمونه تحت بررسی شامل ۳۶ شرکت ورشکسته و ۳۶ شرکت غیر ورشکسته طی دوره مالی ۵ ساله ۸۴-۸۸ است. متغیرهای نهایی مورد استفاده در مدل الگوریتم ژنتیک و مدل Z آلتمن ۵ متغیر است که شامل نسبت‌های مالی است. درنهایت نتایج این ۲ مدل با هم مقایسه شده است. مدل الگوریتم ژنتیک توانست به‌طور میانگین در یک سال و دو سال قبل از سال مبنا به ترتیب دقتی معادل ۹۰ و ۹۱/۵ درصد داشته باشد و مدل Z آلتمن دقتی معادل ۸۳.۳۲ و۸۳.۳۲ درصد دارد با توجه به نتایج مدل الگوریتم ژنتیک دقت بیشتری در پیش‌بینی ورشکستگی دارد؛ درنتیجه ابزار مناسب‌تری برای پیش‌بینی محسوب می‌شود.

واژه‌های کلیدی: الگوریتم ژنتیک، پیش‌بینی ورشکستگی، مدلZ آلتمن، ورشکستگی

---

۱. دانشیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج، تهران، ایران
۲. مربی، عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد بروجرد، ایران
۳. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد حسابداری دانشگاه آزاد اسلامی واحد بروجرد، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۰/۰۲/۰۱
تاریخ پذیرش نهایی مقاله: ۱۳۹۰/۰۵/۲۷
نویسنده مسئول مقاله: محمود فیروزیان
Email: Safmahmoud @ yahoo.com

مقدمه

در تصمیم‌گیری‌های مالی در مورد یک مؤسسه، یک شاخص علمی و واقعی واحد برای هر مؤسسه مورد نیاز است. یکی از شاخص‌های مناسب برای این اهداف، ارزیابی درست احتمال ورشکستگی شرکت‌ها است. نسبت‌های مالی، یکی از ابزار تجزیه وتحلیل مسایل مالی هستند. پژوهشگران توانسته‌اند از طریق ترکیب این نسبت‌ها، مدل‌های چند متغیره‌ای را برای پیش‌بینی ورشکستگی ارایه دهند. نسبت‌های مالی برخی از واقعیت‌های مهم درباره عملیات و وضعیت مالی یک واحد انتفاعی را به آسانی آشکار و اطلاعات مربوط به آن را ارایه می‌کند.

مدل‌های پیش‌بینی ورشکستگی یکی از فنون وابزار پیش‌بینی وضعیت آینده شرکت‌ها است که احتمال وقوع ورشکستگی را با ترکیب گروهی از نسبت‌های مالی تخمین می‌زنند، در روش تجزیه وتحلیل نسبت‌ها، احتمال وقوع ورشکستگی به‌وسیله‌ی یک گروه از نسبت‌های مالی که به‌وسیله‌ی صاحبنظران با هم ترکیب شده‌اند، تخمین زده می‌شود.

مدل‌های پیش‌بینی ورشکستگی را می‌توان در ۳ گروه مدل‌های آماری، هوش مصنوعی و نظری طبقه‌بندی کرد. مدل‌های آماری خود به ۲ گروه تک متغیره و چند متغیره تقسیم می‌شوند. مدل‌های آماری چند متغیره از مدل‌های تحلیل تشخیصی چندگانه، احتمالی خطی، لوجیت، پروبیت، مجموع تجمعی و فرآیندهای تعدیل ناقص تشکیل شده است. شبکه‌های عصبی مصنوعی، الگوریتم ژنتیک، افزار بازگشتی، مجموعه‌های سخت، ماشین بردار تکیه‌گاه، استدلال مبتنی بر افته و منطق فازی تشکیل دهنده فنون هوش مصنوعی هستند و مدل‌های نظری نیز شامل معیارهای تجزیه ترازنامه/نظریه آنتروپی، نظریه ورشکستگی سفته‌باز، نظریه مدیریت وجوه نقد و نظریه ریسک اعتباری است.

مروری بر مطالعه‌های انجام شده در زمینه پیش‌بینی ورشکستگی

با توجه به اهمیت پیش‌بینی درماندگی مالی و ورشکستگی، پژوهش‌های بسیاری در این زمینه در خارج از کشور وتعدادی در داخل کشور انجام گرفته است و پژوهش‌های برخی از پژوهشگران به ارایه مدلی برای پیش‌بینی ورشکستگی منجر شده که هر کدام از این

مدل‌ها با درصدی اطمینان توانایی پیش‌بینی ورشکستگی شرکت ها را دارند. اولین پژوهش‌های انجام شده در مورد پیش‌بینی ورشکستگی توسط چارلز مروین درسال ۱۹۴۲ انجام شد وی الگویی با ۳ متغیر سرمایه در گردش به کل دارایی‌ها، ارزش ویژه به کل بدهی‌ها و نسبت جاری ارایه داد [۱]. سپس ویلیام بیور برای بررسی توان نسبت‌های مالی در پیش‌بینی درماندگی مالی، از تجزیه وتحلیل تک متغیره استفاده کرد. او در این تجزیه و تحلیل بیشتر از نسبت‌هایی استفاده کرد که مربوط به جریانات نقدی می‌شدند. مدل او قادر بود در ۷۸ درصد موارد، پیش‌بینی درستی در ۵ سال قبل از درماندگی مالی ارایه دهد [۷]. در پژوهش‌های بعدی مدل‌های چند متغیره مورد توجه قرار گرفت، ادوارد آلتمن مطالعه خود را برای تهیه مدلی جامع و چند متغیره آغاز کرد. او با انتخاب ۲۲ نسبت مالی و تجزیه و تحلیل آن‌ها به‌وسیله‌ی روش آماری تحلیل تشخیصی چندگانه، تابع z -score را که از ۵ نسبت مالی تشکیل شده بود، ارایه کرد. دقت مدل آلتمن برای یک سال قبل از ورشکستگی حدود ۹۵ درصد و برای دو سال قبل از ورشکستگی حدود ۸۳ درصد به‌دست آمد[۶]. اهلسن مدلی را با استفاده از تکنیک لوجیت توسعه داد. وی در این پژوهش از ۱۰۵ شرکت ورشکسته و ۲۰۵ شرکت غیر ورشکسته بین سال‌های ۱۹۷۰ تا ۱۹۷۶ استفاده کرد. او ۹ نسبت مالی را به‌عنوان متغیر مستقل به‌کار برد. از این ۹ نسبت مالی، ۵ تای آن‌ها در مطالعه‌های قبلی نیز استفاده شده بودند [۱۳]. تافلر پژوهش‌هایی در ارتباط با پیش‌بینی ورشکستگی انجام داد. وی اطلاعات ۴۶ شرکت ورشکسته را در فاصله سال‌های ۱۹۶۹-۱۹۷۶ جمع‌آوری کرد و با اطلاعات شرکت‌های موفق مطابقت داد. سپس مدلی را برای پیش‌بینی ارایه نمود تافلر سهم هر یک از متغیرها را در مدل به‌ترتیب ۵۳، ۱۳، ۱۸،۱۶ درصد ارزیابی کرد. علاوه‌بر این نمونه‌های دیگری را نیز با استفاده از مدل تافلر ارزیابی کرد [۱۶].کینگ دان و فلدمان اولین کسانی بودند که از الگوریتم ژنتیک در پیش‌بینی ورشکستگی استفاده کردند [۸]. وارتو از الگوریتم ژنتیک برای پیش‌بینی ورشکستگی استفاده نمود. نمونه‌ی او متشکل از ۵۰۰ شرکت، شامل ۲۳۶ شرکت ورشکسته و ۲۶۴

شرکت غیرورشکسته بود. نتایج این پژوهش بیانگر دقت پیش‌بینی، ۹۳ درصد یک سال قبل از ورشکستگی و ۹۱/۶ درصد برای دو سال قبل از ورشکستگی است [۱۷]. مک کی و گرینس تین در مطالعات قبلی انجام شده در زمینه ورشکستگی را مورد انتقاد قرار دادند. آن‌ها که از RPA برای پیش‌بینی ورشکستگی استفاده کردند، شش نسبت را به‌عنوان متغیرهای مستقل در نظر گرفتند [۱۰]. شاه و مرتضی مدلی را با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی (ANN) برای پیش‌بینی ورشکستگی ارایه دادند. در این مطالعه از اطلاعات ۶۰ شرکت ورشکسته و ۵۴ شرکت غیر ورشکسته بین سال‌های ۱۹۹۲ تا ۱۹۹۴ استفاده شد، دقت پیش‌بینی این مدل ۷۳ درصد به‌دست آمد [۱۴]. شین و لی از مدل ژنتیک برای پیش‌بینی درماندگی مالی شرکت استفاده کردند و نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد، مدل ژنتیک علاوه‌بر مناسب بودن برای پیش‌بینی درماندگی مالی، درک آن برای استفاده کنندگان بسیار آسان است [۱۵]. مین و لی با استفاده از ماشین بردار پشتیبان اقدام به طراحی مدلی برای پیش‌بینی ورشکستگی شرکت‌ها نمودند. پژوهش آن‌ها نشان داد، SVM نسبت به مدل‌های آماری سنتی، از عملکرد بهتری برخوردار است [۱۱]. لنزبرگ و دیگران در پژوهشی با عنوان " توسعه تئوری ورشکستگی و طبقه‌بندی آن با برنامه نویسی ژنتیک " برای ۲۸ متغیر بالقوه ورشکستگی که در پژوهش‌های پیشین با اهمیت تشخیص داده شده-اند، از برنامه‌نویسی ژنتیک استفاده کرده است. در نتیجه ۶ متغیر مهم تشخیص داده شد [۹]. مین و همکاران به‌صورت همزمان از الگوریتم ژنتیک (GA) و ماشین بردار پشتیبان (SVM) استفاده کرده و آن را مدل GA-SVM نامیدند. نتایج آن‌ها بیانگر دقت پیش‌بینی ۸۶/۵۳ درصدی در مجموعه آموزشی و ۸۰/۳۰ درصدی در نمونه آزمایشی، برای یک سال قبل از ورشکستگی است [۱۲]. اهن و کیم به‌طور همزمان از الگوریتم ژنتیک (GA) و استدلال مبتنی بر موضوع (CBR) استفاده کردند و آن را GOCBR نامیدند. این مدل ترکیبی سنجش ویژگی را به‌طور همزمان مطلوب می‌کند و نتایج نشان می‌دهد، دقت پیش‌بینی استدلال مبتنی بر موضوع (CBR) متداول می‌تواند به‌طور معناداری با استفاده از این مدل ترکیبی بهبود یابد [۵].

برخی از پژوهش‌های انجام شده در زمینه مدل‌های پیش‌بینی ورشکستگی در داخل کشور به‌شرح زیر است: مهرانی وهمکاران به بررسی کاربرد الگوهای پیش‌بینی ورشکستگی زیمسکی و شیراتا پرداختند و نتایج این پژوهش نشان داد هر دو الگو توانایی تقسیم شرکت‌ها را به ۲ گروه ورشکسته و غیر ورشکسته دارند [۴]. فریدون رهنمای رودپشتی و همکاران به بررسی کاربرد مدل‌های پیش‌بینی ورشکستگی آلتمن و فالمر در شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران پرداختند. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد، مدل آلتمن در پیش‌بینی ورشکستگی محافظه کارتر از مدل فالمر عمل می‌کند. در مدل آلتمن شرکت‌هایی با مقادیر $Z<1.81$ و در مدل فالمر شرکت‌هایی با مقادیر $F<0$ ورشکسته تلقی می‌شوند. تعداد شرکت‌هایی که بر اساس اطلاعات هر سال ورشکسته شناسایی شوند در مدل آلتمن به مراتب بیشتر از مدل فالمر بوده است [۲]. رضا راعی و سعید فلاح پور به بررسی کاربرد ماشین بردار پشتیبان در پیش‌بینی درماندگی مالی شرکت‌ها با استفاده از نسبت‌های مالی پرداختند و این روش را با رگرسیون لوجستیک مقایسه کردند. نتایج این پژوهش نشان داد، در پیش‌بینی درماندگی مالی شرکت‌ها مدل ماشین بردار پشتیبان نسبت به مدل لوجستیک به‌طور معناداری از دقت کلی بیشتری برخوردار است و این مدل توانایی بالاتری نیز در تعمیم‌پذیری دارد [۱]. علی سعیدی، آرزو آقایی به بررسی پیش‌بینی درماندگی مالی شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از شبکه-های بیز پرداختند. در این پژوهش به بررسی امکان سنجی به‌کارگیری یکی از جدیدترین روش‌های موجود در زمینه طبقه‌بندی (شبکه‌های بیز) برای پیش‌بینی درماندگی مالی شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار پرداخته شد [۳].

در این پژوهش مدل الگوریتم ژنتیک که یکی از مدل‌های هوش مصنوعی است و در سال‌های اخیر در کشورهای توسعه‌یافته برای پیش‌بینی ورشکستگی مورد توجه واقع شده، مورد بررسی قرار گرفته و در نهایت نتایج حاصل از اجرای این مدل با مدل آلتمن مورد مقایسه قرار گرفته است.

فرضیه‌های پژوهش

فرضیه ۱: مدل الگوریتم ژنتیک و مدل Z آلتمن ابزارهای مناسبی جهت پیش‌بینی ورشکستگی هستند.

فرضیه ۲: در پیش‌بینی ورشکستگی مدل الگوریتم ژنتیک محافظه‌کارتر از مدل Z آلتمن عمل می‌کند.

جامعه و نمونه‌ی آماری

جامعه‌ی آماری این پژوهش، کلیه شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران طی دوره ۵ ساله از سال ۱۳۸۴ الی ۱۳۸۸ که بر اساس اطلاعات موجود در نرم‌افزار ره‌آورد نوین تعداد شرکت‌های پذیرفته شده در بورس ۴۵۲ شرکت است. بدین ترتیب کلیه شرکت‌های عضو جامعه‌ی آماری که دارای شرایط زیر بوده‌اند در نمونه آماری لحاظ شده‌اند:

- قبل از سال ۱۳۸۴ در بورس پذیرفته شده‌اند.
- صورت‌های مالی آن‌ها در دوره زمانی ۱۳۸۴ الی ۱۳۸۸ به بورس ارایه شده است.

با توجه به اینکه ملاک ورشکستگی و درماندگی مالی در این پژوهش مشمول ماده ۱۴۱ قانون تجارت بودن شرکت‌ها است، در ابتدا لیستی از شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران که طی این دوره دچار ورشکستگی شده‌اند تهیه شد. این دوره ۵ ساله با توجه به محدودیت در اطلاعات در نظر گرفته شد. تعداد این شرکت‌ها ۴۵ شرکت بود، از بین این شرکت‌ها، ۳۶ شرکت که دسترسی به اطلاعات آن‌ها ممکن بود انتخاب شدند. گفتنی است، با توجه به اینکه در مورد هر شرکت از اطلاعات یکسال و دوسال قبل از ورشکستگی نیز استفاده شده، پس در مجموع باید گفت که از اطلاعات شرکت‌ها بین سال‌های ۱۳۸۲ تا ۱۳۸۸ استفاده شده است.

پس از اینکه ۳۶ شرکت درمانده مالی به این ترتیب انتخاب شدند، باید ۳۶ شرکت سالم نیز به‌عنوان گروه دوم از بین شرکت‌های سالم انتخاب می‌شد. درمجموع حدود ۳۵۰ شرکت برای انتخاب موجود بودند اما با توجه به اینکه اطلاعات آن‌ها در طی دوره ۱۳۸۴ تا ۱۳۸۸

موجود نبود و بعضی از شرکت‌ها اطلاعات کاملی ارایه نداده بودند، تنها ۷۰ شرکت اطلاعات کاملی به بورس ارایه داده بودند از بین این ۷۰ شرکت با استفاده از روش نمونه-گیری تصادفی تعداد ۳۶ شرکت انتخاب شده است. به این ترتیب نمونه تحت بررسی شامل۷۲ شرکت است که از نظر سال مالی با هم تطبیق داده شده‌اند.

همچنین، در مورد هر شرکت از اطلاعات سه سال مالی آن‌ها استفاده شده است. سال مبنا (t) در مورد شرکت‌های ورشکسته سالی است که شرکت مشمول ماده ۱۴۱ قانون تجارت شده و در مورد شرکت‌های سالم، سالی است که شرکت‌ها بالاترین سود انباشته را داشته است.

متغیرهای پژوهش

انجام هر پژوهش مستلزم تعیین و تعریف هر یک از متغیرهای آن است. متغیرها بر اساس نقشی که در پژوهش دارند به ۲ دسته تقسیم می‌شوند:

الف. متغیرهای وابسته

ب. متغیرهای مستقل

متغیر وابسته: در پژوهش حاضر یک متغیر وابسته وجود دارد که دارای ۲ حالت است. وضعیت شرکت‌ها از لحاظ توانمندی مالی که یا ورشکسته هستند یا موفق.

از آنجا که از ۲ مدل استفاده شده متغیرهای به‌کار رفته در مدل‌ها به شرح زیر است:

متغیرهای مدل آلتمن:

مدل "Z- score" به‌صورت زیر است:

$$Z = 1.2x_{1+} 1.4x_{2+} 3.3x_{3+} 0.6x_{4+} 0.999x_5$$

۱. سرمایه در گردش به کل دارایی‌ها
۲. سود یا زیان انباشته به کل دارایی‌ها
۳. سود قبل از بهره ومالیات به کل دارایی‌ها
۴. ارزش دفتری حقوق صاحبان سهام به ارزش دفتری کل بدهی‌ها
۵. کل فروش به کل دارایی‌ها

در این مدل شرکت‌ها به ازای مقادیر کمتر از ۱.۸ برای Z، به‌عنوان ورشکسته و به ازای مقادیر بیشتر از ۲/۹۹ به‌عنوان غیر ورشکسته دسته‌بندی می‌شوند و برای مقادیر Z بین ۱/۸و ۲/۹۹ دسته‌بندی خاصی صورت نمی‌گیرد.

متغیرهای مدل الگوریتم ژنتیک:

فرآیند انتخاب متغیرهای مدل الگوریتم ژنتیک به شرح زیر است:

طی ۳ مرحله فرآیند انتخاب متغیرهای پیش‌بینی را در مدل الگوریتم ژنتیک به‌کار بردیم. در اولین مرحله، با بررسی ادبیات پیش‌بینی ورشکستگی تعداد ۴۰ متغیر از بین ۶۰ متغیر (نسبت مالی) به‌عنوان متغیرهای پیش‌بینی کننده انتخاب شدند. این نسبت‌های مالی براساس مطلوبیت در ادبیات انتخاب شدند. در مرحله دوم، ۲۵ متغیر از ۴۰ متغیر بر اساس دسترسی به داده‌های ضروری انتخاب شدند.

۱. لگاریتم کل دارایی‌ها
۲. دارایی‌های جاری / بدهی‌های جاری
۳. وجه نقد / بدهی‌های جاری
۴. (وجه نقد +سرمایه‌گذاری کوتاه‌مدت) / بدهی‌های جاری
۵. دارایی‌های آنی / بدهی‌های جاری
۶. دارایی‌های آنی / کل دارایی‌ها
۷. دارایی‌های جاری /کل دارایی‌ها
۸. وجه نقد / کل دارایی‌ها
۹. سرمایه در گردش / کل دارایی‌ها
۱۰. فروش / حساب‌های دریافتنی
۱۱. سود عملیاتی / فروش
۱۲. سود خالص / فروش
۱۳. فروش / دارایی‌های جاری
۱۴. فروش / کل دارایی‌ها
۱۵. فروش / دارایی‌های ثابت
۱۶. سود عملیاتی /کل دارایی‌ها
۱۷. سود قبل از کسر مالیات / کل دارایی‌ها
۱۸. سود خالص / کل دارایی‌ها
۱۹. سود خالص / حقوق صاحبان سهام
۲۰. سود قبل از بهره و مالیات / هزینه بهره
۲۱. سود انباشته / کل دارایی‌ها
۲۲. بدهی‌ها / حقوق صاحبان سهام
۲۳. کل بدهی / کل دارایی‌ها
۲۴. حقوق صاحبان سهام /کل دارایی‌ها
۲۵. ارزش دفتری حقوق صاحبان سهام / ارزش دفتری کل بدهی‌ها

که در مرحله سوم با اجرای الگوریتم ژنتیک۵ متغیر به‌عنوان متغیر نهایی انتخاب شدند که عبارتند از:

۱. نسبت دارایی‌های جاری / بدهی‌های جاری (x2)

۲. نسبت وجه نقد / بدهی جاری(x3)

۳. نسبت دارایی جاری – موجودی کالا / بدهی‌های جاری (x5)

۴. نسبت فروش خالص / کل دارایی‌ها (۱۴) ۵- نسبت سود خالص / کل دارایی‌ها (۱۸)

در صورتی که

$X2 < 1.28 , X3 < 0.847 , X5 < 0.697 , X14 < 0.685 , X 18 < 0.17$ باشد، شرکت ورشکسته است و در غیر این‌صورت شرکت غیرورشکسته خواهد بود.

ساخت مدل پیش‌بینی ورشکستگی با استفاده از الگوریتم ژنتیک

پیاده‌سازی مدل با استفاده از الگوریتم ژنتیک نیازمند استفاده از یک نرم‌افزار است. نرم-افزار به‌کار برده شده در این پژوهش نرم‌افزار MATLAB است.

در ابتدای ساخت مدل و در بخش تعیین پارامترهای اولیه مسئله، تعداد متغیرهای مسئله، تعداد قاعده‌های موجود در هر رشته، تعداد کروموزوم‌ها و اندازه نمونه مشخص شده است. متغیرهای مسئله شامل ۲۵ نسبت مالی هستند. تعداد قواعد موجود در هر رشته ۵ مورد در نظر گرفته شده است. جمعیت اولیه مدل شامل ۱۰۰ کروموزوم است. تعداد شرکت‌های مورد بررسی ۷۲ شرکت است.

در الگوریتم طراحی شده در این پژوهش کدگذاری به‌صورت رشته‌ای انجام شده است و جواب‌های ممکن به‌صورت رشته‌ای و غیر دودویی بیان شده‌اند.

در مرحله بعد برای ایجاد جمعیت اولیه ابتدا نمونه مورد بررسی که متشکل از ۷۲ شرکت است به‌عنوان ورودی مدل وارد نرم‌افزار می‌شود.

پس از ایجاد جمعیت اولیه، مناسب بودن یا نبودن جواب‌ها با مقدار تابع شایستگی سنجیده می‌شود. هرچه یک جواب مناسب‌تر باشد، مقدار شایستگی بزرگ‌تری دارد. بنابراین کروموزومی که شایسته‌تر است با احتمال بیشتری در تولید نسل بعدی شرکت می‌کند و دنباله‌های بیشتری از آن به وجود می‌آید و کروموزوم‌های نامناسب حذف می‌شوند.

پس از ایجاد جمعیت اولیه، تابع شایستگی برای کل جمعیت محاسبه می‌شود. سپس میانه مقادیر به‌دست آمده محاسبه می‌شود. کروموزوم‌هایی که مقدار تابع شایستگی آن‌ها از مقدار میانه کمتر باشند به‌عنوان جواب‌های نا مناسب کنار گذاشته می‌شوند و از تعداد

جمعیت حذف شده، توسط عملگرهای ژنتیکی جواب‌های دیگری ایجاد می‌شود و مراحل قبلی تکرار می‌شود.

در این مرحله کروموزوم‌ها را برای ترکیب شدن و ایجاد نسل بعدی انتخاب می‌کنیم. ما در این مدل از روش انتخاب چرخ رولت برای انتخاب کروموزوم‌ها استفاده کرده‌ایم

پس از انتخاب کروموزوم‌ها، برای ایجاد کروموزوم‌های نسل بعدی یک عدد تصادفی بین ۱ و ۵ (تعداد قاعده‌های مدل) ایجاد می‌شود. عدد به‌دست آمده محل ادغام دو کروموزوم جدید ایجاد می‌شود. از آنجاکه هر دو کروموزوم تنها یک نقطه جهت ادغام در نظر گرفته می‌شود، نوع ادغام به‌کار رفته در این مدل، ادغام تک نقطه‌ای یا تک مکانی است. در این مدل نرخ نهایی ادغام (تلفیق) ۰/۷ است. مرحله بعد عملگر جهش است، این عملگر باعث جنبش و حرکت در فضای جستجو و ذخیره اطلاعات از دست رفته جمعیت می‌شود. نرخ جهش در این مدل مقدار ۰/۰۷ در نظر گرفته شده است.

مرحله آخر قبل از اجرای الگوریتم، مشخص کردن شرط توقف الگوریتم است. در مدل مورد طراحی توقف الگوریتم با رخداد یکی از دو مورد زیر به وقوع می‌پیوندد:

۱. بهترین کروموزوم‌ها پس از ۲۵ بار اجرای الگوریتم تغییر نکنند.

۲. الگوریتم به تعداد ۵۰۰ بار تکرار شود.

اجرای مدل الگوریتم ژنتیک

پس از اجرای الگوریتم، پس از ۱۷۸ بار اجرا، کروموزوم به‌دست آمده توسط مدل تغییر نکرد، به‌عبارت دیگر شرط اول توقف به وقوع پیوست. کروموزوم به‌دست آمده در این مرحله به‌صورت زیر است:

X2	<	1.28	X3	<	0.847	X5	<	0.697	X14	<	0.685	X18	<	0.17

بنابراین جواب به‌دست آمده در این مرحله به‌عنوان جواب نهایی مدل پیش‌بینی ورشکستگی به‌دست می‌آید؛ در صورتی‌که

$X2 < 1.28 , X3 < 0.847 , X5 < 0.697 , X14 < 0.685 , X\ 18 < 0.17$ باشد، شرکت ورشکسته است و در غیر این‌صورت شرکت غیر ورشکسته خواهد بود.

نتایج اجرای مدل الگوریتم ژنتیک:

مدل الگوریتم ژنتیک توانست در سال t-2 (دو سال قبل از سال مبنا)، ۸۹ درصد شرکت-های ورشکسته را درست پیش‌بینی نموده و ۴ درصد شرکت‌های سالم را درست پیش‌بینی نموده و به‌طور میانگین این مدل در سال t-2 دقتی معادل ۹۱/۵ درصد داشته که نتایج این بررسی در جدول ۱ نشان داده شده است.

درسال t-1 (یک سال قبل از سال مبنا)، دقتی معادل۸۶ درصد برای شرکت‌های ورشکسته و ۹۴ درصد برای شرکت‌های غیر ورشکسته داشته و به‌طور میانگین دقت کلی این مدل معادل ۹۰ درصد و نتایج این بررسی در جدول ۲ ارایه شده است.

در سال t (مبنا)، دقتی معادل ۹۷ درصد برای شرکت‌های ورشکسته و ۹۴ درصد برای شرکت‌های غیر ورشکسته داشته و به‌طور میانگین دقت کلی این مدل ۹۵/۵ درصد که نتایج آن در جدول ۳ ارایه شده است.

با توجه به نتایج به‌دست آمده می‌توان نتیجه گرفت، مدل الگوریتم ژنتیک ارایه شده دارای دقت پیش‌بینی بالایی در طبقه‌بندی شرکت‌ها به دو گروه ورشکسته و غیر ورشکسته را دارد.

جدول ۱. نتایج طبقه‌بندی شرکت‌ها به‌وسیله‌ی مدل الگوریتم ژنتیک در سال t-2

نوع شرکت	تعداد کل	تعداد ورشکسته	تعداد غیر ورشکسته	درصد ورشکسته	درصد غیر ورشکسته	درصد کل	درصد دقت کلی
ورشکسته	۳۶	۳۲	۴	٪۸۹	٪۱۱	٪۱۰۰	٪۹۱.۵
غیر ورشکسته	۳۶	۲	۳۴	٪۶	٪۹۴	٪۱۰۰	

جدول ۲. نتایج طبقه‌بندی شرکت‌ها به‌وسیله‌ی مدل الگوریتم ژنتیک در سال t- 1

نوع شرکت	تعداد کل	تعداد ورشکسته	تعداد غیر ورشکسته	درصد ورشکسته	درصد غیر ورشکسته	درصد کل	درصد دقت کلی
ورشکسته	۳۶	۳۱	۵	٪۸۶	٪۱۴	٪۱۰۰	٪۹۰
غیر ورشکسته	۳۶	۲	۳۴	٪۶	٪۹۴	٪۱۰۰	

جدول۳ . نتایج طبقه‌بندی شرکت‌ها به‌وسیله‌ی مدل الگوریتم ژنتیک در سال t

نوع شرکت	تعداد کل	تعداد ورشکسته	تعداد غیر ورشکسته	درصد ورشکسته	درصد غیر ورشکسته	درصد کل	درصد دقت کلی
ورشکسته	۳۶	۳۵	۱	٪۹۷	٪۳	٪۱۰۰	٪۹۵.۵
غیر ورشکسته	۳۶	۲	۳۴	٪۶	٪۹۴	٪۱۰۰	

تجزیه وتحلیل مدل Z آلتمن:

برای تجزیه و تحلیل مدل Z آلتمن ابتدا مقادیر مربوط به متغیرهای این مدل را از نرم‌افزار ره‌آورد نوین استخراج نموده سپس این اطلاعات رادر نرم‌افزار Excel ذخیره نموده و با استفاده از نرم‌افزار Excel مقادیر متغیرها را محاسبه نمودیم. سپس در یک مرحله اطلاعات مربوط به ۲ سال قبل از سال مبنا از صورت‌های مالی شرکت‌ها استخراج و شاخص Z برای هر کدام از آن‌ها محاسبه و نتایج استخراج شد، در مرحله دوم اطلاعات مربوط به یکسال قبل از سال مبنا از صورت‌های مالی استخراج و بعد از محاسبه نسبت‌ها و قرار دادن آن‌ها در مدل، شاخص Z برای هر کدام از شرکت‌ها محاسبه شد، در مرحله آخر اطلاعات مربوط به سال مبنا از صورت‌های مالی استخراج و بعد از محاسبه نسبت‌ها و قرار دادن آن‌ها در مدل، شاخص Z برای هر کدام از شرکت‌ها محاسبه شده است.

نتایج اجرای مدل Z آلتمن:

بعد از محاسبه مقدار Z در این مدل شرکت‌ها به ازای مقادیر کمتر از ۱/۸ برای Z، به‌عنوان ورشکسته و به ازای مقادیر بیشتر از ۲/۹۹ به‌عنوان غیر ورشکسته دسته‌بندی می‌شوند و برای مقادیر Z بین ۱/۸ و ۲/۹۹ دسته‌بندی خاصی صورت نمی‌گیرد.

جدول ۴. محاسبه دقت مدل آلتمن برای سال t-2

نوع شرکت	تعداد کل	تعداد ورشکسته	تعداد غیر ورشکسته	درصد ورشکسته	درصد غیر ورشکسته	درصد کل	درصد دقت کلی
ورشکسته	۳۶	۳۳	۱	٪۹۱.۶۶	٪۲.۷۷	٪۹۴.۴۳	
غیر ورشکسته	۳۶	۱۶	۱۰	٪۴۴.۴۴	٪۲۷.۷۷	٪۷۲.۲۱	٪۸۳.۳۲

جدول ۵. محاسبه دقت مدل برای سال t-1

نوع شرکت	تعداد کل	تعداد ورشکسته	تعداد غیر ورشکسته	درصد ورشکسته	درصد غیر ورشکسته	درصد کل	درصد دقت کلی
ورشکسته	۳۶	۳۳	۱	٪۹۱.۶۶	٪۲.۷۷	٪۹۴.۴۳	
غیر ورشکسته	۳۶	۱۴	۱۲	٪۳۸.۸۸	٪۳۳.۳۳	٪۷۲.۲۱	٪۸۳.۳۲

جدول ۶. محاسبه دقت مدل آلتمن برای سال t

نوع شرکت	تعداد کل	تعداد ورشکسته	تعداد غیر ورشکسته	درصد ورشکسته	درصد غیر ورشکسته	درصد کل	درصد دقت کلی
ورشکسته	۳۶	۳۵	۱	٪۹۷.۲۲	٪۲.۷۸	٪۱۰۰	
غیر ورشکسته	۳۶	۱۰	۱۰	٪۲۷.۷۷	٪۲۷.۷۷	٪۵۵.۵۴	٪۷۷.۷۶

بنابراین با توجه به نتایج می‌توان نتیجه گرفت، مدل آلتمن در سال t-2، ۹۱/۶۶ درصد شرکت‌های ورشکسته را درست پیش‌بینی نموده و ۲۷/۷۷ درصد شرکت‌های سالم را درست پیش‌بینی نموده و به‌طور میانگین این مدل در سال t-2 دقتی معادل ۸۳/۳۲ درصد داشته؛ همان‌طور که در جدول ۴ نشان داده شده است.

درسال t-1، دقتی معادل ۹۱/۶۶ درصد برای شرکت‌های ورشکسته و ۲۷/۷۷درصد برای شرکت‌های غیر ورشکسته داشته و به‌طور میانگین دقت کلی این مدل معادل ۸۳/۳۲ درصد که نتایج این بررسی در جدول ۵ ارایه شده است.

در سال t، دقتی معادل ۹۷/۲۲ درصد برای شرکت‌های ورشکسته و ۲۷/۷۷ درصد برای شرکت‌های غیر ورشکسته داشته و به‌طور میانگین دقت کلی این مدل ۷۷/۷۶ درصد که نتایج آن در جدول ۶ ارایه شده است.

آزمون فرضیه‌های پژوهش

به‌منظور آزمون فرضیه اول، جهت بررسی مناسب بودن مدل‌های الگوریتم ژنتیک و مدل Z آلتمن این فرضیه به دو فرضیه فرعی دیگر تقسیم شد. فرض فرعی اول: مدل الگوریتم ژنتیک توانایی پیش‌بینی ورشکستگی را با دقت بیش از ۸۰ درصد دارد برای بررسی این فرضیه از آزمون t استیودنت استفاده شده که میانگین دقت مدل ۹۲/۳۳ درصد بوده است که با مبنای تعیین شده (۸۰) ۱۲/۳۳ درصد تفاوت دارد که در سطح ۱درصد معنادار شده است پس با اطمینان ۹۹درصد می‌توان گفت مدل الگوریتم ژنتیک ابزار مناسبی برای پیش‌بینی محسوب می‌شود.

فرضیه فرعی دوم: مدل Z آلتمن برای تشخیص شرکت‌های ورشکسته و غیرورشکسته درست عمل کرده است. برای اثبات این فرضه از آزمون U Mann-Whitney استفاده شد که این آزمون با خطای کمتر از یک درصد معنادار شده است پس با اطمینان ۹۹درصد می‌توان گفت مدلZ آلتمن ابزار مناسبی برای پیش‌بینی محسوب می‌شود.

به‌منظور آزمون فرضیه دوم، جهت بررسی مدل محافظه کارتر از آزمون t-test استفاده شد که میانگین پیش‌بینی در مدل الگوریتم برابر ۹۲/۳۳ درصد بوده ولی در مدلی Z آلتمن این مقدار ۶۱/۵۶ درصد بوده؛ بنابراین ملاحظه می‌شود که تفاوت دقت پیش‌بینی این دو مدل ۳۰/۷۶ درصد بوده ازطرفی دیگر در نابرابری واریانس‌ها این اختلاف در سطح ۰/۰۵ درصد معنادار شده است. بنابراین در پژوهش حاضر می‌توان گفت، در پیش‌بینی ورشکستگی، مدل الگوریتم ژنتیک محافظه‌کارتر از مدل Z آلتمن عمل می‌کند.

نتیجه‌گیری

پیش‌بینی ورشکستگی شرکت‌ها یکی از مطالعه‌های جالب و با اهمیت در حوزه مالی است. با پیش‌بینی ورشکستگی و پس از آن ریشه‌یابی مسئله و حل آن، می‌توان به نتایج بسیار رضایت‌بخشی دست یافت.

در این پژوهش از مدل الگوریتم ژنتیک که یکی از روش‌های هوش مصنوعی است، جهت پیش‌بینی ورشکستگی شرکت های داخلی، استفاده شده است.

مدل ایجاد شده توسط الگوریتم ژنتیک توانست به‌طور میانگین در دو سال قبل از ورشکستگی دقتی معادل ۹۱/۵ درصد داشته باشد؛ در حالی‌که مدل Z آلتمن دقتی معادل ۸۳/۳۲ درصد داشته، در یکسال قبل از سال مبنا مدل الگوریتم ژنتیک به‌طور میانگین دقتی معادل ۹۰ درصد داشته در حالی‌که مدل Z آلتمن دقتی معادل ۸۳/۳۲ درصد داشته، در سال مبنا مدل الگوریتم ژنتیک به‌طور میانگین دقتی معادل ۹۵/۵ درصد داشته ضمن اینکه در این سال مدل Z آلتمن دقتی معادل ۷۷/۷۶ درصد داشته است.

بنابراین با توجه به نتایج حاصل دقت کلی مدل الگوریتم ژنتیک نسبت مدل Z آلتمن بیشتر است؛ پس به‌طور کلی مدل الگوریتم ژنتیک ابزار مناسب‌تری برای پیش‌بینی ورشکستگی شرکت‌ها است. همچنین با استفاده از نتایج حاصل از آزمون فرضیه‌های پژوهش می‌توان نتیجه گرفت، مدل‌های الگوریتم ژنتیک و مدل z آلتمن ابزارهای مناسبی برای پیش‌بینی ورشکستگی محسوب می‌شوند و با آزمون فرضیه دوم مشاهده شد که مدل الگوریتم ژنتیک محافظه‌کارتر از مدل z آلتمن عمل می‌نماید.

پیشنهادهای پژوهش

پیشنهادهایی که از این پژوهش حاصل می‌شود به‌شرح زیر است:

- به سرمایه‌گذاران، تحلیلگران مالی، بانک‌های تأمین سرمایه، شرکت‌های سرمایه‌گذاری و کارگزاران بورس اوراق بهادار تهران پیشنهاد می‌شود برای ارزیابی وضعیت مالی شرکت-های ایرانی و تصمیم‌گیری در ارتباط با سرمایه‌گذاری خود از این مدل استفاده کنند.
- به شرکت‌های تولیدی پیشنهاد می‌شود با استفاده از این مدل وضعیت مالی شرکت خود را بررسی کنند و در صورت قرار داشتن در وضعیت ورشکستگی، اقدامات لازم را جهت جلوگیری از این پیشامد انجام دهند.
- استفاده از این مدل توسط بورس اوراق بهادار جهت پذیرش شرکت‌ها در بورس کمک می‌کند تا شرکت‌های مورد بررسی با دقت بیشتری مورد ارزیابی و سنجش قرار گیرند.
- استفاده از روش‌های دیگر مبتنی بر هوش مصنوعی برای ساخت مدل پیش‌بینی ورشکستگی
- استفاده از الگوریتم ژنتیک برای تعیین پرتفوی بهینه و پیش‌بینی شاخص قیمت
- استفاده از الگوریتم ژنتیک برای کشف تقلب در صورت‌های مالی

منابع

۱. راعی رضا، فلاح پور سعید.کاربرد ماشین بردار پشتیبان در پیش‌بینی درماندگی مالی شرکت‌ها با استفاده از نسبت‌های مالی. فصلنامه بررسیهای حسابداری و حسابرسی۱۳۸۷؛ ۵۳: ۱۷-۳۴.

۲. رهنمای رودپشتی فریدون، علی‌خانی راضیه، مران جوری مهدی. بررسی کاربرد مدل‌های پیش‌بینی ورشکستگی آلتمن و فالمر در شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران. فصلنامه بررسیهای حسابداری و حسابرسی۱۳۸۸؛ ۵۵: ۱۹-۳۴.

۳. سعیدی علی، آقایی آرزو. پیش‌بینی درماندگی مالی شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از شبکه‌های بیز. فصلنامه بررسیهای حسابداری و حسابرسی۱۳۸۸؛ ۵۹:۵۶-۷۶.

۴. مهرانی ساسان، مهرانی کاوه، منصفی یاشار، کرمی غلامرضا. بررسی کاربردی الگوهای پیش‌بینی ورشکستگی زمیسکی و شیراتا در شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران. فصلنامه بررسیهای حسابداری و حسابرسی ۱۳۸۴؛ ۴۱: ۱۰۵- ۱۳۱.

5. Ahn H, Kim K.j. Bankruptcy Prediction modeling with hybrid case – based reasoning and genetic algorithms approach. Applied soft computing 2002; 599-607.

6. Altman E.L. Financail Ratios, Disarmament Analysis and the prediction of corporate Bankruptcy, the Journal of finance 1968; 23: 598- 609.

7. Beaver W.H. financial ratios as predictors of failure, Journal of Accounting research 1966.

8. King don J. Feldman K. Genetic Algorithms and application to finance 1995.

9. Lensberg T, Eilifsen A, Mckee T.E. Bankruptcy theory development and classification via genetic program. European Journal of operational research 2006; 169-697.

10. Mckee, T.E , Greenstein, M. predicting bankruptcy using recursive partitioning and realistically proportioned data set, Journal of forecasting 2000; 219-230.

11. Min H. Jee, Lee. C, Young. Bankruptcy prediction using support vector machine with optimal choice of kernel function parameters, Expert systems with application 2005; 28: 603-614.

12. Min S.H, Lee J, Han I. Hybrid genetic algorithms and support vector machines for bankruptcy prediction, Expert systems with applications 2006; 31: 652-660.

13. Ohleson J. Financial ratios and the probabilistic prediction of bankruptcy. Journal of Accounting Research 1980; 109-131.

14. Shah, J.R, Murtaza M.B. A neural network based clustering in bankruptcy prediction modeling, Expert Systems with Application 2002; 23(3): 321-328.

15. Shin K, Lee Y. A Genetic Algorithm Application in Bankruptcy prediction modeling, Expert systems with application 2002; 1-8.

16. Taflerr J. Emprical Model for the monitoring of uk corporation, Journal of banking and finance, 1984; 8: 199-227.

17. Varetto, Franco. Genetic Algorithms application in the analysis of insolvency risk 1998.