کاربرد الگوریتم ژنتیک خطی و الگوریتم ژنتیک غیرخطی جهت افزایش کارایی پیش‌بینی بحران مالی شرکت ها در بازار سرمایه

زهرا پورزمانی ۱ محمدرضا اولی ۲

چکیده

ورشکستگی رویدادی است که هم از لحاظ اجتماعی و هم از لحاظ اقتصادی کشور به چالش می‌کشد. بنابراین اگر بتوانیم در مورد امکان وقوع ورشکستگی پیش از رخداد واقعی آن اطلاعاتی به دست آوریم، می‌توانیم از پیامدهای اقتصادی و اجتماعی آن کاسته و یا حتی جلوگیری کنیم. هدف این تحقیق بررسی قدرت پیش‌بینی بحران مالی با استفاده از مدل‌های الگوریتم ژنتیک خطی و الگوریتم ژنتیک غیرخطی جهت بالا بردن توان تصمیم گیری استفاده کنندگان صورت های مالی در پیش بینی بحران مالی شرکت ها می باشد. توجه به نتایج بدست آمده، الگوها با یکدیگر مقایسه و بهترین الگو استخراج شده است. بر اساس اطلاعات و آمارهای در دسترس شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران در طی دوره ۱۳۸۹-۱۳۷۶، از بین شرکت های مشمول ماده ۱۴۱ قانون تجارت، ۷۲ شرکت و از بین بقیه شرکت ها نیز ۷۲ شرکت انتخاب شد. نتایج آزمون مک‌نمار برای تکنیک‌های الگوریتم ژنتیک خطی و غیرخطی نشان داد اگرچه که دقت پیش‌بینی الگوریتم ژنتیک غیرخطی (۹۰ درصد) بیشتر از الگوریتم ژنتیک خطی (۸۰ درصد) است ولی این تفاوت از لحاظ آماری معنی‌دار نیست.

واژه‌های کلیدی: **بحران مالی، متغیرهای مالی، الگوریتم ژنتیک خطی، الگوریتم ژنتیک غیر خطی**

۱- پورزمانی,زهرا, استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران مرکزی، تهران، zahra.poorzamani@yahoo.com

۲- محمدرضا,اولی, دانشجوی دکتری حسابداری ,دانشگاه آزاد اسلامی ,واحد علوم و تحقیقات,تهرانmohammadreza_ola@yahoo.com

مقدمه

سرمایه‌گذاران و اعتباردهندگان تمایل زیادی برای پیش‌بینی بحران مالی بنگاه‌ها دارند زیرا در صورت ورشکستگی هزینه‌های زیادی به آنها تحمیل می شود(ادنان و دیگران[۳]، ۲۰۰۲). در چند دهه اخیر پژوهش‌های گسترده‌ای در زمینه ورشکستگی به خصوص پیش‌بینی ورشکستگی انجام گرفته است. هر چند نخستین تلاش‌ها در این زمینه به سال ۱۹۳۰ بر می‌گردد اما از سال ۱۹۶۶ و با تحقیق انجام گرفته توسط بیور این مقوله شکل جدی‌تری به خود گرفت. بیور[۴] (۱۹۶۶) یکی از نخستین محققانی است که به مطالعه پیش‌بینی بحران مالی یا ورشکستگی پرداخته است و به عنوان منادی تحقیقات آکادمیک در این زمینه محسوب می‌شود. پس از او، آلتمن (۱۹۶۸) با استفاده از روش‌های آماری پیشرفته توانست به موفقیت چشمگیری دست یابد.

با گذشت زمان شرایط تغییر می‌کند و در نتیجه متغیرهای مورد استفاده در مدل‌ها کارایی خود را از دست می‌دهند (هابر۵، ۲۰۰۶). همچنین سیستم‌های اقتصادی که این مدل‌ها بر پایه آن طرح‌ریزی شده‌اند متفاوت از دیگر بخش‌ها و یا کشورها است (گریک و دوگان۶، ۲۰۰۱). از سوی دیگر روش‌های سنتی پیش‌بینی بحران مالی یا ورشکستگی دارای برخی مفروضات محدود کننده مانند خطی بودن، نرمال بودن و مستقل بودن متغیرهای پیش‌بینی کننده یا ورودی‌ها است. بنابراین روش‌های سنتی در ارتباط با میزان کارایی و اعتبار، دارای محدودیت‌های زیادی هستند. از انجایی که یکی از برتری‌های الگوریتم ژنتیک نسبت به سایر مدل‌های سنتی پیش‌بینی بحران مالی یا ورشکستگی، عدم وابستگی این الگوریتم بر فرضیه‌های آماری محدودکننده و نرمال بودن توزیع نسبت‌ها یا برابری واریانس یا کوواریانس ماتریس نسبت‌ها است، هدف این تحقیق بررسی قدرت پیش‌بینی بحران مالی با استفاده از مدل‌های الگوریتم ژنتیک خطی و الگوریتم ژنتیک غیرخطی و مقایسه آنها بایکدیگر جهت بالا بردن توان تصمیم گیری استفاده کنندگان صورت های مالی در پیش بینی بحران مالی شرکت ها می باشد.

مبانی نظری و پیشینه پژوهش

تکنیک‌های پیش‌بینی ورشکستگی بر اساس ماهیت خود در سه دسته تکنیک‌های آماری (کلاسیک)، تکنیک‌های هوش مصنوعی و مدل‌های نظری طبقه‌بندی شده‌اند. تکنیک‌های آماری از ابتدایی‌ترین و رایج‌ترین تکنیک‌ها

---

۳ Adnan et al
٤ Beaver
٥ Haber
٦ Grice and Dugan

جهت مدل‌بندی پیش‌بینی ورشکستگی به شمار می‌روند. مدل‌های آماری خود به دو گروه تقسیم می‌شوند؛ مدل‌های آماری تک متغیره و مدل‌های آماری چند متغیره ، که در میان آنها مدل‌های چند متغیره از فراوانی بیشتری برخور دارند. تحلیل تشخیصی، احتمال خطی، لوجیت، پروبیت، مجموع تجمعی و فرایندهای تعدیل ناقص تشکیل دهنده تکنیک‌های آماری چند متغیره هستند.

مدل‌های داده‌کاوی و تکنیک‌های هوش مصنوعی (AIT)[۷] یک حوزه جدید میان رشته‌ای۸ و در حال رشد است که قادر است شکست کسب وکارها را پیش‌بینی کنند (تیسای۹، ۲۰۰۹). تحقیقات زیادی در زمینه کاربرد این تکنیک‌ها برای پیش‌بینی شکست کسب و کارها انجام گرفته است که از این میان می‌توان به تحقیق اعتمادی و دیگران (۲۰۰۹)؛ هووانگ و دیگران۱۰ (۲۰۰۸)؛ هانگ و چن۱۱ (۲۰۰۹)؛ لین و دیگران۱۲ (۲۰۰۹)؛ مین و جوونگ۱۳ (۲۰۰۹)؛ مین و لی۱۴ (۲۰۰۸)؛ راوی و پرامود۱۵ (۲۰۰۸)؛ سان و لی۱۶ (۲۰۰۸) و وو۱۷ (۲۰۱۰) اشاره کرد. از جمله این تکنیک‌ها می‌توان به شبکه‌های عصبی، درخت‌های تصمیم۱۸، و بردار پشتیبان ماشین و یا ترکیبی از این تکنیک‌ها با روش های هوش مصنوعی مانند الگوریتم‌های ژنتیک۱۹، تئوری مجموعه ناهموار۲۰، تئوری مجموعه فازی۲۱ و غیره اشاره کرد.

وارتو۲۲ (۱۹۹۸) از الگوریتم ژنتیک برای پیش‌بینی ورشکستگی استفاده کرد نمونه او متشکل از ۵۰۰ شرکت، شامل ۲۳۶ شرکت ورشکسته و ۲۶۴ شرکت غیر ورشکسته است. نتایج این تحقیق بیانگر دقت پیش‌بینی۹۳٪ یک سال قبل از ورشکستگی و ۹۱.۶٪ سه سال قبل از ورشکستگی است. وارتو الگوی مبتنی بر الگوریتم ژنتیک را با الگوی تحلیل تشخیصی خطی مقایسه نمود ضمن بیان برتری الگوی الگوریتم ژنتیک در پیش بینی یک سال قبل از وقوع، الگوی تحلیل تشخیصی خطی را در پیش بینی سه سال قبل از وقوع فراتر از الگوی الگوریتم ژنتیک دانست

---

۷ Artificial Intelligence techniques
۸ Interdisciplinary
۹ Tsai
۱۰ Huang, Tsai, Yen, Cheng
۱۱ Hung, Chen
۱۲ Lin and et al.
۱۳ Min, Jeong
۱٤ Min, Lee
۱۵ Ravi, Pramodh
۱٦ Sun, Li
۱۷ Wu
۱۸ Decision trees
۱۹ Genetic algorithm
۲۰ Rough set theory
۲۱ Fuzzy set theory
[۲۲] Varetto

و از طرفی بیان نمود که الگوی تحلیل تشخیصی خطی دارای ثبات و قابلیت تعمیم بیشتری است. از دیگر مطالعات انجام شده در این زمینه می‌توان به شین و لی۲۳ (۲۰۰۲) و مک کی و لنزبرگ۲۴ (۲۰۰۲) اشاره کرد.

کاواکامی(۲۰۰۴)الگوریتم پیش انتخاب، الگوریتم ژنتیک و تحلیل تشخیصی چندگانه را با یکدیگر مقایسه نمود که نتایج وی بیانگر برتری الگوریتم پیش انتخاب نسبت به دو الگوی دیگر و از طرفی برتری الگوریتم ژنتیک نسبت به تحلیل تشخیصی چندگانه می باشد.

فرج‌زاده دهکردی (۱۳۸۴) مدل‌بندی پیش‌بینی ورشکستگی شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار را با استفاده از دو مدل تحلیل تشخیصی چندگانه و برنامه‌ریزی ژنتیک مورد بررسی قرار داد. وی جهت ساخت مدل‌های مذکور ابتدا فهرست کاملی از نسبت‌های مالی (۹۳ نسبت مالی) تهیه کرد و پس از بررسی نسبت‌ها در نهایت ۴۲ نسبت مالی جهت ساخت مدل استخراج و در نهایت با استفاده از آزمون برابری میانگین دو جامعه، اقدام به ساخت دو مدل مورد بحث نمود. در نهایت مدل برنامه‌ریزی ژنتیک و تحلیل تشخیصی چندگانه توانستند شرکت‌های نمونه آموزشی را به ترتیب ۹۴٪ و ۷۷٪ و شرکت‌های نمونه آزمایشی به ترتیب ۹۰٪ و ۷۳٪ به صورت صحیح طبقه‌بندی نماید.

پورزمانی و دیگران(۱۳۸۹) هدف تحقیق خود را ساخت الگوهای پیش‌بینی کننده بحران مالی (الگوهای مبتنی بر روش های سنتی MDA، الگوریتم ژنتیک خطی، الگوریتم ژنتیک غیرخطی و شبکه عصبی) برای پیش‌بینی بحران مالی دو سال قبل از وقوع قرارداد. در این تحقیق چهار الگوی پیش بینی بحران مالی(الگوهای مبتنی بر روش های سنتی MDA، الگوریتم ژنتیک خطی، الگوریتم ژنتیک غیر خطی و شبکه عصبی) برای پیش بینی بحران مالی دو سال قبل از وقوع آن تدوین شده است. سپس با توجه به نتایج بدست آمده، الگوها با یکدیگر مقایسه و مشخص گردید الگوی مبتنی بر شبکه عصبی دارای بالاترین توان در پیش بینی بحران مالی شرکت ها می باشد.

عرب مازار و قاسمی(۱۳۸۸) پژوهشی تحت عنوان ایجاد ابزار پیش بینی مناسب جهت قیمت گذاری عرضه های عمومی اولیه به وسیله شبکه های عصبی و الگوریتم ژنتیک انجام دادند. نتایج نشان می دهد ترکیب شبکه های عصبی با الگوریتم ژنتیک به منظور انتخاب متغیرهای بهینه، قدرت پیش بینی را به طور محسوسی افزایش می دهد.

فدایی نژاد و اسکندری(۱۳۸۸) نشان دادند استفاده از الگوریتم ژنتیک در افزایش دقت پیش بینی ورشکستگی موثر است اما مقایسه مدل های الگوریتم ژنتیک و بهینه سازی تجمعی ذرات نشان داد که از نظر آماری نمی توان اثبات نمود که یکی از این روش ها بر دیگری برتری دارد .همچنین نتایج نشان داد مدلی که از داده های بازار

---

[۲۳] Shin and Lee
[۲۴] McKee and Lensberg

استفاده کرده و از طریق الگوریتم بهینه سازی تجمعی ذرات آموزش ببیند می تواند تا ۹۲/۶درصد ورشکستگی شرکت ها را به درستی پیش بینی نماید.

فرضیه تحقیق

با توجه به اهداف مورد نظر در این تحقیق سه فرضیه تدوین شد:
فرضیه اول: مدل مبتنی بر الگوریتم ژنتیک خطی دارای توانمندی در پیش بینی بحران مالی است
فرضیه دوم: مدل مبتنی بر الگوریتم ژنتیک غیر خطی دارای توانمندی در پیش بینی بحران مالی است
فرضیه سوم: قدرت پیش‌بینی بحران مالی مدل مبتنی بر الگوریتم ژنتیک خطی بیشتر از مدل مبتنی بر الگوریتم ژنتیک غیرخطی است.

جامعه و نمونه آماری

جامعه آماری مورد بررسی در این تحقیق، کلیه شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران طی دوره ۱۳۷۶-۱۳۸۹ است. نمونه آماری شرکت های مورد مطالعه به دو گروه عمده تقسیم می شوند؛ گروه اول شرکت-های درگیر بحران مالی به تعداد ۷۲شرکت می باشد که برای سه سال متوالی مشمول ماده ۱۴۱ قانون تجارت شده-اند. گروه دوم که برای مطابقت با شرکت‌های درگیر بحران مالی ، به همان تعداد نیز شرکت‌های دارای سلامت مالی یا بدون بحران مالی که مشمول ماده ۱۴۱ قانون تجارت نبودند با استفاده از روش نمونه‌گیری تصادفی انتخاب شد. به دلیل محدودیت تعداد شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق، امکان انطباق شرکت‌های ورشکسته و غیر ورشکسته از نظر صنعت فعالیت میسر نمی‌باشد. از آنجایی که اندازه شرکت‌ها به عنوان یک متغیر بالقوه برای پیش‌بینی ورشکستگی در نظر گرفته شده‌است، از انطباق شرکت‌ها بر اساس اندازه شرکت نیز صرف نظر می‌شود. بنابراین در نمونه‌گیری، شرکت‌های غیر ورشکسته تنها از نظر سال مالی با شرکت‌های ورشکسته انطباق داده می‌شوند.
پس از انتخاب شرکت های نمونه به صورت تصادفی هر یک از دو گروه شرکت ها مجدد به دو گروه آموزشی و آزمایشی تفکیک شدند. مجموعه آموزشی که جهت ساخت و آموزش مدل مورد استفاده قرار می‌گیرد، شامل ۵۱ شرکت ورشکسته و ۵۳ شرکت غیرورشکسته است. مجموعه آزمایشی که شامل ۲۱ شرکت ورشکسته و ۱۹ شرکت غیرورشکسته است به منظور بررسی میزان قابلیت تعمیم و روایی خارجی مدل حاصله به کار می‌رود.

متغیرهای تحقیق

در این تحقیق جهت تعیین نسبت‌های مالی مناسب برای پیش‌بینی بحران مالی، فهرستی متشکل از ۲۳ نسبت مالی است که در تحقیقات قبلی برای پیش‌بینی بحران مالی یا ورشکستگی به کار رفته‌اند به شرح جدول شماره ۱ استخراج شد.

از آنجایی که به کارگیری ۲۳ نسبت مالی برای ساخت مدل، موجب افزایش پیچیدگی مدل و کاهش کارایی آن می‌شود از روش تحلیل تشخیصی گام به گام[۲۵](SDA) برای انتخاب نسبت های مالی که دارای بیشترین توانایی در افتراق شرکت‌های ورشکسته از غیرورشکسته هستند استفاده شد.

برای انجام این امر SDA از نسبت واریانس درون گروهی به واریانس برون گروهی استفاده می‌کند. به این ترتیب نسبت مالی که دارای کمترین واریانس در هر یک از گروه‌های ورشکسته و غیر ورشکسته است و همچنین دارای بیشترین واریانس بین دو گروه ورشکسته و غیر ورشکسته است، دارای بیشترین قدرت در افتراق شرکت‌های ورشکسته از شرکت‌های غیرورشکسته است.

جدول ۱. متغیرهای مستقل استفاده شده در تحقیق

متغیر	نسبت مالی	متغیر	نسبت مالی
X۱	سرمایه در گردش به حقوق صاحبان سهام	X۱۳	نسبت فروش به کل دارایی‌ها
X۲	نسبت سرمایه در گردش به فروش	X۱٤	نسبت کل بدهی‌ها به کل دارایی‌ها
X۳	نسبت سرمایه در گردش به کل بدهی‌ها	X۱۵	نسبت سود و زیان انباشته به کل دارایی‌ها
X٤	نسبت سرمایه در گردش به کل دارایی‌ها	X۱٦	نسبت سود عملیاتی به فروش
X۵	نسبت سود قبل از کسر بهره و مالیات به حقوق صاحبان سهام	X۱۷	نسبت هزینه مالی به سود ناخالص
X٦	نسبت سود قبل از کسر بهره و مالیات به فروش	X۱۸	نسبت دارایی جاری به کل دارایی‌ها
X۷	نسبت سود قبل از کسر بهره و مالیات به کل بدهی‌ها	X۱۹	نسبت فروش به دارایی جاری
X۸	نسبت سود قبل از کسر بهره و مالیات به کل دارایی‌ها	X۲۰	نسبت دارایی جاری به بدهی جاری
X۹	نسبت حقوق صاحبان سهام به فروش	X۲۱	نسبت سود خالص به فروش
X۱۰	نسبت حقوق صاحبان سهام به کل بدهی‌ها	X۲۲	نسبت سود خالص به کل دارایی‌ها
X۱۱	نسبت حقوق صاحبان سهام به کل دارایی‌ها	X۲۳	نسبت بدهی جاری به کل دارایی‌ها
X۱۲	نسبت فروش به کل بدهی‌ها		

[۲۵] Stepwise Discriminant Analysis

پس از انتخاب نخستین متغیر، فرایند SDA جهت انتخاب دومین متغیر مجددا اجرا می‌گردد. در این مرحله SDA نسبت مالی را انتخاب می‌نماید که در کنار نخستین نسبت مالی دارای بیشترین توانایی افتراق گروه شرکت‌ها باشد. در واقع در این مرحله تاثیر توامان و متقابل دو نسبت مالی در تفکیک گروه شرکت‌ها مد نظر قرار می‌گیرد. این فرایند هنگامی متوقف خواهد شد که هیچ یک از نسبت‌های مالی انتخاب نشده واجد شرایط سطح اهمیت تعیین شده (۰.۱) نباشند. جدول ۲ نتایج حاصل از فرایند SDA بر روی ۲۳ متغیر را نشان می‌دهد.

جدول ۲: ماتریس سازه فرایند SDA

(a). نسبت‌های مالی انتخاب نشده

کد	میزان اهمیت	کد	میزان اهمیت	کد	میزان اهمیت
X١٦	.٨٥٧	X١٤	-.۴۳۷	X١٩	.٢۴٣
X١(a)	.٨٣٢	X٨(a)	.٣٥٩	X٢٣(a)	.٢٢٢
X٣(a)	.٧٥٠	X١١(a)	.٣۴۴	X١٥(a)	.٢٢١
X٢١(a)	.٧۴٥	X٩(a)	.٣٣٣	X١٣(a)	-.١٥٧
X٢(a)	.٧٢١	X٢٠(a)	.٣١٨	X١٧	-.١٠٢
X٢٢(a)	.۶٣۶	X١٨	.٣٠٥	X٤(a)	-.٠۴۴
X٦(a)	.٥٥٠	X١٠(a)	.٢٧٠	X٥(a)	.٠٢۶
X٧(a)	.۴٧٧	X١٢(a)	.٢٥٢		

فرایند SDA جهت انتخاب نسبت‌های مالی نهایی ۵ مرحله را طبق جدول ۳ طی نموده است که طی هر یک از این مراحل یکی از نسبت‌های مالی انتخاب شده و به مجموعه نسبت‌های مالی انتخاب شده اضافه می‌گردد. کاهش Wilks' Lambda هر مرحله به معنای افزایش قدرت تشخیصی متغیرهای انتخاب شده است. پنج متغیر انتخاب شده که هر کدام یکی از جنبه‌های مهم وضعیت مالی شرکت را پوشش می‌دهد به ترتیب قدرت تشخیصی عبارتند از:

۱. نسبت سود عملیاتی به فروش (سودآوری) X۱۶
۲. نسبت کل بدهی‌ها به کل دارایی‌ها (توان پرداخت بدهی‌ها) X۱۴
۳. نسبت دارایی‌های جاری به کل دارایی‌ها (نقدینگی) X۱۸
۴. نسبت فروش به دارایی‌های جاری (کارایی) X۱۹
۵. نسبت هزینه مالی به سود ناخالص (پوشش بهره) X۱۷

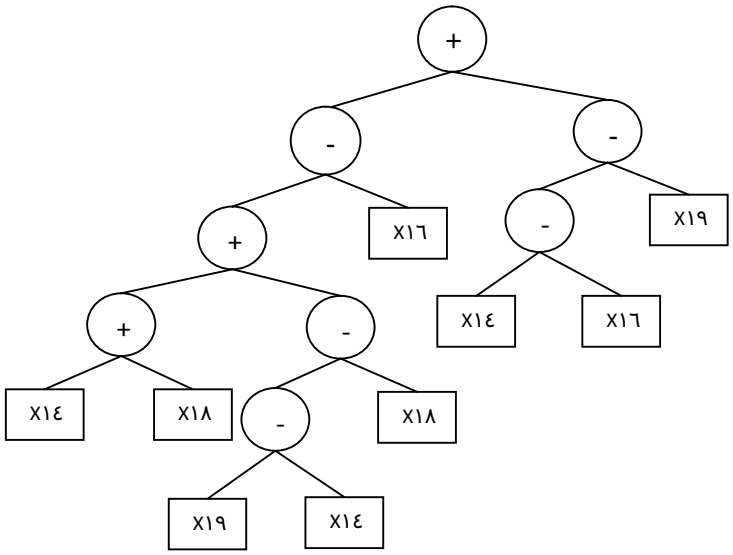
جدول ۳: خلاصه گام‌های انتخاب متغیرها				
مراحل	کد	حد تغییرات	F جهت خروج	Wilks' Lambda
۱	X۱٦	۱.۰۰۰	۷۱.۸۵۸	
۲	X۱٦	.۹۷۳	۷۶.۸۰۴	.۹۸۶
	X۱٤	.۹۷۳	۶.۲۱۲	.۶۹۷
۳	X۱٦	.۸۰۴	۳۵.۶۰۱	.۷۸۷
	X۱٤	.۹۲۵	۸.۷۴۰	.۶۸۱
	X۱۸	.۷۶۶	۶.۲۸۱	.۶۷۱
۴	X۱٦	.۷۷۱	۲۶.۵۰۲	.۷۳۱
	X۱٤	.۸۲۶	۱۲.۲۴۶	.۶۷۵
	X۱۸	.۷۲۴	۸.۵۵۲	.۶۶۱
	X۱۹	.۸۵۱	۴.۷۲۶	.۶۴۶
۵	X۱٦	.۷۳۸	۱۸.۳۳۲	.۷۱۱
	X۱٤	.۸۱۴	۹.۸۴۳	.۶۵۴
	X۱۸	.۷۱۴	۷.۶۵۶	.۶۴۱
	X۱۹	.۸۰۱	۴.۲۴۰	.۶۳۵
	X۱۷	.۷۰۸	۳.۲۱۳	.۶۱۷

مدل پیش‌بینی بحران مالی مبتنی بر الگوریتم ژنتیک خطی و غیرخطی

برای اجرای فرایند الگوریتم ژنتیک و ایجاد مدل پیش‌بینی بحران مالی از نرم‌افزار GeneXproTools ویرایش ۴ استفاده شده است. عملگرهای تقاطع و جهش به ترتیب در سطح ۰.۶ و ۰.۰۶ انتخاب شده‌اند.

هنگامی که نتیجه حاصل از مدل الگوریتم ژنتیک برای یک شرکت، بزرگتر یا مساوی ۰.۵ (ارزش آستانه‌ای) باشد این شرکت در گروه شرکت‌های ورشکسته طبقه‌بندی می‌شود. بالعکس، هنگامی که ارزش حاصل از مدل برنامه‌ریزی ژنتیک کمتر از ۰.۵ است شرکت در گروه غیرورشکسته طبقه‌بندی می‌شود. مقایسه گروه واقعی شرکت‌ها با گروه پیش‌بینی شده توسط مدل الگوریتم ژنتیک دقت مدل را اندازه‌گیری می‌کند.

تصویر ۱ بهترین مدل حاصل از الگوریتم ژنتیک خطی را نشان می‌دهد. این درخت تصمیم معرف یک کروموزم است. نتیجه این درخت برای یک شرکت بایستی با ارزش آستانه‌ای ۰.۵ برای تعیین گروه شرکت، مقایسه شود.

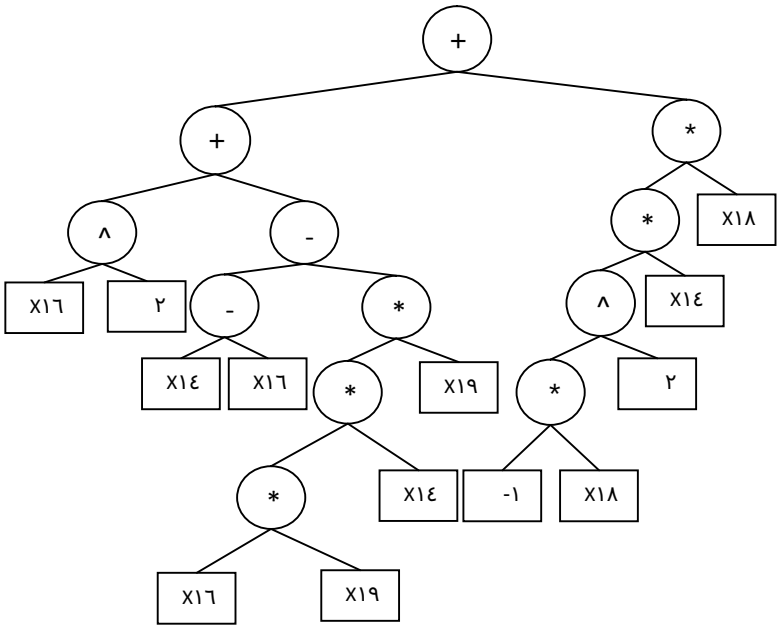


تصویر ۱. بهترین مدل پیش‌بینی بحران مالی یا ورشکستگی حاصل از فرایند الگوریتم ژنتیک خطی

با توجه تصویر ۱، مدل حاصل به صورت زیر قابل ارایه است:

$$Y=X١٤+X١٨+((X١٩+X١٤)-X١٨)-X١٦+((X١٤-X١٦)-X١٩)$$

تصویر ۲. بهترین مدل حاصل از الگوریتم ژنتیک غیرخطی را نشان می‌دهد. این درخت تصمیم معرف یک کروموزم است. نتیجه این درخت برای یک شرکت بایستی با ارزش آستانه‌ای ۰.۵ برای تعیین گروه شرکت، مقایسه شود.



تصویر ۲. بهترین مدل پیش‌بینی بحران مالی یا ورشکستگی حاصل از فرایند الگوریتم ژنتیک غیرخطی

با توجه به تصویر ۲. ، مدل حاصل به صورت زیر قابل ارایه است:

$$Y=(X16)^{2}+(X14-X16-((X16\times X19)\times X14\times X19))+((-X18)^{2}\times X14\times X18)$$

آزمون فرضیه های تحقیق

جهت آزمون فرضیه اول تعداد نمونه آموزشی و تعداد نمونه آزمایشی و تعداد خطاها در این دو نمونه به تفکیک برای شرکت های ورشکسته و غیرورشکسته در مدل الگوریتم ژنتیک خطی در جدول ۴ نشان داده شده است.

جدول ۴. تعداد نمونه و خطاها در مدل الگوریتم ژنتیک خطی

	نمونه آموزشی		**نمونه آزمایشی**	
	تعداد نمونه	تعداد خطاها	تعداد نمونه	تعداد خطاها
غیرورشکسته	۵۳	۱۴	۱۹	۴
ورشکسته	۵۱	۴	۲۱	۴
جمع	۱۰۴	۱۸	۴۰	۸

مدل الگوریتم ژنتیک خطی توانست شرکت‌های موجود در نمونه آموزشی را با دقت کلی ۸۳٪ به صورت صحیح در گروه‌های ورشکسته و غیر ورشکسته طبقه‌بندی نماید. به این صورت که از میان ۱۰۴ شرکت موجود در مجموعه آموزشی، ۸۶ شرکت به صورت صحیح طبقه‌بندی شده‌اند. بررسی نتایج این مدل نشان می‌دهد که مدل الگوریتم ژنتیک خطی در طبقه‌بندی صحیح شرکت‌های ورشکسته در مجموعه آموزشی دارای دقت ۹۲ درصدی است (از میان ۵۱ شرکت ورشکسته در این مجموعه، ۴۷ شرکت به صورت صحیح طبقه‌بندی شده‌اند). همچنین این مدل در طبقه‌بندی صحیح شرکت‌های غیرورشکسته در مجموعه آموزشی دارای دقت ۷۴٪ است (از میان ۵۳ شرکت غیرورشکسته در این مجموعه، ۳۹ شرکت به صورت صحیح طبقه‌بندی شده‌اند).

به منظور بررسی توانایی قدرت تعمیم و پایداری مدل الگوریتم ژنتیک خطی، این مدل بر روی داده‌های مربوط به ۴۰ شرکت موجود در نمونه آزمایشی آزمون شده است. شرکت‌های قرار گرفته در نمونه آزمایشی در فرایند ساخت مدل دخالت نداشته‌اند، بنابراین به درستی می‌توانند جهت آزمون روایی خارجی مدل به کار روند. مدل الگوریتم ژنتیک خطی توانست شرکت‌های موجود در نمونه آزمایشی را با دقت کلی ۸۰٪ به صورت صحیح در گروه‌های ورشکسته و غیرورشکسته طبقه‌بندی نماید. به این صورت که از میان ۴۰ شرکت موجود در مجموعه آزمایشی، ۳۲ شرکت به صورت صحیح طبقه‌بندی شده‌اند. مدل الگوریتم ژنتیک خطی در طبقه‌بندی صحیح شرکت‌های ورشکسته در مجموعه آزمایشی دارای دقت ۸۱ درصدی است (از میان ۲۱ شرکت ورشکسته در این مجموعه، ۱۷ شرکت به صورت صحیح طبقه‌بندی شده‌اند). همچنین این مدل در طبقه‌بندی صحیح شرکت‌های غیرورشکسته در مجموعه آزمایشی دارای دقت ۷۹٪ است (از میان ۱۹ شرکت غیرورشکسته در این مجموعه، ۱۵ شرکت به صورت صحیح طبقه‌بندی شده‌اند).

برای اندازه گیری دقت مدل الگوریتم ژنتیک خطی، ماتریس اغتشاش نتیجه پیش‌بینی مدل الگوریتم ژنتیک خطی در جدول ۵ نشان داده شده است.

جدول ۵. ماتریس اغتشاش نتیجه پیش‌بینی مدل الگوریتم ژنتیک خطی

		واقعی	
		ورشکسته	غیرورشکسته
پیش‌بینی‌شده	ورشکسته	TP=۱۷	FN=۴
	غیرورشکسته	FP=۴	TN=۱۵

بنابراین می‌توان دقت مدل الگوریتم ژنتیک خطی را که در نمونه آزمایشی برابر ۸۰ درصد است را به شیوه زیر محاسبه کرد:

$$\text{دقت مدل الگوریتم ژنتیک خطی} = \frac{TP+TN}{TP+FP+TN+FN} = \frac{۱۷+۱۵}{۱۷+۴+۱۵+۴} = ٪۸۰$$

برای آزمون فرضیه دوم تعداد نمونه آموزشی و تعداد نمونه آزمایشی و تعداد خطاها در این دو نمونه به تفکیک برای شرکت های ورشکسته و غیرورشکسته در مدل الگوریتم ژنتیک غیرخطی در جدول ۶ نشان داده شده است.

جدول ۶. تعداد نمونه و خطاها در مدل الگوریتم ژنتیک غیرخطی

	نمونه آموزشی		**نمونه آزمایشی**	
	تعداد نمونه	تعداد خطاها	تعداد نمونه	تعداد خطاها
غیرورشکسته	۵۳	۲	۱۹	۰
ورشکسته	۵۱	۷	۲۱	۴
جمع	۱۰۴	۹	۴۰	۴

مدل الگوریتم ژنتیک غیرخطی توانست شرکت‌های موجود در نمونه آموزشی را با دقت کلی ۹۱٪ به صورت صحیح در گروه‌های ورشکسته و غیرورشکسته طبقه‌بندی نماید. به این صورت که از میان ۱۰۴ شرکت موجود در مجموعه آموزشی، ۸۵ شرکت به صورت صحیح طبقه‌بندی شده‌اند. بررسی نتایج این مدل نشان می‌دهد که مدل الگوریتم ژنتیک غیرخطی در طبقه‌بندی صحیح شرکت‌های ورشکسته در مجموعه آموزشی دارای دقت ۸۶ درصدی است (از میان ۵۱ شرکت ورشکسته در این مجموعه، ۴۴ شرکت به صورت صحیح طبقه‌بندی شده‌اند). همچنین این مدل در طبقه‌بندی صحیح شرکت‌های غیرورشکسته در مجموعه آموزشی دارای دقت ۹۶٪ است (از میان ۵۳ شرکت غیرورشکسته در این مجموعه، ۵۱ شرکت به صورت صحیح طبقه‌بندی شده‌اند).

به منظور بررسی توانایی قدرت تعمیم و پایداری مدل الگوریتم ژنتیک خطی، این مدل بر روی داده‌های مربوط به ۴۰ شرکت موجود در نمونه آزمایشی آزمون شده‌است. شرکت‌های قرار گرفته در نمونه آزمایشی در فرایند ساخت مدل دخالت نداشته‌اند، بنابراین به درستی می‌توانند جهت آزمون روایی خارجی مدل به کار روند. مدل الگوریتم ژنتیک غیرخطی توانست شرکت‌های موجود در نمونه آزمایشی را با دقت کلی ۹۰٪ به صورت صحیح در گروه‌های ورشکسته و غیرورشکسته طبقه‌بندی نماید. به این صورت که از میان ۴۰ شرکت موجود در مجموعه آزمایشی، ۳۶ شرکت به صورت صحیح طبقه‌بندی شده‌اند. مدل الگوریتم ژنتیک غیرخطی در طبقه‌بندی صحیح شرکت‌های ورشکسته در مجموعه آزمایشی دارای دقت ۸۱ درصدی است (از میان ۲۱ شرکت ورشکسته در این

مجموعه، ۱۷ شرکت به صورت صحیح طبقه‌بندی شده‌اند). همچنین این مدل در طبقه‌بندی صحیح شرکت‌های غیرورشکسته در مجموعه آزمایشی دارای دقت ۱۰۰٪ است (از میان ۱۹ شرکت غیرورشکسته در این مجموعه، تمامی شرکت‌ها به صورت صحیح طبقه‌بندی شده‌اند).

برای اندازه گیری دقت مدل الگوریتم ژنتیک غیرخطی، ماتریس اغتشاش نتیجه پیش‌بینی مدل الگوریتم ژنتیک غیرخطی در جدول ۷ نشان داده شده است.

جدول ۷ ماتریس اغتشاش نتیجه پیش‌بینی مدل الگوریتم ژنتیک غیرخطی

		واقعی	
		ورشکسته	غیرورشکسته
پیش‌بینی‌شده	ورشکسته	TP=۱۷	FN=۰
	غیرورشکسته	FP=٤	TN=۱۹

بنابراین می‌توان دقت مدل الگوریتم ژنتیک غیرخطی را که در نمونه آزمایشی برابر ۹۰ درصد است را به شیوه زیر محاسبه کرد:

$$\text{دقت مدل الگوریتم ژنتیک غیرخطی} = \frac{TP+TN}{TP+FP+TN+FN} = \frac{۱۹+۱۷}{۱۷+۴+۱۹+۰} = ٪۹۰$$

برای آزمون فرضیه سوم این تحقیق، دقت پیش‌بینی مدل‌های مبتنی بر تکنیک‌های الگوریتم ژنتیک خطی و غیرخطی با استفاده از آزمون مک‌نمار[۲۶] مورد مقایسه قرار می‌گیرد. همانطور که مشاهده شد دقت پیش‌بینی مدل ایجاد شده با تکنیک الگوریتم ژنتیک خطی برابر ۸۰ درصد و تکنیک الگوریتم ژنتیک غیرخطی برابر ۹۰ درصد است. حال سوال این است که آیا این تفاوتها بین دقت پیش‌بینی مدل‌های ایجاد شده با این تکنیک‌ها با هم تفاوت معنی‌دار دارند یا خیر. در آزمون مک‌نمار ، نتایج مدل‌های ایجاد شده با همدیگر مقایسه شده تا در مورد وجود تفاوت معنی‌دار در این نتایج تصمیم‌گیری شود. نتایج این آزمون برای آزمون وجود تفاوت معنی‌دار بین نتایج مدل‌های ایجاد شده با استفاده از تکنیک‌های الگوریتم ژنتیک خطی وغیر خطی در جدول ۸ نشان داده شده است.

[۲۶] Mc Nemar Test

جدول ۸. نتایج آزمون مک‌نمار برای تکنیک‌های الگوریتم ژنتیک خطی و شبکه عصبی

GANL & GAL		
	GAL	
GANL	۰	۱
۰	٤٦	۲۳
۱	۱٦	٥۹

Test Statistics[b]	
	GANL & GAL
N	۱٤٤
Chi-Square[a]	.۸۲۱
Asymp. Sig.	.۲۳۷
a. Continuity Corrected	
b. McNemar Test	

نتایج آزمون مک‌نمار برای تکنیک‌های الگوریتم ژنتیک خطی و شبکه عصبی نشان می‌دهد که چون سطح معنی‌داری بیشتر از ۵ درصد است (۰/۲۳۷) در نتیجه تفاوت معنی‌داری بین نتایج الگوریتم ژنتیک خطی و الگوریتم ژنتیک غیرخطی وجود ندارد. اگر چه دقت پیش‌بینی الگوریتم ژنتیک غیرخطی (۹۰ درصد) بیشتر از الگوریتم ژنتیک خطی (۸۰ درصد) است ولی این تفاوت از لحاظ آماری معنی‌دار نیست و بنابراین فرضیه فرعی سوم مبنی بر بیشتر بودن قدرت پیش‌بینی مدل مبتنی بر الگوریتم ژنتیک خطی نسبت به الگوریتم ژنتیک غیرخطی تایید نمی‌شود.

بحث و نتیجه گیری

امروزه با پیشرفت سریع فناوری و تکنولوژی‌های کامپیوتری می‌توان اطلاعات دقیق‌تری نسبت به اطلاعات سنتی در اختیار تصمیم‌گیرندگان قرار داد، تا بتوانند تصمیم‌گیری‌های مناسب‌تری را در خصوص احتمال برگشت سرمایه و یا وقوع بحران مالی قبل از وقوع و تحمل هزینه‌های سنگین اتخاذ نمایند.

الگوهای پیش‌بینی بحران مالی یکی از ابزارهای برآورد وضع آینده شرکت ها می باشد. با بررسی روند مطالعات پیشین مشخص می‌شود که امروزه استفاده از مدل‌های آماری در این زمینه کاهش یافته است و مطالعات اخیر بیشتر تمایل به استفاده از مدل‌های مبتنی بر هوش مصنوعی (شبکه های عصبی، درخت تصمیم گیری، استدلال مبتنی بر موضوع، الگوریتم ژنتیک، مجموعه های سخت، ماشین بردار تکیه گاه و منطق فازی) دارند. یکی از مهمترین دلایلی که موجب اقبال مدل‌های هوش مصنوعی از سوی پژوهش‌گران شده است این است که این مدل‌ها اغلب ناپارامتریک بوده و در بکارگیری آنها نیاز چندانی به فرضیات اولیه و یا اطلاعات مربوط به چگونگی توزیع ویژگی‌های مالی در میان گروه‌های شرکت‌های ورشکسته و غیر ورشکسته نیست.

در این راستا هدف این تحقیق بررسی قدرت پیش‌بینی بحران مالی با استفاده از مدل‌های الگوریتم ژنتیک خطی و الگوریتم ژنتیک غیرخطی و مقایسه آنها بایکدیگر جهت بالا بردن توان تصمیم گیری استفاده کنندگان صورت های مالی در پیش بینی بحران مالی شرکت ها قرار گرفت. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که مدل الگوریتم ژنتیک

خطی با دقت پیش‌بینی ۸۰ درصد و مدل الگوریتم ژنتیک غیرخطی با دقت پیش‌بینی ۹۰ درصد علاوه بر ایجاد نتایج مطلوب در پیش‌بینی وضعیت آتی شرکت‌ها با استفاده از اطلاعات مالی آنها، در طبقه‌بندی شرکت‌ها به گروه شرکت‌های ورشکسته یا گروه شرکت‌های غیرورشکسته نتایج متعادلی ایجاد می‌کنند که قابل‌اطمینان می‌باشند. همچنین نتایج این تحقیق نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین نتایج الگوریتم ژنتیک خطی و غیرخطی وجود ندارد. اگر چه دقت پیش‌بینی الگوریتم ژنتیک غیرخطی از الگوریتم ژنتیک خطی بیشتر است ولی این تفاوت از لحاظ آماری معنی‌دار نیست.

منابع فارسی

۱. پورزمانی، زهرا، کی پور، رضا، نورالدین ،مصطفی، (۱۳۸۹)، "بررسی توانمندی الگوهای پیش بینی کننده بحران مالی(الگوهای مورد مطالعه : الگو های مبتنی بر روشهای سنتی، الگوریتم ژنتیک و شبکه های عصبی)" ، فصلنامه مهندسی مالی و مدیریت پورتفوی،شماره ۴، دانشگاه آزاد اسلامی،صص ۱-۲۸

۲. سازمان بورس اوراق بهادار تهران-شورای بورس، (۱۳۷۸). "مجموعه قوانین و آیین‌نامه‌های بورس اوراق بهادار"، ماده ۷۵ و ۷۶ انحلال شرکت‌ه، چاپ اول

۳. عرب مازار یزدی، محمد، قاسمی مهسا (۱۳۸۸)، " قیمت گذاری عرضه های عمومی اولیه: ترکیب شبکه های عصبی مصنوعی و الگوریتم ژنتیک" فصلنامه بررسی‌های حسابداری و حسابرسی، شماره ۵۸، صص ۸۷-۱۰۲

۴. فرج‌زاده دهکردی، حسن (۱۳۸۴). "کاربرد الگوریتم ژنتیک در الگوبندی پیش‌بینی ورشکستگی"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد حسابداری، دانشکده علوم انسانی دانشگاه تربیت مدرس.

۵. Adnan aziz.M,Humayon A.Da, (۲۰۰۲). “Predicting Corporate Bankruptcy: Where do we Stand”, Department of Economics, Loughborough University, UK.

۶. Altman, E.I., (۱۹۶۸). “Financial Ratios, Discriminate Analysis and the Prediction of Corporate Bankruptcy”, Journal of Finance, ۲۳, ۵۸۹–۶۰۹.

۷. Beaver, W.H., (۱۹۶۶). "Financial Ratios as Predictors of Failure", Journal of Accounting Research ۴, Empirical Research in Accounting: Selected Studies, p. ۷۱-۱۱۱.

۸. Etemadi, H., Rostamy, A., and Dehkordi, H. (۲۰۰۹). "A Genetic Programming Model for Bankruptcy Prediction: Empirical Evidence from Iran", Expert Systems with Applications, ۳۶ (۲), p. ۳۱۹۹–۳۲۰۷.

۹. Grice, John Stephn, Ingram Robert., (۲۰۰۲). “Tests of the Generalizability of Altman’s bankruptcy Prediction Model”, Journal of Busines Research;Vol. ۵۴,Issue ۱:۵۳-۶۱

١٠. Haber, J., (٢٠٠٦), “Theoretical Dvelopment of Bankruptcy Prediction Variables”, the Journal of Theoretical Accounting Research, ٢, ٨٢-١٠١
١١. Huang, S., Tsai, C.-F., Yen, D., and Cheng, Y. (٢٠٠٨). "A Hybrid Financial Analysis Model for Business Failure Prediction", Expert Systems with Applications, ٣٥(٣), p. ١٠٣٤–١٠٤٠.
١٢. Hung, C., and Chen, J., (٢٠٠٩). "A Selective Ensemble Based on Expected Probabilities for Bankruptcy Prediction", Expert Systems with Applications, ٣٦(٣), p. ٥٢٩٧–٥٣٠٣.
١٣. Kawakami ,Becerra ,seada., (٢٠٠٤). ":Ratio Selection for Classification Models",.Data Mining and Knowledge Discovery ,٢٠٠٤: ٨,١٥١-١٧٠.
١٤. Lin, R., Wang, Y. and Wu, C., (٢٠٠٩). "Developing a Business Failure Prediction Model via RST, GRA and CBR", Expert Systems with Applications, ٣٦(٢), p. ١٥٩٣–١٦٠٠.
١٥. McKee, T.E. and Lensberg, T. (٢٠٠٢). “Genetic Programming and Rough Sets: a Hybrid Approach to Bankruptcy Classification”, European Journal of Operational Research, ١٣٨, ٤٣٦-٥١.
١٦. Min, J., and Jeong, C., (٢٠٠٩). "A Binary Classification Method for Bankruptcy Prediction", Expert Systems with Applications, ٣٦(٣), p. ٥٢٥٦–٥٢٦٣.
١٧. Min, J.H., and Lee, Y.C., (٢٠٠٨). "A Practical Approach to Credit Scoring", Expert Systems with Applications, ٣٥(٤), p. ١٧٦٢–١٧٧٠.
١٨. Ravi, V., and Pramodh, C., (٢٠٠٨). "Threshold Accepting Trained Principal Component Neural Network and Feature Subset Selection: Application to Bankruptcy Prediction in Banks", Applied Soft Computing, ٨(٤), p. ١٥٣٩–١٥٤٨.
١٩. Shin, K. and Lee, Y., (٢٠٠٢). “A Genetic Algorithm Application in Bankruptcy Prediction Modeling”, Expert Systems with Applications, ٢٣ (٣), ٣٢١-٨.
٢٠. Sun, J., and Li, H., (٢٠٠٨). "Listed Companies Financial Distress Prediction Based on Weighted Majority Voting Combination of Multiple Classifiers", Expert Systems with Applications, ٣٥(٣), p. ٨١٨–٨٢٧.
٢١. Tsai, C.F., (٢٠٠٩). "Feature Selection in Bankruptcy Prediction", Knowledge-Based Systems, ٢٢, p. ١٢٠–١٢٧.
٢٢. Varetto F., (٢٠٠٩). " Genetic Algorithm Applications in the Analysis of Insolvency Risk", Journal of Banking and Finance ٢٢ (١٩٩٨) ١٤٢١–١٤٣٩
٢٣. Wu, W.W., (٢٠١٠). "Beyond Business Failure Prediction", Expert Systems with Applications, ٣٧(٣), p. ٢٣٧١–٢٣٧٦.

Applying the Linear Genetic Algorithm and Non-linear Genetic to Increasing the Efficiency of Predicting Companies Financial Distress in Capital Market

Abstract

Bankruptcy is event that challenges the social and economic aspects of country. So if we can obtain information about the possibility of bankruptcy before the actual event, economic and social consequences could have reduced or even prevented.

Purpose of this study is investigating financial crisis prediction strength of linear genetic algorithm and non-linear genetic algorithm to increase the ability of decision making for financial statement users to predicate the financial distress. Then, respecting the obtained results these pattern are compared with each other and the best pattern is extracted. Based on available information and statistics, of all companies listed in Tehran Stock Exchange during the period ۱۳۸۹-۱۳۷٦, ۷۲ companies have been subject to Article ۱٤۱ trade law and ۷۲ companies have not been subject to this Article was elected. Results of Mc-Nemar test for linear genetic algorithm and non-linear genetic algorithm showed that although the predictive accuracy of nonlinear genetic algorithm (۹۰%) is more than of the linear genetic algorithms (۸۰%) but this difference is not statistically significant.

Keywords: Financial Distress, Financial Variables, Linear Genetic Algorithms, Non-Linear Genetic Algorithm