

## کاربرد سامانه خبره تلفیقی در پیش‌بینی ورشکستگی شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران

دکتر حمید ابریشمی\*  
دکتر اکبر کمیجانی\*\*  
مهدی احراری\*\*\*  
غزاله حسینی حبشی\*\*\*\*

### چکیده

در این مقاله، به پیش‌بینی ورشکستگی شرکت‌ها با استفاده از سامانه خبره تلفیقی پرداخته شده است. عوامل مؤثر بر ورشکستگی و میزان تأثیر آنها تحت عنوان قواعدی در سامانه مبتنی بر پایگاه قواعد ذخیره شده و به همراه نسبت‌های مالی شرکت‌ها به عنوان ورودی شبکه عصبی در نظر گرفته می‌شوند. تأثیر هر یک از این عوامل بر نسبت سرمایه/ سود (یا زیان انباشته) بررسی گردید تا تأثیر شوک‌های برونزا بر ورشکستگی مشخص شود. به این ترتیب نرخ تغییر این متغیر به همراه چهار نسبت مالی ذکر شده، به عنوان ورودی‌های شبکه عصبی لحاظ گردید. مقایسه نتایج استخراجی حاصل از سامانه خبره نشان داد که این روش به صورت معناداری دقت شبکه عصبی را در پیش‌بینی بهبود می‌بخشد. به خصوص در سال‌های ۸۴ و ۸۵ که به دلیل اجرای سیاست‌های شفاف‌سازی، آمار شرکت‌های ورشکسته بالا بود، این تفاوت معنادارتر می‌باشد. به این ترتیب تمامی فرضیه‌های پژوهش، مبنی بر بالاتر بودن دقت سامانه خبره تلفیقی نسبت به شبکه عصبی در پیش‌بینی ورشکستگی شرکت‌ها تأیید شد.

abrishami@ut.ac.ir  
komijani@ut.ac.ir  
meahrari@yahoo.com  
hosseini۶۹۹۲@yahoo.com  
تاریخ پذیرش

\*عضو هیئت علمی دانشکده اقتصاد دانشگاه تهران  
\*\*عضو هیئت علمیدانشکده اقتصاد دانشگاه تهران  
\*\*\*پژوهشگر اقتصادی  
\*\*\*\*کارشناس ارشد اقتصاد دانشگاه تهران  
تاریخ دریافت

**کلیدواژه‌ها:** ورشکستگی، سامانه خبره تلفیقی، سامانه مبتنی بر پایگاه قواعد، شبکه عصبی

*GMDH*

طبقه‌بندی *JEL*: M31, C45, C67M39

## ۱. مقدمه

در سطح کشور و به ویژه در میان شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار علائمی مبتنی بر زیانده بودن و عدم موفقیت آنها مشاهده می‌شود. بهترین راه‌حل برای سودآور کردن این شرکت‌ها سازماندهی مجدد آنهاست که می‌تواند به صورت ادغام باشد. واضح است زمانی این راهکارها مؤثر خواهد بود که فرصت کافی برای نجات شرکت وجود داشته باشد. به این ترتیب با بررسی شرکت‌های ورشکسته و مقایسه آنها با شرکت‌های سالم می‌توان علائم ورشکستگی را شناسایی کرد و از این علائم برای پیش‌بینی شرایط آتی سایر شرکت‌ها استفاده نمود. بنابراین پیش‌بینی نخستین گام جهت جلوگیری از بروز ورشکستگی است. در مراحل بعدی مسئولان ذی ربط با بررسی این علائم می‌توانند به ریشه‌یابی و در نهایت رفع نواقص پردازند. این پیش‌بینی‌ها می‌تواند برای دیگر فعالان بازار سرمایه مانند سرمایه‌گذاران در سهام شرکت‌ها، بانک‌ها و سایر مؤسسات مالی مفید باشد، زیرا می‌توانند با داشتن یک دورنمای کلی از وضعیت شرکت‌ها تصمیمات مناسب اتخاذ نمایند.

هوش مصنوعی و شبکه‌های عصبی توانایی‌های زیادی در کشف روابط میان متغیرها و پردازش مجموعه‌های پیچیده دارند، ولی به تنهایی قادر به تحلیل بخش قابل ملاحظه‌ای از تغییرات و نوسانات غیر سیستماتیک عوامل برونزا نیستند. از طرف دیگر، سیستم‌های خبره که در استخراج قواعد و قوانین تحلیلی از داده‌های تاریخی، به خوبی عمل می‌کنند فاقد ابزارهای پردازش و شبیه‌سازی در حد روش‌های هوشمند می‌باشند. بدین ترتیب می‌توان گفت که به کارگیری ترکیبی از این دو می‌تواند عملکرد پیش‌بینی را به طور معنی‌داری بهبود دهد. بدین منظور با استفاده از سامانه خبره تلفیقی می‌توان تأثیر همزمان عوامل درونزا و برونزا، را در مدل‌سازی و پیش‌بینی لحاظ کرد.

در این پژوهش از سامانه خبره تلفیقی<sup>۱</sup> استفاده می‌شود که در آن عوامل مؤثر بر ورشکستگی شرکت‌ها و میزان تأثیرگذاری آنها با استفاده از داده کاوی صفحات وب<sup>۲</sup> و استفاده از سایت‌های مختلف اینترنتی و روزنامه‌ها و مدارک موجود استخراج شده و با توجه به روابط آنها، قواعدی در سامانه مبتنی بر پایگاه قواعد<sup>۳</sup> شکل می‌گیرد. این قواعد همراه با نسبت‌های مالی شرکت‌ها به عنوان ورودی شبکه عصبی وارد جریان مدل‌سازی می‌گردند. به عبارت دیگر، در این پژوهش قواعد سامانه خبره، به عنوان ورودی به شبکه عصبی اضافه می‌گردد و تأثیر آن بر پیش‌بینی‌های به دست آمده مورد آزمون قرار می‌گیرد. بدین ترتیب در بخش دوم این مقاله به بررسی مطالعات انجام شده در زمینه پیش‌بینی ورشکستگی شرکت‌ها و استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی در انجام پیش‌بینی پرداخته خواهد شد. در بخش سوم، مفهوم ورشکستگی و نسبت‌های مالی بررسی می‌گردد. بخش چهارم به تبیین سامانه خبره تلفیقی اختصاص دارد و در نهایت بخش پنجم در برگیرنده نتایج پژوهش خواهد بود.

## ۲. مطالعات تجربی

آلتمن برای نخستین بار روشی برای پیش‌بینی ورشکستگی ارائه داد. وی در سال ۱۹۶۸ با به کارگیری روش تحلیلی تمایز چندگانها استفاده از نسبت‌های مالی به عنوان متغیرهای مستقل، به دنبال پیش‌بینی ورشکستگی نگاه‌ها بود. وی الگوی معروف خود را تحت عنوان الگوی رتبه Z<sup>۴</sup> ارائه کرد، که در پیش‌بینی ورشکستگی تجار معروف است. در مطالعه آلتمن، از میانگین دو نسبت مالی که به نظر او بهترین نسبت‌ها برای پیش‌بینی ورشکستگی بود پنج نسبت انتخاب شد.

اسپرینگیت<sup>۵</sup> با استفاده از چهار نسبت مالی سرمایه‌گذار گردش به کلداری‌ها، سود قبلاز بهر هو مالیات به کلداری، سود قبلاز مالیات به بهیجاری و فروش به کلداری‌ها

۱. Hybrid Neural Network and Expert System

۲. web- based text mining

۳. rule- based expert system

۴. Z-score

۵. Springate

الگویارائه‌دهنده ۹۲ درصد پیش‌بینی صحیح دستیافت (کميجانی و سعادت فر، ۱۳۸۵). مکيان و کریمی تکلو (۱۳۸۸)، با پیش‌بینی ورشکستگی شرکت‌های تولیدی استان کرمان با استفاده از مدل شبکه‌های عصبی مصنوعی، نشان داد که از ۱۰ شرکت شامل ۵ شرکت سالم و ۵ شرکت ورشکسته، تمامی شرکت‌ها را با خطای صفر، پیش‌بینی نموده است. مکيان و همکاران (۱۳۸۸)، یک مدل شبکه‌های عصبی برای پیش‌بینی ورشکستگی شرکت‌های تولیدی استان کرمان طراحی نمودند. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که مدل ANN نسبت به سایر روش‌های آماری دقت بالاتری در پیش‌بینی دارد. همچنین مدل ANN نشان داد که هیچ کدام از این شرکت‌های تولیدی در سال بعد از دوره مورد بررسی، ورشکسته نخواهند شد.

اوهلسون (۱۹۸۰) برای ایجاد الگوی خود برای پیش‌بینی ورشکستگی شرکت‌ها از روش تجزیه و تحلیل لجستیک<sup>۱</sup> استفاده کرد. زیمسکی<sup>۲</sup> از نسبت‌های مالی که انتخاب آنها بر مبنای تجربیات مطالعات قبلی وی بود، استفاده نمود. الگوی زیمسکی بر مبنای نمونه‌ای شامل ۴۰ شرکت ورشکسته و ۸۰ شرکت غیر ورشکسته تولیدی ریزش (مهرانی و همکاران، ۱۳۸۴). شیراتا<sup>۳</sup> سازبررسی مطالعات گذشته را یافت که نتایج پژوهش‌های قبلی در ژاپن به دلیل تعداد کم و محدود بودن نمونه‌ها به شرکت‌ها تولیدی با سرمایه‌های تقریباً یکسان قابلیت تعمیم نیست. شیراتا برای رفع این نقایص، الگوی ارائه‌دهنده تاورشکستگی را برای تمام انواع شرکت‌های تولیدی، بازار گانیو خدمات پیش‌بینی کند. نتایج این پژوهش‌ها نشان داد که الگوی وی می‌تواند ورشکستگی را با دقت بیش از ۸۶ درصد پیش‌بینی کند (مهرانی و همکاران، ۱۳۸۴).

در خصوص کاربرد شبکه‌های عصبی، سالچنجر و سینارولش (۱۹۹۲)، فلچر و گاس<sup>۴</sup> (۱۹۹۳) و آدو<sup>۵</sup> (۱۹۹۳)، این مدل را با مدل لاجیت<sup>۶</sup> مقایسه کرده‌اند. تن<sup>۷</sup> (۱۹۹۶)، مدل

۱. Logistic

۲. Zimske

۳. Yoshiko Shirata

۴. Fletcher, Gos

۵. Udo

۶. Logit

۷. Tan

۸. Probit

خود را با پروبیت<sup>۱</sup> مقایسه و پرز<sup>۲</sup> (۱۹۹۸)، ۲۴ مورد از کاربردهای شبکه‌های عصبی را بررسی نمود.

در مورد کاربرد شبکه عصبی GMDH در پیش‌بینی‌ها تنها می‌توان به کاربرد آن در شناسایی و پیش‌بینی بازارهای مالی اشاره کرد. گولیوسوف<sup>۳</sup> و کوندراشوا<sup>۴</sup> (۱۹۸۷) نیز قابلیت GMDH، در استخراج اطلاعات کافی در مورد، وابستگی متقابل شاخص‌های مالی کشورها با سیستم‌های اقتصادی حاکم بر آنها را بررسی کردند.

ایواخنکو و مولر<sup>۵</sup> (۱۹۹۶) دستاوردهای GMDH در پیش‌بینی و تحلیل بازار سهام را ارائه دادند. واتر و همکاران<sup>۶</sup> (۱۹۹۷) قیمت سهام را با این روش پیش‌بینی کرده و لمکه<sup>۷</sup> و مولر (۱۹۹۷) به پیش‌بینی سبد سهام با این روش پرداختند و این پیش‌بینی‌ها را به سیگنال‌های فروش تبدیل کردند. مهر آرا و همکاران (۲۰۰۸) عایدی حاصل از پیش‌بینی در بازارهای آتی نفت را با روش تلفیقی شبکه عصبی و الگوریتم ژنتیک<sup>۸</sup> برآورد کردند و نشان دادند که این روش در مقایسه با الگوهای معیار از قابلیت پیش‌بینی بهتری برخوردار است. سرینی واسان (۲۰۰۸) تقاضای انرژی را با دو نوع شبکه عصبی پیش‌بینی کرده و نشان داد که شبکه عصبی GMDH نسبت به شبکه‌های عصبی بازگشتی در ارائه پیش‌بینی‌های با خطای کمتر برتری دارد. ابریشمی و همکاران (۱۳۸۷) در یک پژوهش از شبکه عصبی GMDH مبتنی بر الگوریتم ژنتیک برای پیش‌بینی قیمت بنزین با دو روش قیاسی و قواعد تحلیل تکنیکی، استفاده کردند. معینی و همکاران (۱۳۸۷) از رویکرد هوشمند تلفیقی مشتمل بر شبکه عصبی GMDH و الگوریتم ژنتیک و بهینه‌سازی چند منظوره برای تحلیل قیمت پیش‌خرید و پیش‌فروش نفت خام به منظور محاسبه حداکثر عایدی حاصل از پیش‌بینی در روندهای مختلف بازار مبتنی بر قواعد تحلیل تکنیکی استفاده نموده‌اند. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که در بازه زمانی ۵ تا ۱۰ روزه برای دوره‌های مختلف بازار

۲. Mariel Perez

۳. Goleusov

۵. Ivakhnenko and Muler

۷. Lemke

۲. Kondrasheva

۴. Water et al.

۶. genetic programming

عایدی مطلق به ۹۷ درصد می‌رسد. مهرآرا و همکاران (۱۳۸۹)، با استفاده از شبکه‌های عصبی، الگویی برای پیش‌بینی بی‌ثباتی قیمت نفت ارائه دادند. مقایسه نتایج حاصل از چهار الگوی مورد بررسی، نشان داد که الگوی تلفیقی، پیش‌بینی بهتری را نسبت به الگوی اقتصادسنجی (GARCH<sup>۱</sup>) ارائه داده است.

در خصوص به کارگیری همزمان شبکه عصبی و سامانه خبره نیز پژوهش‌هایی انجام شده است. وانگ و همکاران<sup>۱</sup> (۲۰۰۴) از سیستم تلفیقی AI جهت تلفیق شبکه عصبی، RES (پایگاه قواعد) و WTM به منظور پیش‌بینی قیمت نفت استفاده کردند و نشان دادند که این سیستم روشی مؤثر و منعطف جهت پیش‌بینی است.

وانگ و همکاران (۲۰۰۵) روش جدید TEI@I را مطرح نمودند. آنها از ترکیب روش‌های داده کاوی و روش‌های هوشمند جهت پیش‌بینی قیمت نفت استفاده و اثر حوادث مختلف را بر قیمت نفت بررسی کردند و یک روش غیر خطی جهت بهبود روند پیش‌بینی قیمت نفت مطرح نمودند.

ورهرامی (۱۳۸۹) به پیش‌بینی قیمت نفت با استفاده از سامانه خبره تلفیقی پرداخت و نشان داد این روش به مراتب دقت بالاتری از شبکه عصبی GMDH دارد. در این پژوهش عوامل مؤثر بر قیمت نفت به علاوه داده‌های روزانه قیمت نفت به عنوان داده وارد شبکه عصبی شده است.

### ۳. مبانی نظری پژوهش: آشنایی با مفهوم ورشکستگی و نسبت‌های مالی

منظور از ورشکستگی در این پژوهش ورشکستگی اقتصادی است. از تعاریف و معیارهای متفاوتی برای ورشکستگی استفاده می‌شود. در این پژوهش در صورتی یک شرکت را ورشکسته تلقی می‌کنیم که شرکت مشمول ماده ۱۴۱ قانون اصلاحی تجارت شود<sup>۲</sup>. بر اساس این ماده «اگر بر اثر زیان‌های وارده، حداقل نصف سرمایه شرکت از میان برود، هیئت مدیره مکلف است بلافاصله مجمع عمومی فوق‌العاده صاحبان سهام را دعوت نماید

۱. Wang et al.

۲. قانون اصلاح موادی از قانون تجارت در تاریخ ۱۳۴۷/۱۲/۲۴ تصویب شد.

تا موضوع انحلال یا بقای شرکت، مورد رأی واقع شود. هرگاه مجمع مزبور رأی به انحلال شرکت ندهد، باید در همان جلسه و با رعایت مقررات ماده ۶ این قانون، سرمایه شرکت را به مبلغ سرمایه موجود کاهش دهد». در صورتی که شرکتی مشمول ماده ۱۴۱ قانون اصلاحی تجاری گردد، کلیه سهام آن شرکت مسدود می‌شود.

یکی از پرکاربردترین روش‌های تجزیه و تحلیل وضعیت شرکت‌ها، بررسی نسبت‌های مالی مرتبط با آن شرکت می‌باشد. چنین بررسی می‌تواند به دو روش انجام شود. در روش اول که تجزیه و تحلیل مقایسه‌ای نامیده می‌شود، وضعیت مالی شرکت در یک زمان مشخص، ارزیابی و با شرکت‌های رقیب مقایسه می‌شود. در روش دوم که تجزیه و تحلیل سنواتی نام دارد عملکرد شرکت در سال‌های پیاپی بررسی و با یکدیگر مقایسه می‌شود.

به طور کلی نسبت‌های مالی به چهار دسته اصلی تقسیم می‌شوند، که عبارت‌اند از:  
**نسبت‌های نقدینگی**<sup>۱</sup>: این نسبت‌ها توانایی نقدینگی شرکت را بیان می‌کنند. از جمله این نسبت‌ها می‌توان به نسبت‌های جاری و آنی اشاره کرد.

**نسبت‌های اهرمی**<sup>۲</sup>: این نسبت‌ها خود به دو دسته تقسیم می‌شوند، یک دسته به بخش بدهی‌ها و حقوق صاحبان سهام مربوط است و بخش دیگر توان شرکت در ایجاد سود کافی برای پرداختی‌های شرکت را نشان می‌دهد. نسبت کل بدهی‌ها به کل دارایی‌ها و نسبت توان پرداخت بهره، از مهم‌ترین نسبت‌های اهرمی محسوب می‌شوند.

**نسبت‌های فعالیت**<sup>۳</sup>: این نسبت‌ها کارایی شرکت را از نظر مدیریت بر دارایی‌ها نشان می‌دهند. به عنوان مثال نسبت گردش کل دارایی‌ها و گردش موجودی کالا را می‌توان به عنوان نسبت فعالیت نام برد.

**نسبت‌های سودآوری**<sup>۴</sup>: با استفاده از این نسبت‌ها عملکرد کلی شرکت و مدیریت آن ارزیابی می‌گردد. بازده مجموع دارایی‌ها و حاشیه سود از انواع نسبت‌های سودآوری است.

#### ۴. روش‌شناسی پژوهش

همان‌گونه که بیان شد در این پژوهش جهت ارائه پیش‌بینی ورشکستگی شرکت‌ها، از

۱. Current Ratio

۲. Leverage Ratio

۳. Activity Ratio

۴. Profitability Ratio

روش سامانه خبره تلفیقی استفاده می‌شود، طوری که، قواعد حاصل از سامانه خبره به عنوان ورودی شبکه عصبی GMDH، اضافه می‌گردد.

سامانه خبره تلفیقی شامل مجموعه‌ای از داده کاوی صفحات وب، سامانه مبتنی بر پایگاه قواعد، الگوریتم ژنتیک و شبکه عصبی است. بدین ترتیب در این بخش به بررسی قسمت‌های مختلف این سامانه می‌پردازیم.

#### داده کاوی صفحات وب (WTM)

بر اساس نتایج پژوهش‌های گذشته عوامل مختلفی از جمله عوامل سیاسی و اجتماعی بر ورشکستگی شرکت‌ها مؤثر است. بنابراین لازم است تا این عوامل از طریق منابع مختلف مانند اینترنت و سایر پایگاه‌های اطلاعاتی جمع‌آوری شود تا اثر آنها بر ورشکستگی بررسی شود. داده کاوی صفحات وب یکی از مؤثرترین تکنیک‌های جمع‌آوری اطلاعات به شمار می‌آید. به این ترتیب اطلاعات در مورد عوامل مؤثر بر ورشکستگی از طریق اینترنت جمع‌آوری شده و در پایگاه اطلاعات ذخیره می‌گردد (Rajman, ۱۹۹۸). مهم‌ترین مراحل داده کاوی به شرح زیر است:

**استخراج ویژگی‌ها:** کلیه اطلاعات در این مرحله از طریق اینترنت، جمع‌آوری و در پایگاه اطلاعات ذخیره می‌شود.

**تحلیل ساختار:** در این قسمت اطلاعات جمع‌آوری شده در مرحله قبل تجزیه و تحلیل می‌گردد.

**طبقه بندی داده‌ها:** این بخش که یکی از مهم‌ترین مراحل داده کاوی است با هدف افزایش سرعت، کارایی و دقت تر ساختن بازیابی و نتیجه گیری صورت می‌پذیرد. در این مرحله است که عوامل مؤثر بر ورشکستگی مشخص و طبقه بندی می‌شوند. (Shi, ۲۰۰۲; Salton, ۱۹۷۱).



### سامانه مبتنی بر پایگاه قواعد (RES)

مهمترین وظیفه سامانه خبره خلاصه سازی و جمع آوری کلیه قوانینی است که در مرحله قبل جمع آوری شده است. این کار در پایگاه دانش صورت می گیرد. بدین ترتیب که عوامل مؤثر بر ورشکستگی تعیین شده و بر اساس میزانتاثر هر یک، قواعدی به صورت «اگر، آنگاه» ساخته می شود. به عنوان مثال اگر واقعه A رخ دهد، ورشکستگی شرکتها افزایش می یابد.

در پایگاه دانش، اطلاعات مفید جهت حل یک مشکل به صورت قواعد مطرح می شوند. بر این اساس هرگاه شرایط قانون برقرار شود، این قانون اتفاقی را که می افتد بیان می کند، یعنی هرگاه اگر برقرار شود آنگاه اتفاق می افتد. به عبارت دیگر کلیه حقایق که در واقع قسمت «اگر» قواعد را تشکیل می دهد، در پایگاه داده قرار می گیرد. همچنین در پایگاه استنباط کلیه قوانین شکل گرفته، به هم مرتبط می شوند.

قسمت دیگر این سیستم، توانایی توضیح دهی است. این قسمت گویای آن است که هر نتیجه گیری با توجه به چه ورودی انجام گرفته است. در نهایت با توجه به ورودیها و خروجی های موجود، نتیجه گیری صورت گرفته و باید با برقراری ارتباط بین حقایق و قوانین برای مشکل راه حلی ارائه گردد.<sup>۵</sup>

### شبکه عصبی GMDH

شبکه عصبی GMDH مجموعه ای از نرون هاست که از به هم پیوستن جفت های مختلف از طریق یک چند جمله ای درجه دوم به دست می آیند. به این صورت که شبکه با ترکیب چند جمله ای های حاصل از تمامی نرون ها، تابع تقریبی گرا با خروجی  $\lambda$ ، برای یک مجموعه از ورودی های  $X = \{x_1, x_2, x_3, \dots, x_n\}$  با حداقل خطا در مقایسه بالا پیش بینی می کند. پس برای M داده مشتمل بر n ورودی و یک خروجی، نتایج واقعی به شکل زیر است.

۲. data base

۲. inference engine

۴. explanation facilities

۴. user interface

$$y_i = f(x_{i1}, x_{i2}, x_{i3}, \dots, x_{im}) \quad (i = 1, 2, \dots, M) \quad (1)$$

ما به دنبال شبکه‌ای هستیم که بتواند خروجی  $\hat{y}$  را برای هر سلسله بردار  $X$  بر اساس رابطه (۲) پیش‌بینی کند.

$$\hat{y}_i = \hat{f}(x_{i1}, x_{i2}, x_{i3}, \dots, x_{im}) \quad (i = 1, 2, 3, \dots, M) \quad (2)$$

طوری که میانگین مربعات خطای پیش‌بینی مینیمم شود.

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^M (\hat{y}_i - y_i)^2}{M} \rightarrow \min \quad (3)$$

شکل عمومی این اتصال را می‌توان به صورت رابطه (۴) نوشت:

$$y = \alpha_0 + \sum_{i=1}^n \alpha_i x_i + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \alpha_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n \alpha_{ijk} x_i x_j x_k + \dots \quad (4)$$

که چند جمله‌ای ابواختنکو نامیده می‌شود. شکل درجه دوم و دو متغیره این چند جمله‌ای به شکل زیر است:

$$\hat{y} = G(x_i, x_j) = \alpha_0 + \alpha_1 x_i + \alpha_2 x_j + \alpha_3 x_i^2 + \alpha_4 x_j^2 + \alpha_5 x_i x_j \quad (5)$$

ضرایب مجهوله  $\alpha_i$  در این رابطه به شیوه‌ای به دست می‌آید که اختلاف بین مقدار واقعی و محاسبه شده خروجی‌ها را برای هر جفت متغیر ورودی  $x_i$  و  $x_j$  کمینه شود. برای هر تابع  $G_i$  (هر نرون ساخته شده)، ضرایب معادلات هر نرون برای حداقل کردن خطای کل آن به منظور انطباق بهینه ورودی‌ها بر تمام جفت مجموعه‌ای ورودی و خروجی، به دست می‌آید.

$$E = \frac{\sum_{i=1}^M (y_i - G_i)^2}{M} \rightarrow \min \quad (6)$$

در روش پایه‌ای الگوریتم GMDH، تمامی ترکیب‌های دوتایی (نرون‌ها) از  $n$  متغیر ورودی ساخته شده و ضرایب نامعلوم تمامی نرون‌ها از روش حداقل مربعات به دست می‌آید. در نتیجه  $\binom{n}{2} = \frac{n(n-1)}{2}$  نرون در لایه دوم ساخته می‌شوند که به صورت مجموعه (۷) نشان داده می‌شود.

$$\{(y_i, x_{ip}, x_{iq}) | (i = 1, 2, \dots, M) \text{ and } p, q \in (1, 2, \dots, M)\} \quad (7)$$

از شکل درجه دوم تابع بیان شده در رابطه ۵ برای هر  $M$  ردیف سه‌تایی استفاده می‌کنیم، می‌توان آن را به شکل ماتریسی رابطه (۸) بیان کرد.

$$A\alpha = Y \quad (۸)$$

که در آن، بردار ضرایب مجهول معادله درجه دو نشان داده شده در رابطه (۵) است،

یعنی:

$$\alpha = \{\alpha_0, \alpha_1, \dots, \alpha_5\} \quad (۹)$$

و

$$Y = \{y_1, y_2, y_3, \dots, y_M\}^T \quad (۱۰)$$

از شکل تابع به راحتی قابل مشاهده است که:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & x_{1p} & x_{1q} & x_{1p}^2 & x_{1q}^2 & x_{1p}x_{1q} \\ 1 & x_{2p} & x_{2q} & x_{2p}^2 & x_{2q}^2 & x_{2p}x_{2q} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 1 & x_{Mp} & x_{Mq} & x_{Mp}^2 & x_{Mq}^2 & x_{Mp}x_{Mq} \end{bmatrix} \quad (۱۱)$$

روش حداقل مربعات از آنالیز Multiple-Regression، حل معادلات را به شکل رابطه

(۱۲) به دست می‌دهد:

$$A = (A^T A)^{-1} A^T Y \quad (۱۲)$$

ضرایب نرون‌ها در لایه‌های پنهانی و خروجی در مرحله مدل‌سازی (آموزش) بر اساس تعریف اولیه برنامه از سطح معناداری و فاصله اطمینان مورد نظر پژوهشگر تعیین می‌شود و بهینه‌یابی ضرایب و معادلات نرون‌ها و سازوکار غربال‌سازی داده‌ها، توسط الگوریتم ژنتیک انجام می‌شود.

در طراحی شبکه عصبی GMDH، هدف جلوگیری از واگرایی شبکه و نیز مرتب ساختن ساختار شبکه به یک یا چند پارامتر عددی است، طوری که با تغییر این پارامتر ساختار شبکه تغییر کند. روش‌های تکاملی<sup>۱</sup> مثل الگوریتم ژنتیک به دلیل دارا بودن قابلیت‌های منحصر به فرد در پیدا کردن مقادیر بهینه و امکان جستجو در فضاهای غیر قابل پیش‌بینی کاربرد وسیعی در طراحی شبکه‌های عصبی دارند.

نرم‌افزار محاسباتی مبتنی بر روش تلفیقی الگوریتم ژنتیک و شبکه عصبی GMDH با هدف بهینه‌سازی دو منظوره<sup>۲</sup> کمینه خطای مدل‌سازی و پیش‌بینی، با استفاده از نرم‌افزار

۱. evolutionary

۲. multi-objective optimization program

MATLAB طراحی شده که مجموعه‌ای از نقاط بهینه خطای پیش‌بینی و الگوسازی فرایند را گزارش می‌دهد.

#### پایگاه‌ها و الگوی مدیریت پایگاه‌ها<sup>۱</sup>

الگوی مدیریت پایگاه‌ها به علت آنکه بین قسمت‌های مختلف یک سامانه خبره ارتباط برقرار می‌کند، از اهمیت زیادی برخوردار است. به طور مثال شبکه عصبی از پایگاه‌های مدل<sup>۲</sup> و داده استفاده می‌کند ولی سامانه مبتنی بر قواعد از پایگاه‌های دانش و داده بهره می‌برد. در الگوی مدیریت پایگاه‌ها، پایگاه دانش شامل قوانینی است که از داده‌های موجود در پایگاه داده استخراج شده است. همچنین الگوی مدیریت پایگاه‌ها قوانین جدیدی را به پایگاه دانش اضافه می‌کند و یا قوانین موجود را اصلاح می‌نماید و به ترکیب الگوریتم‌ها و الگوهای سایر مدل‌ها می‌پردازد. الگوی مورد نظر در این مقاله، ترکیبی از شبکه عصبی، الگوریتم ژنتیک، داده کاوی صفحات وب و سامانه مبتنی بر قواعد را دربرمی‌گیرد.

#### ۵. یافته‌های پژوهش

در این بخش، ابتدا متغیرهای ورودی شبکه عصبی و اطلاعات شرکت‌های نمونه پژوهش را معرفی می‌نماییم. سپس عوامل مؤثر بر ورشکستگی، که تحت عنوان قواعد در سامانه خبره قرار می‌گیرد، بیان می‌گردد. در نهایت به مقایسه نتایج پیش‌بینی سامانه خبره تلفیقی (حاصل تلفیق قواعد سامانه خبره با شبکه عصبی GMDH) با شبکه عصبی GMDH می‌پردازیم.

#### متغیرهای مدل

کلیه متغیرهای استفاده شده در این پژوهش، نسبت‌های مالی شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران هستند و از چهارنسبت مالی به عنوان متغیرهای ورودی استفاده شده است. این متغیرها شامل نسبت‌های زیر می‌باشند:

نسبت جاری (دارایی جاری به بدهی جاری): این متغیر یک متغیر نقدینگی است که با

۱. Bases and Bases Management Models

۲. model bases

افزایش آن احتمال ورشکستگی شرکت افزایش می‌یابد، زیرا هر چند با افزایش این نسبت ریسک بازپرداخت بدهی‌های جاری کاهش می‌یابد، ولی ریسک بازدهی شرکت افزایش و در نتیجه نرخ بازدهی سرمایه‌گذاری کاهش می‌یابد.

**حاشیه سود ناخالص (نسبت سود ناخالص به فروش):** این متغیر یک نسبت سودآوری است که با افزایش آن احتمال ورشکستگی شرکت افزایش می‌یابد. پایین بودن این نسبت گویای بالا بودن احتمالی هزینه‌های تولید خواهد بود.

نسبت سود خالص به بدهی جاری: این متغیر یک متغیر اهرمی است. واضح است هر چه این نسبت بزرگتر باشد احتمال ورشکستگی شرکت کاهش می‌یابد.

**بازدهی مجموع دارایی‌ها (نسبت سود خالص به مجموع دارایی‌ها):** این نسبت یک نسبت سودآوری است که بازدهی کل سرمایه‌گذاری را نشان می‌دهد.

در انتخاب نسبت‌های مالی فوق شرایط زیر لحاظ شده است:

- نسبت‌های مالی انتخابی برای پیش‌بینی ورشکستگی شرکت‌های فعال در ایران پاسخگو باشند. (تقریباً تمامی پژوهش‌های انجام شده در ایران که نتیجه پیش‌بینی مناسبی داشته‌اند، مشتمل بر نسبت‌های مالی فوق هستند).

- نسبت‌های مالی انتخابی، قابل مقایسه برای شرکت‌های انتخابی از صنوف مختلف باشند. (این مسئله به خاطر تنوع شرکت‌های غیر ورشکسته لحاظ شده است. مثلاً نسبت خالص فروش به کل دارایی‌ها و نسبت سود انباشته به کل دارایی‌ها فقط برای شرکت‌های از یک صنف قابل مقایسه هستند).

- نسبت‌های مالی انتخابی در صورت‌های مالی شرکت‌ها موجود باشد. معمولاً تعداد محدودی از انواع نسبت‌های مالی در انواع دفاتر مالی شرکت‌ها ثبت می‌شود.

- نسبت‌های مالی انتخابی مشتمل بر انواع نسبت‌های مالی باشد، تا به خوبی عملکرد شرکت‌ها را نشان دهد (نسبت‌های مالی انتخابی در این پژوهش سه نوع از چهار نوع نسبت‌های مالی را شامل می‌شود).

### جامعه آماری، نمونه آماری و بازه زمانی پژوهش

همان‌گونه که بیان شد، متغیرهای این پژوهش، نسبت‌های مالی شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران هستند. بنابراین جامعه آماری این پژوهش کلیه شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران است. در نمونه‌گیری از این جامعه آماری نیز ملاحظات پژوهش اعمال به صورت زیر اعمال گردید:

۱. شرکت‌های انتخابی اولاً تولیدی باشند (یعنی شرکت‌های سرمایه‌گذاری و بانک‌ها را شامل نمی‌شوند)؛

۲. پیش از سال ۱۳۷۷ عضو بورس شده باشند؛

۳. ثالثاً نسبت‌های مالی آنها برای سه سال پیاپی مورد بررسی موجود باشد.

بدین ترتیب پس از نمونه‌گیری شرکت‌های ورشکسته انتخاب شده اکثر شامل شرکت‌های صنایع نساجی و صنایع غذایی و در مقابل شرکت‌های غیرورشکسته انتخاب شده را اکثر شرکت‌های دارویی و شرکت‌های خودروسازی و صنایع وابسته به آن تشکیل می‌دهند. بازه زمانی مطالعه، جهت استخراج داده‌های مورد نظر نیز سال‌های ۱۳۷۷-۱۳۸۸ در نظر گرفته شد. در مرحله اول نسبت‌های مالی ۱۸۰ شرکت (۹۰ شرکت ورشکسته و ۹۰ شرکت غیر ورشکسته) در فاصله زمانی ۱۳۷۷-۱۳۸۵ برای آزمون کارایی شبکه عصبی GMDH به کار گرفته می‌شود. نتیجه این بررسی نشان داد که دقت این پیش‌بینی بالای ۹۰ درصد بود. این مسئله مؤید کارایی روش شبکه عصبی GMDH و درستی انتخاب متغیرهای ورودی می‌باشد.

در مرحله بعدی نسبت‌های مالی ۹۰ شرکت (۴۵ شرکت ورشکسته و ۴۵ شرکت غیر ورشکسته) در فاصله زمانی ۱۳۷۷-۱۳۸۵ برای مقایسه شبکه عصبی GMDH و سامانه خبره تلفیقی به کار گرفته می‌شود. حدود ۷۰ درصد از این داده‌ها برای آموزش شبکه و ۲۵ درصد باقی مانده برای آزمون شبکه به کار گرفته می‌شود. این مقایسه یک بار با نسبت‌های مالی سال ورشکستگی (سال  $t$ ) یعنی فاصله زمانی ۱۳۸۵-۱۳۸۰، بار دیگر با نسبت‌های مالی سال قبل از ورشکستگی (سال  $t-1$ )، فاصله زمانی ۱۳۸۴-۱۳۷۹ همچنین با نسبت‌های مالی دو سال قبل از ورشکستگی (سال  $t-2$ ) یعنی فاصله زمانی ۱۳۸۳-۱۳۷۸ و در نهایت با میانگینی از نسبت‌های مالی این سه سال انجام می‌گیرد.

شرکت‌های انتخابی اولاً تولیدی بودند (یعنی شرکت‌های سرمایه‌گذاری و بانک‌ها را شامل نمی‌شدند). ثانیاً پیش از سال ۱۳۷۷ عضو بورس شده بودند، ثالثاً نسبت‌های مالی آنها برای سه سال پیاپی مورد بررسی موجود بود. شرکت‌های ورشکسته در این پژوهش اکثراً شرکت‌های صنف نساجی و صنایع غذایی هستند. در مقابل شرکت‌های غیرورشکسته را اکثراً شرکت‌های دارویی و شرکت‌های خودروسازی و صنایع وابسته به آن تشکیل می‌دهند.

#### استخراج عوامل مؤثر بر ورشکستگی شرکت‌ها

با توجه به اینکه قواعد به کاررفته در سامانه خبره عوامل برونزای مؤثر بر ورشکستگی شرکت‌ها هستند، در این قسمت کلیه شوک‌های وارد شده به اقتصاد که بر وضعیت ورشکستگی شرکت‌ها مؤثر است از طریق داده کاوی صفحات وب و بررسی‌های اینترنتی استخراج گردید که به شرح زیر است:

**سیاست‌های اقتصادی:** این عامل به سیاست‌های اعمال شده توسط دولت برمی‌گردد. تغییر در میزان یارانه‌ها، تغییر در نرخ مالیات، سیاست‌های دولت در قبال نرخ تعرفه واردات کالاها و آزاد سازی واردات کالاها از جمله این عوامل هستند.

**عوامل مؤثر بر هزینه‌های تولید:** این عامل به هزینه‌های شرکت مرتبط است. تغییر در حقوق و دستمزد کارگران، تغییر در کارایی عوامل تولید، تغییر در قیمت مواد اولیه اساسی تشکیل دهنده شرکت تولیدیاز این عوامل اند.

**حجم تسهیلات اعتباری و بانکی:** این تسهیلات توسط دولت یا سایر مؤسسات مالی و اعتباری به شرکت‌ها اعطا می‌شود. واضح است که بالا بودن حجم این تسهیلات در بهبود وضعیت شرکت مؤثر است.

**حجم سرمایه‌گذاری انجام شده:** این سرمایه‌گذاری شامل حجم سرمایه‌گذاری داخلی و خارجی است. واضح است که رابطه این عامل با ورشکستگی رابطه‌ای دو طرفه است. به این معنی که هر چه حجم سرمایه‌گذاری‌ها افزایش یابد، احتمال ورشکستگی کاهش می‌یابد و بالعکس حجم بالای سرمایه‌گذاری به‌ویژه سرمایه‌گذاری خارجی مستلزم رونق و شرایط

مناسب و امنیت بالای سرمایه‌گذاری در داخل است.

نوسانات قیمت نفت: با توجه به حجم بالای ذخایر نفتی در ایران و وابستگی شدید اقتصاد ایران به نفت، نوسانات قیمت آن بر وضعیت مالی شرکت‌ها، به ویژه شرکت‌های وابسته به نفت مؤثر است (چه از نظر مواد اولیه، چه از لحاظ مواد واسطه‌ای و حتی شرکت‌هایی که به فرآوری مواد نفتی اشتغال دارند).

وضعیت جهانی اقتصاد: واضح است که بروز یک شوک جهانی، ورشکستگی بنگاه‌های عظیم‌الجثه، بانک‌های بزرگ و فلج شدن اقتصادهای غول‌پیکر دیر یا زود اثر خود را بر اقتصاد سایر کشورها می‌گذارد.

روابط اقتصادی و تجاری با خارج: چگونگی روابط با کشورهای خارجی، داشتن روابط مناسب یا بالعکس روابط نامناسب بر وضعیت اقتصاد کشور و به دنبال آن شرکت‌های تولیدی که از لحاظ تجهیزات و مواد اولیه به خارج وابسته‌اند مؤثر خواهد بود.

#### متغیرهای ورودی سامانه (قواعد استخراج شده)

همان‌گونه که بیان شد، بازه زمانی مورد بررسی در این پژوهش مربوط به سال ۱۳۸۵-۱۳۷۸ است. از آنجا که داده‌ها تا دو سال قبل از ورشکستگی در این نمونه وجود دارد، پس کلیه عوامل مؤثر بر ورشکستگی شرکت‌ها در فاصله زمانی ۱۳۸۵-۱۳۸۰ به عنوان قواعد در سامانه مبتنی بر پایگاه قواعد قرار می‌گیرد. علت انتخاب این بازه زمانی این است که تا پیش از این روند ورشکستگی شرکت‌ها نسبتاً با ثبات بوده است. اما از آن زمان به بعد حجم شوک‌های وارد شده به اقتصاد ایران و در نتیجه تأثیر آن بر صورت‌های مالی شرکت‌ها چشمگیر بوده است. از این رو برای مقایسه این دو روش و مشخص نمودن اثر عوامل برونزا این بازه زمانی انتخاب گردید.

از آنجا که معیار ورشکستگی قانون ۱۴۱ حقوق تجارت استو بر اساس این قانون، هنگامی یک شرکت ورشکسته مالی تلقی می‌شود که بر اثر زیان‌های وارده نیمی از سرمایه شرکت از بین برود، برای بیان اثر عوامل برونزا و شوک‌های اقتصادی بر وضعیت مالی شرکت‌ها از معیار نسبت سود یا زیان انباشته به حجم سرمایه استفاده شد. بدین ترتیب اثر



هر عامل بر این نسبت بررسی شد. بدین صورت که نرخ تغییر این متغیر به عنوان ملاک برای بیان اثر عوامل برونزا بر وضعیت ورشکستگی شرکت‌ها لحاظ گردید. مجموعه حوادث اتفاق افتاده در این بازه زمانی به شرح زیر است:

- سال‌های ۱۳۸۰ و ۱۳۸۱

• کاهش حجم صادرات نفتی در سال ۸۰ به همراه افزایش واردات کالاهای آماده برای فروش، در مقابل کاهش واردات مواد اولیه و کالاهای واسطه‌ای مورد نیاز برای تولید.

• کاهش حجم سرمایه‌گذاری خارجی در این دو سال.

• کاهش بهای نفت بر اثر حادثه ۱۱ سپتامبر و به دنبال آن کاهش توانایی کشور در واردات کالاهای واسطه‌ای و مواد اولیه مورد نیاز برای تولید.

- در سال ۱۳۸۳، کاهش حجم سرمایه‌گذاری خارجی و کاهش تسهیلات اعطایی همچنان ادامه داشت، ضمن اینکه در این سال دستمزدها با نرخ بالا افزایش یافت که باعث افزایش هزینه‌های تولید گردید.

- در سال ۱۳۸۴-۱۳۸۶ با اجرای سیاست‌های شفاف‌سازی به طور کلی آمار شرکت‌های ورشکسته صعود چشم‌گیری داشته است. مجموعه این سیاست‌ها بدین شرح است:

• کاهش تدریجی حجم یارانه‌های دولتی. افزایش ۱۱ درصدی حجم یارانه‌ها در سال ۸۵ در مقایسه با افزایش ۸۸ درصدی آن در سال ۸۴ مؤید این مطلب است. این تغییر به ویژه در بخش یارانه‌های انرژی منجر به افزایش هزینه‌های تولیدی شرکت‌ها و به دنبال آن افزایش شرکت‌های ورشکسته شد.

• افزایش حقوق و دستمزد کارگران و عدم بهبود در کارایی عوامل تولید به همراه بالا بودن هزینه‌های تولید و هزینه‌های بهره‌پرداختی و بوروکراسی از دیگر عوامل ورشکستگی در این دو سال است.

• آزادسازی ورود کالاها از طریق کاهش تعرفه همراه با عدم بهبود در کیفیت محصولات داخلی، قدرت رقابت بنگاه‌ها را کاهش و روند ورشکستگی

شرکت‌ها را افزایش داده است.

• گذر از نرخ چند گانه ارزش چند گانه همراه با سوبسید به نرخ ارز واحد متمایل به بازار از دیگر عوامل ورشکستگی در این دو سال است.

• کاهش حجم سرمایه‌گذاری خارجی. در این دو سال به طور کلی حجم کل سرمایه‌گذاری انجام شده نسبت به قبل کاهش یافته است. به گونه‌ای که این مقدار در سال ۸۵ نسبت به سال پیش حدود ۳۵ درصد کاهش داشته است. شایان ذکر است چون تأثیر برخی از این شوک‌ها با وقفه است، گاهی اوقات تأثیر برخی از این حوادث در سال‌های بعد معلوم می‌شود. برای ساختن قوانین در پایگاه دانش، تأثیر عوامل بالا را بر نسبت (سرمایه/سود و زیان انباشته) بررسی کردیم تا اثر شوک‌های برونزا بر ورشکستگی مشخص شود.

بدین ترتیب مهم‌ترین حوادثی که در این بازه زمانی بر ورشکستگی شرکت‌ها تأثیر گذار بوده است، به شرح جدول ۱ می‌باشد.

جدول ۱. قوانین استخراج شده در سامانه مبتنی بر پایگاه قواعد

ردیف	اتفاق	تأثیر بر ورشکستگی
۱	کاهش حجم یارانه‌های پرداختی	افزایش
۲	کاهش حجم تسهیلات اعتباری	افزایش
۳	کاهش بهای نفت	افزایش
۴	افزایش حقوق و دستمزد کارگران	افزایش
۵	کاهش سرمایه‌گذاری خارجی	افزایش
۶	افزایش واردات کالاهای ساخته شده	افزایش
۷	کاهش واردات کالاهای واسطه‌ای و مواد اولیه	افزایش
۸	کاهش نرخ تعرفه کالاهای وارداتی	افزایش
۹	گذر از نرخ ارز چند گانه همراه با سوبسید به نرخ ارز واحد	افزایش
۱۰	عدم بهبود کارایی نیروی کار	افزایش
۱۱	بالا بودن هزینه‌های بروکراسی	افزایش

همان طور که ملاحظه شد، اکثر اتفاقات فوق در سال‌های ۸۴ و ۸۵ رخ داده است که آمار بالای شرکت‌های ورشکسته در این دو سال نیز به همین دلیل می‌باشد. برای مثال یکی از این قوانین در سامانه مبتنی بر قواعد این گونه است:

«هرگاه حجم سوبسیدهای دولتی کاهش یابد، ورشکستگی افزایش می‌یابد یا هرگاه حجم سوبسیدها افزایش یابد نسبت (سرمایه/سود یا زیان انباشته) کاهش می‌یابد.»

#### نتایج پیش‌بینی

در این پژوهش، جهت ارائه الگویی با دقت پیش‌بینی بالا، روش سامانه خبره تلفیقی که در حقیقت تلفیقی از روش شبکه عصبی GMDH و سامانه مبتنی بر پایگاه قواعد است ارائه می‌گردد. در نهایت پیش‌بینی‌های ارائه شده توسط سامانه خبره تلفیقی، با نتایج پیش‌بینی شبکه عصبی GMDH، بر اساس معیارهای خطا مقایسه می‌شود.

همان‌گونه که بیان شد، در سامانه خبره تلفیقی برای پیش‌بینی ورشکستگی شرکت‌ها از چهار نسبت مالی به همراه قواعد استخراج شده از سامانه مبتنی بر پایگاه قواعد به عنوان ورودی‌های شبکه عصبی GMDH استفاده شد. این قواعد به صورت نرخ کاهش یا افزایش نسبت (سرمایه/سود یا زیان انباشته) و تحت عنوان متغیر پنجم وارد شبکه گردید. به عبارت دیگر در روش سامانه خبره تلفیقی، شبکه عصبی GMDH با پنج ورودی، شامل نسبت‌های مالی (۴ ورودی) و قواعد استخراج شده از سامانه خبره (۱ ورودی) اجرا می‌گردد، در حالی که در شبکه عصبی GMDH، مدل‌سازی تنها با چهار متغیر ورودی، شامل نسبت‌های مالی انجام می‌شود. خروجی‌های هر دو سیستم به صورت صفر و یک (۰ و ۱) هستند، که عدد «یک» نشان دهنده شرکت‌های ورشکسته و «صفر» نشان دهنده شرکت‌های غیر ورشکسته می‌باشد. برای سنجش دقت پیش‌بینی‌های ارائه شده و مقایسه نتایج پیش‌بینی دو روش (سامانه خبره تلفیقی و شبکه عصبی GMDH) نیز از دو معیار مجذور میانگین مربعات خطا (RMSE) و نرخ دقت پیش‌بینی (CR)<sup>۲</sup> استفاده می‌گردد.

۱. Root Mean Square Error

۲. Correction Rate

نتایج با استفاده از معیار RMSE به شرح زیر مقایسه قرار می‌شود:

که نشانگر مقادیر واقعی متغیر خروجی و آبیانگر مقادیر تخمینی متغیر خروجی است. نتایج مقایسه‌ای دو روش برای سال ورشکستگی (t)، یک سال پیش از ورشکستگی، دو سال پیش از ورشکستگی و نیز میانگینی از نسبت‌های مالی این سه سال در جدول ۲ آمده است.

جدول ۲. مقایسه نتایج با استفاده از معیار RMSE

دوره زمانی	سامانه خبره تلفیقی	شبکه عصبی GMDH
t	۰/۰۴	۰/۰۷
t-۱	۰/۱ (با حوادث سال t) ۰/۱۶ (با حوادث سال t-۱)	۰/۱۴
t-۲	۰/۱۱ (با حوادث سال t)	۰/۱۴۳
میانگین ۳ سال	۰/۰۶ (با حوادث سال t) ۰/۰۶ (با میانگین حوادث ۳ سال)	۰/۱۱

همان طور که ملاحظه می‌گردد، سامانه خبره تلفیقی منجر به بهبود قابل توجه در پیش‌بینی‌های شبکه عصبی GMDH در ورشکستگی شرکت‌ها شده است. به عنوان مثال معیار RMSE در سال ورشکستگی برای روش سامانه خبره تلفیقی ۰/۰۴ است که در مقایسه با مقدار عددی این معیار برای روش شبکه عصبی (۰/۰۷) کمتر است که نشان دهنده کاهش خطای پیش‌بینی سامانه خبره تلفیقی در مقایسه با شبکه عصبی GMDH در پیش‌بینی ورشکستگی شرکت‌هاست.

جهت سنجش دقت پیش‌بینی‌های ارائه شده از دو مدل با استفاده از روش CR، ابتدا باید مقدار زیر را برای هر یک از مقادیر پیش‌بینی  $\hat{y}$  و مقادیر واقعی  $y$  متناظر با آن محاسبه نماییم:

$$Y_t = \left\{ \begin{array}{l} \text{IF } y_{t+1} - y_t > 0 \\ \text{ELSE} \end{array} \right. \text{ THEN } 1 \left. \right\}$$

و

$$\hat{Y}_t = \begin{cases} IF \hat{y}_{t+1} - \hat{y}_t > 0 & THEN \ 1 \\ ELSE & \end{cases}$$

سپس مقدار زیر را برای هر یک از داده‌های آزمون به دست می‌آوریم.

$$PT_t = \begin{cases} IF Y_t - \hat{Y}_t = 0 & THEN \ 1 \\ ELSE & \end{cases}$$

حال مجموع زیر را محاسبه می‌نماییم.

$$SPT = \sum_{t=n}^{n+k} PT_t$$

که در آن  $k$  تعداد داده‌های آزمون می‌باشد.

در نهایت دقت پیش‌بینی به صورت زیر محاسبه می‌گردد.

$$Correction\ Rate = 100 \left( 1 - \left( \frac{SPT}{k} \right) \right)$$

بار دیگر نتایج دو مدل، با استفاده از روش فوق مقایسه شد تا در حقیقت مشخص گردد که هر یک از این دو روش وضعیت چه تعداد از شرکت‌ها را به درستی پیش‌بینی می‌کند. این آزمون یک بار برای سال ورشکستگی (سال  $t$ ) انجام گرفت، به این صورت که داده‌های ۷۰ شرکت برای آموزش شبکه و داده‌های ۲۰ شرکت باقی مانده برای آزمون شبکه به کار گرفته شد. نتایج حاکی از دقت ۱۰۰ درصدی سامانه در پیش‌بینی درست تعداد شرکت‌های ورشکسته بود. برای مقایسه این نتایج با نتایج شبکه عصبی، همین آزمون را این بار تنها با چهار نسبت مالی به عنوان ورودی‌های شبکه عصبی انجام دادیم که نتایج نشان از دقت ۹۵ درصدی شبکه داشت. یعنی شبکه وضعیت ۱۹ شرکت از ۲۰ شرکت را به درستی پیش‌بینی نمود. این مقایسه نشان دهنده دقت بالاتر سامانه خبره تلفیقی در مقابل شبکه عصبی GMDH است. به عبارت دیگر فرضیه پژوهش مبنی بر افزایش دقت پیش‌بینی شبکه عصبی با به کارگیری سامانه خبره افزایش می‌یابد، تأیید شد. این آزمون برای داده‌های سال  $t-1$ ،  $t-2$  و میانگین نسبت‌های مالی این سه سال نیز انجام شد که در این آزمون‌ها نیز نتایج تأیید کننده فرضیه پژوهش بود. نتایج آن در جدول ۳ نشان داده شده است.

جدول ۳. مقایسه دقت پیش‌بینی

دوره زمانی	سامانه خبره تلفیقی	شبکه عصبی GMDH
t	٪۱۰۰	٪۹۵
t-۱	٪۹۰ (با حوادث سال t) ٪۸۰ (با حوادث سال t-۱)	٪۷۵
t-۲	٪۸۵ (با حوادث سال t)	٪۸۰
میانگین ۳ سال	٪۹۵ (با حوادث سال t) ٪۹۵ (با میانگین حوادث ۳ سال)	٪۸۵

دقت پیش‌بینی از تقسیم تعداد پیش‌بینی‌های درست به کل پیش‌بینی‌ها به دست می‌آید. همان‌طور که می‌بینیم در همه موارد سامانه خبره، دقت شبکه عصبی را به صورت معناداری بالا برده است. از آنجا که اکثر حوادث منجر به ورشکستگی حداکثر یک سال پیش از ورشکستگی شرکت‌ها اتفاق افتاده است، برای سال t-۲ قاعده‌ای لحاظ نشده است. به همین جهت برای دو سال پیش از ورشکستگی شوک‌های سال ورشکستگی به عنوان قواعد وارد سامانه شده است. به همین ترتیب برای میانگین نسبت‌های مالی سه سال، یک بار با حوادث سال t و یک بار با میانگین حوادث سه سال آزمون کردیم، که نتایج نشان دهنده تأثیر معنادار سامانه‌ها بالا بردن دقت شبکه عصبی است. این مسئله گویای این است که برای پیش‌بینی شرایط آتی شرکت‌ها باید تأثیر سایر عوامل برونزا را که ممکن است تا سال مورد نظر اتفاق افتد را لحاظ کرد. همچنین نتایج نشان دهنده این است که هر چه به سال ورشکستگی نزدیک می‌شویم دقت شبکه عصبی در پیش‌بینی افزایش می‌یابد.

## ۶. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در این پژوهش به پیش‌بینی ورشکستگی شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار با استفاده از سامانه خبره تلفیقی پرداختیم. برای این کار ابتدا عوامل مؤثر بر ورشکستگی شرکت‌ها را با استفاده از روش داده کاوی وب، بررسی و با استفاده از آنها در سامانه مبتنی بر پایگاه قواعد قواعد، مدل را استخراج نمودیم. تأثیر هر یک از این عوامل بر نسبت (سرمایه/ سود یا زیان انباشته) بررسی شد تا تأثیر این شوک‌های برونزا بر ورشکستگی مشخص شود. بدین ترتیب نرخ تغییر این متغیر به همراه چهار نسبت مالی نسبت جاری،

حاشیه سود ناخالص، نسبت سود خالص به بدهی جاری و بازدهی مجموع دارایی‌ها، به عنوان ورودی‌های شبکه عصبی GMDH لحاظ گردید. این کار هم برای سال ورشکستگی و هم برای یک سال و دو سال پیش از وقوع آن انجام گرفت. یک بار هم برای میانگینی از این سه سال پیش‌بینی صورت گرفت.

بر اساس نتایج این پژوهش، در همه موارد، نتایج استخراجی حاصل از سامانه خبره، به صورت معناداری دقت پیش‌بینی شبکه عصبی GMDH را افزایش می‌دهد. به خصوص در سال‌های ۸۴ و ۸۵ که به خاطر اجرای سیاست‌های شفاف‌سازی، آمار شرکت‌های ورشکسته بالا بود، این تفاوت معنادارتر می‌باشد. لحاظ قواعد مستخرج از سامانه خبره که منتج از شوک‌های برونزای وارده شده بر اقتصاد هستند، باعث می‌شود وضعیت شرکت‌ها به صورت دقیق‌تری الگوسازی و پیش‌بینی شوند. این نتیجه‌گیری نشان دهنده این است که برای بررسی وضعیت شرکت‌ها علاوه بر متغیرهای مالی که ناظر بر وضعیت داخلی آنهاست، باید اثر شوک‌ها و اتفاقات حاکم بر کل اقتصاد نیز در نظر گرفته شوند. بسیاری از ورشکستگی‌ها تنها ناشی از ضعف‌های موجود در داخل شرکت‌ها نیست. از این رو برای فرار از ورشکستگی، شرکت‌ها باید علاوه بر بهبود ساختار داخلی خود، به بررسی وضعیت اقتصادی حاکم بر کشور نیز پردازند و خود را برای رویارویی با شوک‌های احتمالی آماده نمایند.

## ۷. منابع

- ابریشمی، حمید؛ علی معینی؛ محسن مهرآرا، مهدی احراری، فاطمه سلیمانی کیا (۱۳۸۷)، «مدل سازی و پیش‌بینی قیمت بنزین با استفاده از شبکه عصبی GMDH»، فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی ایران، دانشکده اقتصاد علامه طباطبائی، شماره ۳۶، پاییز.
- کمیجانی، اکبر و جواد سعادت فر (۱۳۸۵)، «تعیین مدل بهینه احتمال شرطی برای پیش‌بینی ورشکستگی اقتصادی شرکت‌ها در ایران»، نامه مفید، سال ۱۲، شماره ۵۷، دی.
- معینی، علی، محسن مهرآرا، مهدی احراری (۱۳۸۷)، «محاسبه هوشمند حداکثر عایدی در بازار پیش‌خرید و پیش‌فروش نفت خام»، فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی، مؤسسه مطالعات بین‌المللی انرژی، شماره ۱۹، زمستان.

مکیان، سید نظام الدین، سلیم کریمی تکلو (۱۳۸۸)، «پیش‌بینی ورشکستگی شرکت‌های تولیدی با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی (مطالعه موردی: شرکت‌های تولیدی استان کرمان)»، *فصلنامه اقتصاد مقداری*، دانشکده اقتصاد و علوم اجتماعی، دانشگاه شهید چمران اهواز، دوره ششم، شماره اول، بهار.

مکیان، سید نظام الدین، سید محمد تقی المدرسی، کریمی تکلو (۱۳۸۸)، «مقایسه مدل شبکه‌های عصبی مصنوعی با روش‌های رگرسیونی لجستیک و تحلیل ممیزی در پیش‌بینی ورشکستگی شرکت‌ها»، *فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی*، دانشکده اقتصاد، دانشگاه تربیت مدرس، تابستان، ۱۰(۲)، ۱۴۱-۱۶۱.

مهرآرا، محسن، نفیسه بهرام‌مهر، مهدی احراری، محسن محقق (۱۳۸۹)، «پیش‌بینی بی‌ثباتی قیمت نفت با استفاده از شبکه عصبی GMDH»، *فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی*، مؤسسه مطالعات بین‌المللی انرژی، شماره ۲۵، تابستان.

مهرانی، ساسان؛ کاوه مهرانی، یاشار منصفی، غلامرضا کرمی (۱۳۸۴)، «بررسی کاربردهای الگوی پیش‌بینی ورشکستگی زیمسکی و شیراتا در شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران»، *بررسی‌های حسابداری و حسابرسی*، سال ۱۲، شماره ۴۱، پاییز.

ورهرامی، ویدا (۱۳۸۸)، *پیش‌بینی نوسانات قیمت نفت با استفاده از سامانه خبره تلفیقی*، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده اقتصاد دانشگاه تهران، بهمن ۱۳۸۸.

Altman, E. and Saunders (۱۹۹۸), A. *Credit Risk Measurement: Developments Over The Last ۲۰ Years*. Journal of Banking and Finance, ۲۱. p: ۱۷۲۱-۱۷۴۲.

Altman, E. (۱۹۶۸), "Financial Ratios, Discriminate Analysis and the Prediction of Corporate Bankruptcy", *The Journal of Finance*, ۲۳(۴): p. ۵۸۹-۶۰۹

Altman, E. Haldeman, R.G. And Narayanon, P. (۱۹۸۸), *Zeta Analysis: A New Model To Identify Bankruptcy Risk of Corporations*. Journal of Banking and Finance, ۱. p: ۲۹-۵۴.

Altman, E. (۲۰۰۰), *Prediction Financial Distress of Companies: Revisiting the Z-Score and Zeta Models*. New York University.

Atashkari, N. Nariman-Zadeh, M. Gölcü, A. Khalkhali and A. Jamali, (۲۰۰۷), "Modelling and multi-objective optimization of a variable valve-timing spark-ignition engine using polynomial neural networks and evolutionary algorithms", *Energy Conversion and Management*, Volume



- ۴۸, Issue ۳, March, Pages ۱۰۲۹-۱۰۴۱.
- Amanifard, N. Nariman-Zadeh, M. Borji, A. Khalkhali and A. Habibdoust (۲۰۰۸), "Modelling and Pareto optimization of heat transfer and flow coefficients in micro channels using GMDH type neural networks and genetic algorithms", *Energy Conversion and Management*, Volume ۴۹, Issue ۲, February, Pages ۳۱۱-۳۲۵.
- Aziz, A. Emanuel, D. and Lawson, G. (۱۹۸۸), *Bankruptcy Prediction: An Investigation of Cashflow Based Models*. *Journal of Management Studies*, ۲۵(۵). p: ۴۱۹-۴۳۷.
- Beaver, W. (۱۹۶۶), *Financial Ratios As Prediction of Failure*. *Journal of Accounting Research*, ۴. p: ۷۱-۱۱۱.
- Blum, M. (۱۹۷۴), *Failing Company Discriminate Analysis*. *Journal of Accounting Research*, ۱۲(۱). p: ۱-۲۵.
- Horrigan, J. (۱۹۶۸), *A Short History of Financial Ratio Analysis*. *The Accounting Review*, p: ۲۸۴-۲۹۴.
- Ivakhnenko, A. G. (۱۹۷۱), *Polynomial Theory of Complex Systems*. *IEEE Trans. Syst, Man and Cybern*, p: ۳۶۴-۳۷۸.
- Ohlson, J. (۱۹۸۰), "Financial Ratios and the Probabilistic Prediction of Bankruptcy", *Journal of Accounting Research*, ۱۸(۱). p: ۱۰۹-۱۳۱.
- Rajman, M. and Besanon. R. (۱۹۹۸) *Text-Mining Knowledge Extraction From Unstructured Textual Data*. The ۷th Conference of International Federation of Classification Societies Rome.
- Salchenger, L.; Cinar, E. and Lash, N. (۱۹۹۹), "Neural Networks: A New Tool for Predicting Thrift Failiure", *Decision Sciences*, ۲۳. p: ۸۹۹-۹۱۶.
- Salton, G., Wang, A. et al. (۱۹۷۱), *A Vector Space Model for Automatic Indexing*, *Gommunication of the ACM*, ۱۸. P: ۶۱۳-۶۲۰.
- Shi, Z. (۲۰۰۲) *Knowledge Discovery*. Tsinghai University press,
- Sirivivasan, D. (۲۰۰۸) *Energy Demand Prediction using GMDH Networks*. *Neuro Computing*,. ۷۲. p: ۶۲۵-۶۲۹.
- Wang, S., L. Yu, et al. (۲۰۰۳), "A Hybrid System for Forex Forecasting with TEL@I Methodology". *Journal of Systems Science and Complexity*, ۱۸.