

ارائه مدل پیش‌بینی ورشکستگی مبتنی بر الگوریتم ژنتیک در شرکت‌های پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران

مجید گرگی زاده^{۱*}، میثم جعفری پور، حسین دشمن‌زیاری

۱. مربی گروه اقتصاد حسابداری و مدیریت دانشگاه پیام نور

۲. مربی گروه اقتصاد حسابداری و مدیریت دانشگاه پیام نور

۳. کارشناسی ارشد حسابداری

تاریخ دریافت: (۱۳۹۳/۰۳/۱۲) تاریخ پذیرش: (۱۳۹۳/۰۵/۰۲)

Presenting Bankruptcy Prediction Model Based on Genetic Algorithm in Accepted Firms in Tehran Stock Exchange

Majid Gorgizadeh^{1*}, Meisam Jaffaripour², Hossein Doshmanziari³

1. Lecturer Department of Management Economics and Accounting, Payame Noor University

2. Lecturer Department of Management Economics and Accounting, Payame Noor University

3. M.A. Accounting

Received: (2014/06/02) Accepted: (2014/07/24)

Abstract

The purpose of this research is to present a model for the bankruptcy prediction of accepted firms in Tehran stock market one or two years before it happens by using the genetic algorithm. To implement the genetic algorithm, MATLAB software has been used. Statistical society of the research includes the accepted firms in Tehran stock market. In this research, the samples are divided into two groups. The first group involves the calculation of the genetic algorithm and the second one involves credit determination of this model. Informative samples of the research include 150 firms from 1386 until 1390. Also, the experimental samples of the research include 137 firms in 1391 and 247 firms in 1392. The results of this research indicate the fact that the model is able to accurately predict the state of bankruptcy with 97.8 percent of precision about one year before the firm bankruptcy. Moreover, the model is able to predict the state of bankrupt firms two years before their bankruptcy with the precision of 97.9 percent.

Keywords

Bankruptcy Prediction, Genetic Algorithm, Models Predict Accuracy .

چکیده

هدف از انجام این پژوهش، ارائه مدلی برای پیش‌بینی ورشکستگی شرکت‌های پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از الگوریتم ژنتیک برای یک سال و دو سال قبل از ورشکستگی است. جامعه آماری این تحقیق شرکت‌های پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران می‌باشد. در این تحقیق نمونه موردنظر به دو گروه تقسیم شده است. بخش اول برای برآورد مدل الگوریتم ژنتیک و بخش دیگر برای تعیین اعتبار این مدل در نظر گرفته می‌شود. نمونه آموزشی تحقیق ۱۵۰ شرکت (شامل ۵۱ شرکت ورشکسته و ۹۹ شرکت غیرورشکسته) در دوره زمانی ۱۳۸۶-۱۳۹۰ می‌باشد. نمونه آزمایشی تحقیق نیز شامل ۱۳۷ شرکت در سال ۱۳۹۱ و ۲۴۷ شرکت در سال ۱۳۹۲ می‌باشد. نتایج این پژوهش بیانگر این موضوع می‌باشد که این مدل برای یک سال قبل از ورشکستگی با دقت ۹۷/۸ درصد وضعیت شرکت‌های ورشکسته و غیرورشکسته را درست پیش‌بینی می‌کند. همچنین مدل مذکور برای دو سال قبل از ورشکستگی با دقت ۹۷/۹ درصد وضعیت شرکت‌های ورشکسته و غیرورشکسته را درست پیش‌بینی می‌کند.

واژه‌های کلیدی

پیش‌بینی ورشکستگی، الگوریتم ژنتیک، دقت پیش‌بینی مدل.

مقدمه

مساله ورشکستگی و عدم موفقیت شرکت‌ها به‌عنوان یک پدیده نامطلوب مالی، همواره مشکلی درخور تأمل بوده است. از اواسط قرن نوزدهم و با توجه به پیشرفت سریع فناوری، تغییرات وسیع محیطی و افزایش رقابت بین شرکت‌ها، احتمال ورشکستگی شرکت‌ها افزایش یافته است. از طرف دیگر با ظهور شرکت‌های سهامی و افزایش نیاز شرکت‌ها به تأمین مالی از طریق منابع خارج از شرکت، نیاز به ارزیابی اوضاع مالی شرکت‌ها توسط سرمایه‌گذاران و وام‌دهندگان به شرکت‌ها افزایش یافت تا بتوانند با اطمینان بیشتری نسبت به سرمایه‌گذاری در آن شرکت‌ها اقدام کنند. کلیه بنگاه‌های اقتصادی جهت نیل به اهداف عالی و کسب موفقیت، برنامه‌ریزی کرده و فعالیت‌های خود را در جهت دستیابی به آنها متمرکز می‌نمایند. در این مسیر، برخی از شرکت‌ها دست به انتخاب راه‌های پرمخاطره می‌زنند که در بسیاری از موارد با توجه به در نظر نگرفتن کامل جوانب، به ورشکستگی آنها منجر می‌شود. در این میان نکته‌ای که کمتر مورد توجه قرار می‌گیرد، غیرمنتظره بودن ورشکستگی است از سوی دیگر ورشکستگی را نمی‌توان به هر شرکتی که تداوم فعالیت ندارد نسبت داد، زیرا برخی از این قبیل شرکت‌ها با وجود عدم تداوم فعالیت به اهداف خود دست یافته‌اند و عوامل دیگری نظیر شرایط سیستم اقتصادی، رقابت و تغییرات در تقاضای عمومی باعث ورشکستگی شرکت‌ها می‌شود. هرچه ورشکستگی زودتر پیش‌بینی شود، امکان جلوگیری از آن بیشتر است و با راه‌حل‌های ساده‌تری می‌توان از وقوع آن اجتناب کرد. نگرانی‌های منطقی سرمایه‌گذاران از بازگشت اصل و سود سرمایه‌هایشان و پیامدها و هزینه‌هایی که مساله ورشکستگی می‌تواند برای شرکت‌ها و اقتصاد کشور و سایر افراد و نهادها ایجاد کند، سبب شده است که در سراسر جهان تحقیقات وسیعی در شناخت ورشکستگی و روش‌های پیش‌بینی آن انجام شود. اگر بتوان ورشکستگی شرکت‌ها را شناسایی و از طریق مدلی احتمال وقوع آن را پیش‌بینی کرد و پس از آن به علت‌یابی و استفاده از روش‌های حل مساله به اصلاح امور شرکت‌ها پرداخت، می‌توان از به‌هدر رفتن ثروت در قالب سرمایه‌های فیزیکی و انسانی و آثار آن جلوگیری کرد. علاوه بر آن، چنین مدلی می‌تواند راهنمای خوبی برای تصمیم‌گیرندگان و سرمایه‌گذاران باشد (فلاح‌پور و راعی، ۱۳۸۳).

یکی از مهمترین ابزارهایی که امروزه در جهت پیش‌بینی وضعیت آینده شرکت‌ها استفاده می‌شود، مدل‌های پیش‌بینی است. با استفاده از این مدل‌ها، اعتباردهندگان، سرمایه‌گذاران و مدیران شرکت‌ها قادر خواهند بود ورشکستگی شرکت‌ها را قبل از وقوع آن پیش‌بینی کنند. سپس با توجه به نتایج حاصل از این مدل‌ها، اقدامات لازم جهت جلوگیری از زیان را انجام دهند. هدف از انجام این پژوهش، ارائه مدلی برای پیش‌بینی ورشکستگی شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از الگوریتم ژنتیک برای یک سال و دو سال قبل از ورشکستگی است.

پیشینه پژوهش

بیور^۱ (۱۹۶۶) اولین کسی بود که برای پیش‌بینی ورشکستگی شرکت‌ها از روش‌های آماری و نسبت‌های مالی استفاده کرد. مدل او قادر بود در ۷۸ درصد موارد، پیش‌بینی درستی در ۵ سال قبل از ورشکستگی ارائه دهد.

آلتمن^۲ (۱۹۶۸) با انتخاب ۲۲ نسبت مالی و تجزیه و تحلیل آنها به‌وسیله روش آماری تحلیل تشخیصی چندگانه، تابع-Z "Score" را ارائه کرد که از پنج نسبت مالی تشکیل شده بود. دقت مدل آلتمن برای سال قبل از ورشکستگی، حدود ۹۵ درصد و برای دو سال قبل از ورشکستگی حدود ۸۳ درصد بود. وارتنو^۳ (۱۹۹۸)، در تحقیقی با عنوان «کاربردهای الگوریتم ژنتیک در تجزیه و تحلیل خطر ورشکستگی» از الگوریتم ژنتیک برای پیش‌بینی ورشکستگی استفاده کرد. نتایج این تحقیق بیانگر دقت پیش‌بینی، ۹۳ درصد یک سال قبل از ورشکستگی و ۹۱/۶ درصد برای دو سال قبل از ورشکستگی است.

شاه و مرتضی^۴ (۲۰۰۰) با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی برای پیش‌بینی ورشکستگی مدلی را ارائه دادند. آنها از هشت نسبت مالی استفاده کردند و دقت پیش‌بینی این مدل ۷۳ درصد بود.

سارکر و اسریرام^۵ (۲۰۰۱) برای اولین بار از شبکه‌های بیز برای پیش‌بینی ورشکستگی استفاده کردند. آنها در این پژوهش

1. Beaver
2. Altman
3. Varetto
4. Shah, J.R, Murtaza
5. Sarkar & Sriram

مبتنی بر الگوریتم ژنتیک است.

فرضیه‌های پژوهش

فرضیه اول تحقیق به شرح زیر است:

پیش‌بینی ورشکستگی از طریق مدل مبتنی بر الگوریتم ژنتیک در شرکت‌های پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران برای یک سال قبل از ورشکستگی امکان‌پذیر است.

فرضیه دوم این تحقیق به شرح زیر است:

پیش‌بینی ورشکستگی از طریق مدل مبتنی بر الگوریتم ژنتیک در شرکت‌های پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران برای دو سال قبل از ورشکستگی امکان‌پذیر است.

روش پژوهش

تحقیق جاری از منظر روش جمع‌آوری داده‌ها از نوع تحقیقات همبستگی به شمار می‌آید. متغیرهای وابسته و مستقل این تحقیق عبارت‌اند از:

متغیر وابسته جهت تفکیک شرکت‌های ورشکسته و غیرورشکسته، ماده ۱۴۱ قانون تجارت است. در این تحقیق متغیرهای مستقل شامل ۲۴ نسبت مالی است که با توجه به نتایج تحقیقات انجام‌شده در زمینه پیش‌بینی ورشکستگی انتخاب شده‌اند. در انتخاب متغیرها سعی شده است که متغیرهایی که در تحقیقات داخلی به‌عنوان متغیرهای مؤثر در پیش‌بینی ورشکستگی شناخته شده‌اند استفاده شود چرا که بسیاری از نسبت‌های مالی شناخته شده در تحقیقات خارجی عوامل پیش‌بینی‌کننده مناسبی برای شرکت‌های داخلی شناخته نشده‌اند و با شرایط شرکت‌های داخلی مطابقت ندارند. نسبت‌های مورد استفاده برای ایجاد مجموعه متغیرهای اولیه به شرح زیر هستند:

از دو مدل متفاوت، یکی مدل ساده بیز و دیگری مدل پیچیده بیز استفاده کردند. نتایج پژوهش نشان داد مدل ساده بیز با ۸۰ درصد اطمینان وضعیت ورشکستگی و با ۹۱ درصد اطمینان وضعیت عدم ورشکستگی و مدل پیچیده بیز با ۸۸ درصد اطمینان وضعیت ورشکستگی و با ۹۳ درصد اطمینان وضعیت عدم ورشکستگی را درست پیش‌بینی کرده‌اند (آفارو، ۲۰۰۸). آفارو (۲۰۰۸) و همکاران برای پیش‌بینی ورشکستگی مالی شرکت‌ها به بررسی دو مدل الگوریتم آدابوست و شبکه‌های عصبی مصنوعی پرداختند. نتایج این پژوهش نشان داد الگوریتم آدابوست نسبت به شبکه‌های عصبی مصنوعی عملکردی بهتر دارد، توان پیش‌بینی این روش ۹۱٫۱ درصد بود (کومار و راوی، ۲۰۰۷).

یاری‌فرد (۱۳۸۲) به بررسی مدل‌های پیش‌بینی ورشکستگی (مدل‌های فولمر و اسپرینگت و زمیجوسکی) در بورس اوراق بهادار تهران پرداخت. نتایج پژوهش نشان داد که برای یک سال قبل از ورشکستگی مدل فولمر با اطمینان ۹۰ درصد، مدل اسپرینگت با اطمینان ۷۶ درصد و مدل زمیجوسکی با اطمینان ۷۱ درصد شرکت‌های ورشکسته را درست پیش‌بینی نمودند.

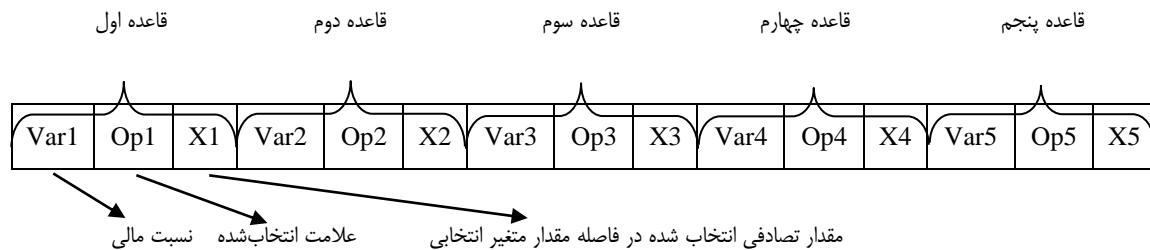
فلاح‌پور و راعی (۱۳۸۳) به بررسی کاربرد ماشین بردار پشتیبان در پیش‌بینی درماندگی مالی شرکت‌ها با استفاده از نسبت‌های مالی پرداختند و این روش را با رگرسیون لجستیک مقایسه کردند. نتایج این پژوهش نشان داد که در پیش‌بینی درماندگی مالی شرکت‌ها مدل ماشین بردار پشتیبان نسبت به مدل لجستیک به‌طور معنی‌داری از دقت کلی بیشتری برخوردار است و این مدل توانایی بالاتری نیز در تعمیم‌پذیری دارد.

بنابراین، با توجه به مطالب یادشده، هدف اصلی این پژوهش بررسی امکان‌پذیر بودن ورشکستگی شرکت‌ها با کمک مدل

جدول ۱. نسبت‌های مورد استفاده

X1 = بدهی‌های جاری / EBIT	X9 = دارایی‌های ثابت / فروش	X17 = کل دارایی‌ها / دارایی‌های جاری
X2 = کل بدهی‌ها / بدهی‌های جاری	X10 = کل دارایی‌ها / فروش	X18 = کل دارایی‌ها / وجه نقد
X3 = سود ناخالص / هزینه‌های مالی	X11 = کل دارایی‌ها / سود و زیان انباشته	X19 = هزینه‌های مالی / EBIT
X4 = نسبت آبی	X12 = اندازه شرکت (دارایی‌های شرکت) / log	X20 = فروش / سود خالص
X5 = فروش / سود قبل از بهره و مالیات	X13 = بدهی‌های جاری / دارایی‌های جاری	X21 = فروش / سود ناخالص
X6 = حقوق صاحبان سهام / سود انباشته	X14 = کل دارایی‌ها / حقوق صاحبان سهام	X22 = حقوق صاحبان سهام / سود خالص
X7 = فروش / دارایی‌های جاری	X15 = کل دارایی‌ها / کل بدهی‌ها	X23 = کل دارایی‌ها / سود خالص
X8 = کل دارایی‌ها / بدهی‌های بلندمدت	X16 = کل دارایی‌ها / سرمایه در گردش	X24 = کل دارایی‌ها / EBIT

نهایی را از نرم‌افزار استخراج کرد. در این تحقیق برای ساخت این مدل از نرم‌افزار MATLAB استفاده شده است. کروموزوم مورد طراحی در این تحقیق شامل ۵ قاعده است و هر قاعده شامل ۳ ژن است. لذا کروموزوم مورد استفاده در این مدل را می‌توان به صورت زیر نشان داد:



شکل ۱. نمایی از کروموزوم طراحی شده به وسیله مدل الگوریتم ژنتیک

عملگر جهش (Mutation)، از تابع جهش یکنواخت (Mutation uniform) استفاده شده است. مرحله آخر قبل از اجرای الگوریتم، مشخص کردن شرط توقف الگوریتم است. به عبارت دیگر باید بیان شود که الگوریتم تحت وقوع چه شرایطی باید متوقف شود. در مدل مورد طراحی توقف الگوریتم با رخداد یکی از دو مورد زیر به وقوع می‌پیوندد:

(۱) بهترین کروموزوم پس از چند بار اجرای الگوریتم تغییر نکند.

(۲) الگوریتم به تعداد ۱۰۰۰ بار تکرار شود.

جامعه، نمونه آماری و دوره زمانی پژوهش

جامعه آماری این تحقیق شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران است.

در این تحقیق نمونه مورد نظر به دو گروه تقسیم شده است. بخش اول برای برآورد مدل الگوریتم ژنتیک (آموزشی) و بخش دیگر برای تعیین اعتبار این مدل (آزمایشی) در نظر گرفته می‌شود. مجموعه آموزشی که برای ساخت مدل مورد استفاده قرار می‌گیرد شامل ۱۵۰ شرکت (۵۱ شرکت ورشکسته و ۹۹ شرکت غیر ورشکسته) است. (طی دوره ۱۳۹۰-۱۳۸۶). برای یک سال قبل از ورشکستگی (۱۳۹۱) شامل ۱۳۷ شرکت و برای دو سال قبل از ورشکستگی (۱۳۹۲) شامل ۲۴۷ شرکت، جهت بررسی روایی و میزان قابلیت تعمیم مدل در نظر گرفته شده است.

پیاده‌سازی مدل با استفاده از الگوریتم ژنتیک نیازمند استفاده از یک نرم‌افزار است تا با وارد کردن داده‌های تحقیق که همان نسبت‌های مالی شرکت‌های نمونه مورد مطالعه هستند، به‌عنوان ورودی نرم‌افزار و ارائه مشخصات نهایی مورد نظر و نحوه کارکرد عملگرهای ژنتیک و تابع برازش بتوان مدل

- در این تحقیق کدگذاری به صورت باینری (دودویی) انجام شده است و جواب‌های ممکن به صورت دودویی بیان شده‌اند.
 - برای «وضعیت ورشکستگی» مقدار یک و برای «وضعیت غیرورشکستگی» مقدار صفر در نظر گرفته شده است.
 - برای علامت «کوچک‌تر از» مقدار یک و برای علامت «بزرگ‌تر از» مقدار صفر در نظر گرفته شده است.
 - تعداد کروموزوم‌های موجود در هر نسل در این الگوریتم برابر با ۵۰۰ در نظر گرفته شده است.
- لازم به توضیح است که برای انتخاب شرکت‌های ورشکسته ابتدا شرکت‌هایی که دارای زیان انباشته بوده را تعیین کرده و سپس نسبت زیان انباشته به سرمایه، برای تک‌تک آنها محاسبه شد. شرکت‌هایی که این نسبت برای آنها بیش از ۵۰ درصد بود، به‌عنوان شرکت‌های ورشکسته انتخاب شدند. پس از بررسی ترکیب‌های مختلف تابع برازش مدل پیشنهادی به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\text{Fitness Function} = \frac{X}{Y} * 100$$

X = تعداد شرکت‌های ورشکسته و غیرورشکسته‌ای که مدل درست پیش‌بینی کرده است

Y = تعداد کل شرکت‌های ورشکسته و غیرورشکسته

جهت تعیین پارامترهای مدل از TOOL BOX نرم‌افزار MATLAB استفاده شده است.

برای عملگر انتخاب در این تحقیق از تابع Uniform، برای عملگر تقاطع (Crossover) از تابع Scattered و برای

در دسترس باشد.

یافته‌های پژوهش

اجرای مدل الگوریتم ژنتیک

پس از ۵۰۰ بار اجرای الگوریتم، کروموزوم به دست آمده توسط مدل و همچنین بیشترین مقدار تابع برازش تغییری نکرد. کروموزوم به دست آمده در این مرحله به صورت زیر نمایش داده شده است:

X۱۵	>	.۹۱۹	X۲۳	<	-.۰۰۹	X۲۴	<	-.۰۲۳	X۱۱	<	-.۰۴۲	X۱۴	<	.۰۸۱
-----	---	------	-----	---	-------	-----	---	-------	-----	---	-------	-----	---	------

شکل ۲. کروموزوم به دست آمده از اجرای مدل الگوریتم ژنتیک

طبقه‌بندی کند. این مدل از میان ۱۵۰ شرکت موجود در نمونه تحقیق، توانست ۱۲۷ مورد را به درستی طبقه‌بندی کند.

آزمون فرضیه اول

به منظور بررسی اعتبار مدل در پیش‌بینی ورشکستگی برای یک سال قبل از ورشکستگی، ۱۳۷ شرکت موجود در نمونه آزمایشی سال ۱۳۹۱ (یک سال قبل از ورشکستگی) مورد بررسی قرار گرفت. مدل الگوریتم ژنتیک پیشنهادی توانست شرکت‌های موجود در نمونه آزمایشی سال ۱۳۹۱ را با دقت ۹۷/۸ درصد به درستی در دو گروه ورشکسته و غیرورشکسته پیش‌بینی کند. به عبارت دیگر مدل از میان ۱۱ شرکت ورشکسته ۸ شرکت و از میان ۱۲۶ شرکت غیر ورشکسته تمامی آنها را (۱۲۶ شرکت) به طور صحیح پیش‌بینی کند. جدول زیر بیانگر این موضوع است.

جدول ۲. نتایج حاصل از مدل برای یک سال قبل از ورشکستگی

	درصد صحیح طبقه‌بندی	مجموع	تعداد صحیح طبقه‌بندی	تعداد	وضعیت ورشکستگی*
نمونه آموزشی	۸۵	۱۵۰	۱۲۷	۵۱	۱
				۹۹	۰
	درصد صحیح پیش‌بینی	مجموع	تعداد صحیح پیش‌بینی	تعداد	وضعیت ورشکستگی
نمونه آزمایشی	۹۷/۸	۱۳۷	۱۳۴	۱۱	۱
				۱۲۶	۰

* وضعیت ۱ مربوط به شرکت‌های ورشکسته و وضعیت ۰ مربوط به شرکت‌های غیر ورشکسته است.

برای انتخاب شرکت‌های نمونه از روش حذف سیستماتیک استفاده شده است. به این ترتیب که از بین اعضای جامعه تنها شرکت‌هایی انتخاب شدند که دارای شرایط زیر بودند:

- دوره مالی شرکت‌های نمونه منتهی به پایان اسفند ماه باشد.
- نمونه شامل شرکت‌های سرمایه‌گذاری و واسطه‌گری و نهادهای پولی و مالی نباشد.
- اطلاعات مورد نیاز تحقیق طی دوره زمانی مذکور موجود و

بنابراین جواب به دست آمده در این مرحله به عنوان جواب نهایی مدل پیش‌بینی ورشکستگی به دست می‌آید:

در صورتی که $X15 > .919$ و $X23 < -.009$ و $X24 < -.023$ و $X11 < -.042$ و $X14 < .081$ باشد، شرکت ورشکسته و در غیر این صورت شرکت غیرورشکسته خواهد بود.

متغیر X11 نسبت سود و زیان انباشته به کل دارایی‌ها است.

متغیر X14 نسبت حقوق صاحبان سهام به کل دارایی‌ها است.

متغیر X15 نسبت کل بدهی‌ها به کل دارایی‌ها است.

متغیر X23 نسبت سود خالص به کل دارایی‌ها است.

متغیر X24 نسبت سود قبل از بهره و مالیات به کل دارایی‌ها است.

کروموزوم بدست آمده از اجرای مدل پیشنهادی الگوریتم ژنتیک توانست شرکت‌های موجود در نمونه آموزشی را با دقت ۸۵٪ به صورت صحیح در دو گروه ورشکسته و غیرورشکسته

در جدول ۳ نام شرکتهایی که در سال ۱۳۹۱ ورشکسته شده‌اند آورده شده است. همچنین مقدار متغیرهای مستقل مشخص شده است. ستون آخر این جدول بیانگر نتایج حاصل از پیش‌بینی مدل است.

جدول ۳. نتایج حاصل از پیش‌بینی مدل برای یک سال قبل از ورشکستگی

نام شرکت	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	x11	x12	صحت‌مدل
اتمسفر	0.05	-0.52	0.97	0.37	0.07	-1.96	1.23	0	3.72	0.65	-0.29	5.42	اشتباه
بلبرینگ ایران	-0.01	-1.46	0.95	0.23	-0.04	1.62	1.82	0	3.79	0.48	-1.37	5.12	صحیح
پارسیلون	-0.07	2.45	0.97	0.11	-1.43	1.28	4	0	0.33	0.14	-2.84	5.4	صحیح
تولیدی بهمن	-0.01	-14.12	0.99	0.09	-0.03	1.06	0.83	0	2.65	0.81	-2.31	5.49	صحیح
غذایی مشهد	0.33	0	1	0.46	1.97	3.67	0.74	0	10.42	1.05	-1.54	4.64	اشتباه
قند شیروان قوچان	-0.02	-1.15	0.93	0.33	-0.02	6.41	0.86	0	4.81	0.92	-0.09	5.36	صحیح
کابل تک	-0.02	-2.37	0.98	0.4	-0.02	16.87	0.9	0	4.67	0.89	-0.08	5.1	صحیح
کمپرسور ایران	-0.16	-116.6	1	0.22	-9.47	2.7	36.72	0	0.14	0.02	-1.03	4.97	صحیح
ناب	-0.05	-0.04	0.94	0.59	-0.07	0.06	0.84	0	9.55	1.01	0.01	5.79	اشتباه
نساجی خوی	-0.2	-2.37	0.8	0.37	-2.26	1.64	6.35	0.27	0.27	0.09	-0.5	5.36	صحیح
نساجی قائم‌شهر	-0.17	0.67	0.94	0.01	-0.93	2.53	0.2	0	1.19	0.95	-11.33	4.41	صحیح

ادامه جدول ۳. نتایج حاصل از پیش‌بینی مدل برای یک سال قبل از ورشکستگی

نام شرکت	x13	x14	x15	x16	x17	x18	x19	x20	x21	x22	x23	x24	صحت مدل
اتمسفر	0.97	0.15	0.85	-0.02	0.8	0.02	-1.14	0.01	0.11	0.04	0.01	0.04	اشتباه
بلبرینگ ایران	0.49	-0.84	1.84	-0.9	0.86	0.02	0.1	-0.39	0.25	0.22	-0.19	-0.02	صحیح
پارسیلون	0.18	-2.22	3.22	-2.55	0.57	0	0.88	-3.06	-0.66	0.2	-0.43	-0.2	صحیح
تولیدی بهمن	0.2	-2.18	3.34	-2.62	0.67	0.01	0.06	-0.5	0.03	0.19	-0.41	-0.02	صحیح
غذایی مشهد	0.55	-0.42	1.42	-0.64	0.78	0.2	-4.89	0.16	0.17	-0.42	0.17	0.47	اشتباه
قند شیروان قوچان	0.84	-0.01	1.01	-0.15	0.8	0.02	0.26	-0.09	0.06	6.09	-0.09	-0.02	صحیح
کابل تک	0.81	0.071	1	-0.19	0.8	0.01	0.2	-0.11	0.04	19.84	-0.1	-0.02	صحیح
کمپرسور ایران	0.6	-0.38	1.38	-0.55	0.83	0.07	11.4	-10.3	0.01	0.61	-0.23	-0.21	صحیح
ناب	1.4	0.23	0.65	0.24	0.85	0.04	1.23	0.12	0.25	0.65	0.12	-0.01	اشتباه
نساجی خوی	0.56	-0.3	1.3	-0.45	0.58	0.02	4.79	-2.74	0.2	0.83	-0.25	-0.21	صحیح
نساجی قائم‌شهر	0.04	-4.47	5.47	-4.98	0.19	0.01	3.73	-1.18	-0.37	0.25	-1.12	-0.88	صحیح

همان‌گونه که قبلاً بیان شد، برای «وضعیت ورشکستگی» مقدار یک و برای «وضعیت غیر ورشکستگی» مقدار صفر در نظر گرفته شده است. همچنین بیان شد در صورتی که $0.919 > x_{15}$ و $-0.09 < x_{23}$ و $-0.23 < x_{24}$ و $-0.42 < x_{11}$ و $0.81 < x_{14}$ باشد، شرکت ورشکسته و در غیر این صورت شرکت غیر ورشکسته خواهد بود. جدول ۴ وضعیت ۸ شرکت ورشکسته‌ای که مدل به صورت صحیح پیش‌بینی کرده است را نشان می‌دهد.

همان‌گونه که قبلاً بیان شد، برای «وضعیت ورشکستگی» مقدار یک و برای «وضعیت غیر ورشکستگی» مقدار صفر در نظر گرفته شده است. همچنین بیان شد در صورتی که $0.919 > x_{15}$ و $-0.09 < x_{23}$ و $-0.23 < x_{24}$ و $-0.42 < x_{11}$ و $0.81 < x_{14}$ باشد، شرکت ورشکسته و در غیر این صورت شرکت غیر ورشکسته خواهد بود. جدول ۴ وضعیت ۸ شرکت ورشکسته‌ای که مدل به صورت صحیح پیش‌بینی کرده است را نشان می‌دهد.

جدول ۴. وضعیت شرکت‌های ورشکسته‌ای که مدل به‌طور صحیح پیش‌بینی کرده است

نام شرکت	تعداد قوانین درست	x15>0.9192	x23<-0.0093	x24<0.0227	x11<-0.0417	x14<0.808
بلبرینگ ایران	5	1	1	1	1	1
پارسیلون	5	1	1	1	1	1
تولیدی بهمن	5	1	1	1	1	1
قند شیروان قوچان	5	1	1	1	1	1
کابل تک	5	1	1	1	1	1
کمپرسور ایران	5	1	1	1	1	1
نساجی خوی	5	1	1	1	1	1
نساجی قائم‌شهر	5	1	1	1	1	1

آزمون فرضیه دوم

۱۳۹۲ را با دقت ۹۷/۹ درصد به‌درستی در دو گروه ورشکسته و غیرورشکسته پیش‌بینی کند.

به عبارت دیگر مدل توانست از میان ۲۳ شرکت ورشکسته ۱۸ شرکت و از میان ۲۲۴ شرکت غیر ورشکسته، تمامی آن‌ها را به‌طور صحیح پیش‌بینی کند. این نتایج در جدول ۵ مشخص شده است.

همچنین به‌منظور بررسی اعتبار مدل طراحی‌شده در پیش‌بینی ورشکستگی برای دو سال قبل از ورشکستگی، ۲۴۷ شرکت موجود در نمونه آزمایشی سال ۱۳۹۲ (دو سال قبل از ورشکستگی) مورد بررسی قرار گرفت. مدل الگوریتم ژنتیک پیشنهادی توانست شرکت‌های موجود در نمونه آزمایشی سال

جدول ۵. نتایج حاصل از مدل برای دو سال قبل از ورشکستگی

درصد صحیح طبقه‌بندی	مجموع	تعداد صحیح طبقه‌بندی	تعداد	وضعیت ورشکستگی
۸۵	۱۵۰	۱۲۷	۵۱	نمونه آموزشی
			۹۹	
درصد صحیح پیش‌بینی	مجموع	تعداد صحیح پیش‌بینی	تعداد	وضعیت ورشکستگی
۹۷/۹	۲۴۷	۲۴۲	۲۳	نمونه آزمایشی
			۲۲۴	

مشخص شده است. ستون آخر این جدول بیانگر نتایج حاصل از پیش‌بینی مدل است.

در جدول زیر نام شرکت‌هایی که در سال ۱۳۹۲ ورشکسته شده‌اند آورده شده‌اند. همچنین مقدار متغیرهای مستقل

جدول ۶. نتایج حاصل از پیش‌بینی مدل برای دو سال قبل از ورشکستگی

نام شرکت	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	x11	x12	صحت مدل
اشناد ایران	-0.03	0.93	-0.35	0.39	-0.05	-17.11	1.09	0.07	1.80	0.60	-0.26	5.07	اشتباه
آذر آب	-0.13	0.87	-0.66	1.01	-0.24	-1.29	2.28	0.12	9.62	0.41	-0.13	6.20	اشتباه
آلومینیوم ایران	-0.22	0.70	-3.36	0.25	-0.22	-1.95	0.59	0.28	1.13	0.66	-0.09	6.67	صحیح
آلومینیوم پارس	-0.31	0.92	2.44	0.17	-0.75	1.20	0.89	0.11	1.09	0.55	-0.53	6.01	صحیح
بلبرینگ ایران	-0.21	0.95	-2.32	0.15	-1.00	1.46	2.11	0.10	3.67	0.42	-1.58	5.14	صحیح
بهپاک	-0.25	1.00	-3.45	0.30	-0.22	1.24	0.29	0.00	36.49	1.66	-0.57	5.89	صحیح
تکسرام	-0.09	0.94	-33.58	0.32	-0.14	-1.32	0.96	0.05	1.20	0.53	-0.16	5.29	اشتباه
روغن نباتی جهان	-0.24	0.99	3.90	0.14	-1.18	1.26	1.05	0.02	0.47	0.31	-0.72	5.99	صحیح
صنایع نساجی	-0.29	0.44	-0.59	0.14	-0.48	1.18	1.33	1.25	3.74	0.61	-1.48	4.35	صحیح
صنعتی دریایی (صدرا)	-0.16	0.91	0.48	0.64	-1.77	-2.08	9.62	0.09	0.35	0.08	-0.14	6.88	صحیح
غذایی مشهد	-0.07	1.00	8.87	0.19	-0.13	3.32	0.59	0.00	6.56	1.02	-2.55	4.44	صحیح
قند شیروان	-0.27	0.75	-5.04	0.44	-0.25	1.58	0.76	0.29	3.68	0.95	-0.27	5.26	صحیح
کابل سازی تک	-0.30	0.98	7.22	0.17	-0.46	1.35	0.63	0.02	1.91	0.85	-0.48	4.90	صحیح
کاشی سعدی	0.29	0.53	-0.09	0.82	0.28	-2.14	1.33	0.41	1.49	0.49	-0.26	5.42	اشتباه
گاز لوله	-0.47	0.67	-11.65	0.86	-1.26	-3.59	2.50	0.30	1.99	0.23	-0.29	5.82	صحیح
گرانیت بهسرام	-0.22	0.94	-1.45	0.32	-0.40	-7.38	1.32	0.05	1.46	0.49	-0.22	5.49	صحیح
لوله و تجهیزات سدید	-0.25	0.99	-1.39	0.57	-0.26	3.47	0.90	0.02	7.45	0.96	-0.08	6.27	صحیح
ماشین‌سازی اراک	-0.05	0.88	-0.59	0.65	-0.06	-9.33	1.07	0.12	7.44	0.79	-0.27	6.27	اشتباه
ملی سرب و روی ایران	-0.37	0.88	0.60	0.17	-0.76	6.63	0.94	0.12	0.89	0.47	-0.52	5.36	صحیح
ناب	-0.19	0.90	-4.09	0.78	-0.76	2.05	3.41	0.11	2.52	0.26	-0.27	5.20	صحیح
نساجی بابکان	-0.20	0.97	-5.51	0.05	-0.71	1.17	0.50	0.10	1.87	0.96	-2.82	4.94	صحیح
نساجی مازندران	-0.19	0.44	-4.16	0.10	-0.74	1.31	0.63	1.84	0.65	0.37	-3.03	5.35	صحیح
نورد و لوله اهواز	-0.24	0.99	1.16	0.11	-0.72	1.06	0.57	0.04	4.30	1.22	-2.80	5.88	صحیح

ادامه جدول ۶. نتایج حاصل از پیش‌بینی مدل برای دو سال قبل از ورشکستگی

نام شرکت	x13	x14	x15	x16	x17	x18	x19	x20	x21	x22	x23	x24	صحت مدل
اشناد ایران	0.72	0.01	0.99	-0.26	0.66	0.03	0.77	0.01	0.17	0.46	0.01	-0.03	اشتباه
آذر آب	1.19	0.10	0.90	0.15	0.93	0.01	2.74	-0.15	0.13	-0.62	-0.06	-0.10	اشتباه
آلومینیوم ایران	0.59	0.05	0.95	-0.28	0.39	0.03	5.11	-0.18	0.01	-2.47	-0.12	-0.15	صحیح
آلومینیوم پارس	0.37	-0.44	1.44	-0.83	0.49	0.01	2.54	-0.45	-0.12	0.57	-0.25	-0.41	صحیح
بلبرینگ ایران	0.44	-1.08	2.08	-1.11	0.88	0.02	2.50	-0.60	0.17	0.23	-0.25	-0.42	صحیح
بهپاک	0.33	-0.46	1.46	-0.97	0.49	0.01	1.40	-0.06	0.05	0.23	-0.11	-0.37	صحیح
تکسرام	0.61	0.12	0.88	-0.32	0.51	0.01	1.66	-0.06	0.00	-0.25	-0.03	-0.08	اشتباه
روغن نباتی جهان	0.21	-0.57	1.57	-1.23	0.33	0.00	1.95	-0.57	-0.16	0.31	-0.18	-0.37	صحیح
صنایع نساجی	0.80	-1.25	2.25	-0.20	0.80	0.01	4.09	-0.37	0.20	0.18	-0.22	-0.29	صحیح
صنعتی دریایی (صدرا)	0.87	0.07	0.93	-0.11	0.73	0.02	3.33	-1.24	-1.10	-1.40	-0.09	-0.13	صحیح
غذایی مشهد	0.34	-0.77	1.77	-1.16	0.60	0.00	1.51	-0.04	-0.01	0.06	-0.04	-0.13	صحیح
قند شیروان	0.83	-0.17	1.17	-0.15	0.73	0.03	2.67	-0.16	0.02	0.89	-0.15	-0.24	صحیح
کابل سازی تک	0.40	-0.36	1.36	-0.80	0.54	0.01	2.67	-0.29	-0.02	0.69	-0.25	-0.40	صحیح
کاشی سعدی	1.39	0.12	0.88	0.18	0.65	0.04	-8.98	0.31	0.35	1.24	0.15	0.14	اشتباه
گاز لوله	0.93	0.08	0.92	-0.04	0.57	0.00	1.93	-0.60	0.06	-1.72	-0.14	-0.29	صحیح
گرانیت بهسرام	0.71	0.03	0.97	-0.27	0.65	0.02	2.02	-0.20	0.14	-3.32	-0.10	-0.20	صحیح
لوله و تجهیزات سدید	0.86	-0.02	1.02	-0.15	0.86	0.02	1.39	-0.07	0.13	3.12	-0.07	-0.25	صحیح
ماشین‌سازی اراک	1.00	0.03	0.97	0.00	0.85	0.07	0.74	0.02	0.13	0.57	0.02	-0.05	اشتباه
ملی سرب و روی ایران	0.46	-0.08	1.08	-0.51	0.44	0.02	8.23	-0.66	-0.15	3.97	-0.31	-0.36	صحیح
ناب	0.87	-0.13	1.13	-0.13	0.89	0.01	2.62	-0.47	0.07	0.94	-0.12	-0.20	صحیح
نساجی بایکان	0.15	-2.42	3.42	-2.84	0.48	0.01	2.53	-0.43	0.05	0.17	-0.41	-0.68	صحیح
نساجی مازندران	0.16	-2.31	3.31	-1.24	0.23	0.01	4.60	-0.58	0.04	0.09	-0.21	-0.27	صحیح
نورد و لوله اهواز	0.19	-2.64	3.64	-2.91	0.69	0.08	3.05	-0.48	-0.20	0.22	-0.59	-0.87	صحیح

جدول شماره ۷ وضعیت ۱۸ شرکت ورشکسته‌ای که مدل به‌صورت صحیح پیش‌بینی کرده است را نشان می‌دهد.

جدول ۷. وضعیت شرکت‌های ورشکسته‌ای که مدل به‌طور صحیح پیش‌بینی کرده است

نام شرکت	تعداد قوانین درست	$x_{14} < 0.808$	$x_{11} < -0.0417$	$x_{24} < 0.0227$	$x_{23} < -0.0093$	$x_{15} > 0.9192$
آلومینیوم ایران	5	1	1	1	1	1*
آلومینیوم پارس	5	1	1	1	1	1
بلبرینگ ایران	5	1	1	1	1	1
بهپاک	5	1	1	1	1	1
روغن نباتی جهان	5	1	1	1	1	1
صنایع نساجی	5	1	1	1	1	1
صنعتی دریایی (صدرا)	5	1	1	1	1	1
غذایی مشهد	5	1	1	1	1	1
قند شیروان	5	1	1	1	1	1
کابل سازی تک	5	1	1	1	1	1
گاز لوله	5	1	1	1	1	1
گرانیت بهسرام	5	1	1	1	1	1
لوله و تجهیزات سدید	5	1	1	1	1	1
ملی سرب و روی ایران	5	1	1	1	1	1
ناب	5	1	1	1	1	1
نساجی بابکان	5	1	1	1	1	1
نساجی مازندران	5	1	1	1	1	1
نورد و لوله اهواز	5	1	1	1	1	1

* عدد ۱ بیانگر وضعیت ورشکستگی است.

به این ترتیب با پذیرفته شدن فرض H_0 نتیجه گرفته می‌شود پیش‌بینی ورشکستگی شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از مدل الگوریتم ژنتیک امکان‌پذیر است.

بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به‌دست آمده از ارزیابی انجام شده توسط نمونه آموزشی تحقیق، می‌توان نتیجه گرفت که مدل الگوریتم

فرضیه این پژوهش در مورد بررسی صحت مدل الگوریتم ژنتیک برای پیش‌بینی ورشکستگی شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران برای یک سال و دو سال قبل از ورشکستگی است. با توجه به اینکه نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد که مدل برای یک سال و دو سال قبل از ورشکستگی به ترتیب با دقت $97/8$ درصد و $97/9$ درصد شرکت‌های ورشکسته و شرکت‌های سالم را درست پیش‌بینی می‌کند لذا فرض H_0 پذیرفته می‌شود و فرض H_1 رد می‌شود.

ژنتیک قابلیت بالایی در طبقه‌بندی ورشکستگی شرکت‌های نمونه انتخابی دارد. همچنین نتایج به‌دست‌آمده از گروه آزمایشی تحقیق بیانگر این امر است که علاوه بر این که مدل الگوریتم ژنتیک توانایی طبقه‌بندی صحیح شرکت‌ها به دو گروه ورشکسته و غیرورشکسته را دارد، قابلیت بالایی در پیش‌بینی وضعیت ورشکستگی شرکت‌ها برای یک سال و دو سال قبل از ورشکستگی را دارد.

منابع

فلاح پور، سعید. راعی، رضا (۱۳۸۳). "پیش‌بینی درماندگی مالی شرکت‌ها با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی". تحقیقات مالی، شماره ۱۷، تابستان.

یاری فرد، رضا (۱۳۸۲). "بررسی مدل‌های پیش‌بینی ورشکستگی (مدل‌های فولمر و اسپرینگت) در بورس اوراق بهادار تهران". پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته حسابداری. دانشگاه مازندران.

Beaver, W. (1966). "Financialratios as predictors of failure", *Empirical Research in Accounting*.-3 .Selected Studies, Supplement to Vol.

E.I. Altman. (1968). "Financial ratios, discriminant analysis and the prediction of corporate bankruptcy", *The Journal of Finance*. 23 (4) pp 589–609.

Varetto, Franco (1998). "Genetic Algorithms application in the analysis of insolvency risk".

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

Sarkar S, Sriram R.S. (2001). "Bayesian Models for Early Warning of Bank Failures". *Management Science* , 47(11): pp 1457-1475

Alfaro E, Garcia N. (2008). "Bankruptcy Forecasting: an Empirical Comparison of Ad Boost and Neural Networks". *International Advances in Economic Research*; pp 110-122.

P.R. Kumar, V. Ravi, (2007). "Bankruptcy prediction in banks and firms via statistical and intelligent techniques—a review", *European Journal of Operational Research*, 180 (1) pp 1–28.

K.S. Shin, T.S. Lee, H.J. Kim, (2005). "An application of support vector machines in bankruptcy prediction model", *Expert Systems with Applications*, 28 (1) pp 127–135.

K. Kim, I. Han, (2001). "Maintaining case-based reasoning systems using a genetic algorithms approach", *Expert Systems with Applications*. 21 (3) pp 139–145.

G. Zhang, M.Y. Hu, B.E. Patuwo, D.C. Indro, (1999). "Artificial neural networks in bankruptcy prediction: general framework and cross-validation analysis", *European Journal of Operational Research*. 116 (1) pp 16–32.

Z.R. Yang, M.B. Platt, H.D. Platt, (1999). "Probabilistic neural networks in bankruptcy prediction", *Journal of Business Research*. 44 (2) pp 67–74.

K. Kiviluoto, (1998). "Predicting bankruptcies with the self-organizing map", *Neurocomputing*. 21 (1–3) pp 203–224.

H. Jo, I. Han, H. Lee, (1997). "Bankruptcy prediction using case-based reasoning, neural network and discriminant analysis", *Expert Systems with Applications*, 13 (2) pp 97–108.

K.C. Lee, I. Han, Y. Kwon, (1996). "Hybrid neural network models for bankruptcy predictions", *Decision Support Systems*, 18 (1) pp 63–72.

J.E. Boritz, D.B. Kennedy, (1995). "Effectiveness of neural network types for prediction of business failure", *Expert Systems with Applications*, 9 (4) pp 503–512.

R.L. Wilson, R. Sharda, (1994). "Bankruptcy prediction using neural networks", *Decision Support Systems*, 11 (5) pp 545–557.

J. Ohlson, (1980). "Financial ratios and the probabilistic prediction of bankruptcy", *Journal of Accounting Research*, 18 (1) pp 109–131.

Zmijewski Mark. E. (2005). "Method logical Issues Relate to the Estimation of Financial Distress-13 prediction Models", *Journal of Accounting Research Vol 22 supplement*. PP1 & 7; 11 & 30; 110&129.