

مقایسه سیستم‌های هوش مصنوعی (ANN و ANFIS) و رگرسیون لجیت در پیش‌بینی ورشکستگی مالی شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران

علیرضا بحیرایی^{۱*}، کیوان اعتمادی^۲، امیر گرامی اصل^۳

۱- استادیار ریاضیات مالی، دانشکده ریاضی و آمار و علوم کامپیوتر، دانشگاه سمنان

۲- کارشناسی ارشد ریاضی مالی، دانشکده ریاضی و آمار و علوم کامپیوتر، دانشگاه سمنان

۳- کارشناسی ارشد MBA مالی، دانشکده اقتصاد و مدیریت، دانشگاه سمنان

چکیده

تشخیص فرصت‌های مناسب سرمایه‌گذاری، از کلیدی‌ترین عناصر موفقیت در صنعت خدمات مالی است. یکی از ملاک‌های مهم ارزیابی میزان سرمایه‌گذاری در بازاریابی خدمات مالی، پیش‌بینی ورشکستگی شرکت‌هاست. تا به امروز تکنیک‌های مختلفی برای طراحی مدل‌های پیش‌بینی ورشکستگی شرکت‌ها استفاده شده است. از آنجا که مطالعات اخیر در زمینه پیش‌بینی ورشکستگی، بر ایجاد و به‌کارگیری هوش مصنوعی و روش‌های یادگیری ماشینی متمرکز شده است، در پژوهش حاضر به منظور پیش‌بینی ورشکستگی شرکت‌ها از سه روش شبکه‌های عصبی-فازی (ANFIS)، شبکه‌های عصبی مصنوعی (ANN) و رگرسیون لجیت استفاده شده است. نمونه تحت بررسی شامل ۷۱ شرکت ورشکسته و ۷۴ شرکت سالم هستند که طی یک دوره پنج‌ساله از سال ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۴ از بورس اوراق بهادار تهران انتخاب شده‌اند. یافته‌های پژوهش گویای آن است که در پیش‌بینی ورشکستگی شرکت‌ها، مدل مبتنی بر شبکه‌های عصبی مصنوعی (ANN) نسبت به مدل مبتنی بر شبکه‌های عصبی-فازی (ANFIS) و رگرسیون لجیت (LR) از دقت کلی بیشتری برخوردار است.

واژه‌های کلیدی: پیش‌بینی، ورشکستگی مالی، شبکه‌های عصبی-فازی (ANFIS)، شبکه‌های عصبی مصنوعی (ANN)، رگرسیون لجیت (LR)، بازاریابی مالی

مقدمه

امروزه در تمام اقتصادهای توسعه یافته و یا در حال توسعه، از سرمایه گذاری و سرمایه گذاران به شکل گسترده ای حمایت می شود. در دهه های اخیر، تشکیل بازارهای مالی جدید، تشدید رقابت بین شرکت ها و همچنین، تغییرات سریع اقتصادی، اجتماعی و تکنولوژی باعث افزایش عدم اطمینان و بی ثباتی در محیط های مالی شده و به تبع آن پیچیدگی فرایند بازاریابی خدمات مالی نیز بیشتر شده است. از مسائلی که می تواند به فرایند تصمیم گیری در مورد سرمایه گذاری در بازاریابی خدمات مالی کمک کند، وجود ابزارها و مدل های مناسب برای ارزیابی شرایط و وضعیت مالی سازمان هاست که از جمله مهمترین این ابزارها می توان به مدل های پیش بینی ورشکستگی شرکت ها اشاره کرد. پیشرفت سریع فناوری و تأثیر آن در دنیای کسب و کار به همراه تغییرات محیطی وسیع، شتاب فزاینده ای به اقتصاد بخشیده؛ به نحوی که رویکرد رقابتی بنگاه اقتصادی در زمینه دستیابی به سود را محدود و احتمال ورشکستگی و ریسک مالی شرکت ها را افزایش داده است. سرمایه گذاران و اعتباردهندگان تمایل زیادی برای پیش بینی ورشکستگی مالی شرکت ها دارند؛ زیرا در صورت ورشکستگی آنها بالاترین هزینه را متحمل خواهند شد. به همین علت، پیش بینی درست ورشکستگی مالی شرکت ها، در تصمیم گیری مؤسسات مالی بسیار مهم قلمداد می شود. تصمیم گیری اشتباه می تواند پیامدهای مهمی چون تنگناها و بحران های مالی را به همراه داشته باشد.

در سال های اخیر الگوریتم های متفاوتی در زمینه داده کاوی برای پیش بینی در حوزه های مختلف به کار گرفته شده که به تدریج در حوزه مالی نیز استفاده شده اند. پژوهش ها نشان می دهد که با پیشرفت علم داده کاوی، الگوریتم های جدید از توان بالاتری برای پیش بینی برخوردارند. این پژوهش سعی دارد به منظور پیش بینی ورشکستگی شرکت های تولیدی از شبکه های عصبی مصنوعی (ANN) استفاده کند و نتایج به دست آمده را با نتایج حاصل از پیش بینی ورشکستگی با استفاده از شبکه های عصبی-فازی (ANFIS) و رگرسیون لجیت (LR) مقایسه کند و در نهایت، به این سؤال پاسخ دهد که: «دقت پیش بینی کدام یک از روش های به کار گرفته شده، بیشتر است؟».

اصطلاحات پژوهش

تسهیلات اعتباری: تسهیلات پرداختی توسط بانک ها در قالب عقود اسلامی به مشتریان بانک است.

ریسک اعتباری: احتمال عدم انجام تعهد مشتری نسبت به بانک است. تسهیلاتی که اصل و فرع آن به طور کلی پرداخت نمی شود و یا با تأخیر همراه است، منشأ ریسک اعتباری برای بانک است.

اعتبارسنجی: ارزیابی و سنجش توان بازپرداخت متقاضیان اعتبار و تسهیلات و احتمال عدم بازپرداخت اعتبارات دریافتی از سوی آنهاست.

رتبه بندی اعتباری: روش علمی بر پایه مدل های آماری است که با استفاده از تاریخچه اعتباری و

حساب‌های فعال یک فرد و سایر متغیرها ارزش اعتباری او را می‌توان تخمین زد.

ورشکستگی مالی: در ادبیات مالی واژه‌های غیر متمایزی برای ورشکستگی وجود دارد. برخی از این واژه‌ها عبارتند از: وضع نامطلوب مالی، شکست، عدم موفقیت واحد تجاری، وخامت، ورشکستگی، عدم قدرت پرداخت دیون و غیره. در فرهنگ و بستر «شکست» چنین تعریف شده است: «توصیف یا حقیقتِ نداشتن یا عدم کفایت وجوه در کوتاه مدت».

شبکه‌های عصبی مصنوعی (ANN): شبکه‌های عصبی مصنوعی جزو سیستم های دینامیکی هوشمند مدل آزاد^۱ قلمداد می‌شوند که با پردازش داده‌های تجربی، دانش یا قانون نهفته در ورای داده‌ها را به ساختار شبکه منتقل می‌کنند. اهمیت این مدل در آن است که می‌تواند فرایندهایی را که به پارامترهای گوناگون و با درجه اهمیت متفاوت بستگی دارند، توصیف و بررسی و سپس پاسخ قانع کننده‌ای را ارائه کند. استفاده از شبکه‌های عصبی در حل مسائل پیچیده کاربردی، این روزها بیش از پیش رواج یافته است. این سیستم‌های مبتنی بر هوش محاسباتی^۲ سعی در مدل سازی ساختار نرو-سیناپتیکی مغز انسان دارند. مؤلفه‌های مهم و اساسی هوش محاسباتی یا محاسبات نرم^۳، شبکه‌های عصبی (محاسبات نرونی)، منطق فازی (محاسبات تقریبی) و الگوریتم ژنتیک (محاسبات ژنتیکی) هستند که هر یک به نوعی مغز را الگو قرار

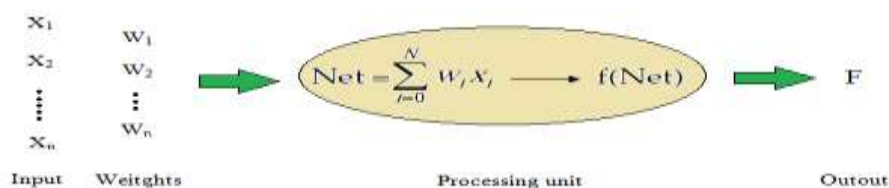
داده‌اند.

اجزای تحلیلی شبکه عصبی: اجزای شبکه عصبی مصنوعی عبارتند از: ورودی‌ها، خروجی‌ها^۴، نرون‌ها^۵، وزن‌ها^۶ و توابع تبدیل (توابع فعالیت)^۷.

کیفیت پردازش اطلاعات در یک نرون مصنوعی: فرایند پردازش اطلاعات در یک نرون مصنوعی را می‌توان به صورت نمودار زیر نشان داد. این نمودار مجموعه‌ای از ورودی‌ها، وزن‌ها و واحد پردازش اطلاعات و خروجی را شامل می‌شود.

4 Inputs & Outputs
5 Neurons
6 Weights
7 Transfer Function (Activation Function)

1 Model-free
2 Computational-intelligence
3 Soft-computing



شکل ۱: کیفیت پردازش اطلاعات در یک نرون مصنوعی

الگوریتم یادگیری هنوز دانش و هنری نامکشوف بوده، به تجربه زیادی نیاز دارد^۵ (نیکلا، ۲۰۰۹).

رگرسیون لجیت (LR): مدل رگرسیون لجیت یکی از مدل‌های رگرسیونی است که از تابع سیگموئیدی برای تمیز یا تشخیص دو یا چند گروه متمایز از هم استفاده می‌کند. در اصطلاح آماری بخت به معنی نسبت احتمال وقوع یک حادثه (p_i) بر احتمال عدم وقوع $(1 - p_i)$ آن است. احتمال بین ۰ و ۱ تغییر می‌کند؛ در حالی که بخت ممکن است بیش از یک باشد. رگرسیون لجیت به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$z_i = \ln\left(\frac{P_i}{1 - P_i}\right) = \beta_0 + \sum_{i=1}^n \beta_i X_i$$

$$P_i = \pi_i(x_1, x_2, \dots, x_k) = \frac{e^{\beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i x_i}}{1 + e^{\beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i x_i}}$$

نمودار تابع سیگموئیدی لجیت به شکل زیر است:

قواعد یادگیری در شبکه‌های عصبی:

آموزش^۱ (یادگیری) شبکه عصبی از طریق تغییر وزن‌های ارتباطی بین نرون‌ها صورت می‌گیرد. به طور کلی، آموزش شبکه عصبی به دو نوع «آموزش با سرپرست^۲» و «آموزش بدون سرپرست^۳» تقسیم می‌شود.

شبکه‌های عصبی-فازی (ANFIS): شبکه

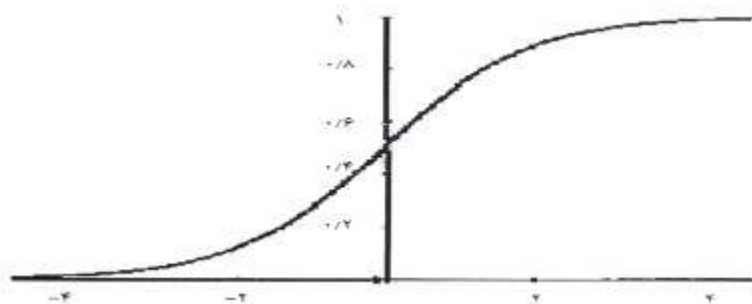
عصبی فازی، یک طرح هوشمند ترکیبی است که از دو جزء منطق فازی و شبکه‌های عصبی نشأت گرفته است. شبکه‌های عصبی قابلیت یادگیری از روی داده‌ها را دارا هستند؛ در صورتی که راه حل‌های منطق فازی به آسانی قابلیت‌های اصلاح و بهینه‌سازی را امکان پذیر می‌سازند (تسی چی، ۲۰۰۸)؛ اما کاربردهای شبکه عصبی به چند علت عمده محدود شده است: اول اینکه راه حل‌هایی که توسط شبکه‌های عصبی به دست می‌آیند، همانند یک جعبه سیاه بوده، امکان تفسیر و یا تصحیح و تغییر یک رفتار مشخص از شبکه عصبی به صورت دستی وجود ندارد؛ دوم، محاسبات حجیمی که برای انجام آن نیاز است، عاملی بازدارنده برای تولید انبوه اکثر محصولات محسوب می‌شود، و علت سوم اینکه انتخاب مدل شبکه‌ای مناسب و تنظیم پارامترهای

1 Train

2 Supervised Training

3 Unsupervised Training

4 - (Tasi-chi,2008)



شکل ۲: نمودار تابع سیگموئید

فرضیات پژوهش

فرضیه اصلی: فرضیه اصلی این پژوهش با توجه به هدف پژوهش بیان شده در فوق به این شرح است: «دقت کلی پیش بینی ورشکستگی شرکت ها با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی بیشتر از شبکه های عصبی-فازی و رگرسیون لجیت است.»

فرضیه های فرعی: بین میزان بدهی متقاضی به بانک و ریسک اعطای اعتبار رابطه معنادار وجود دارد، بین نوع وثیقه های ارائه شده توسط مشتریان و ریسک اعطای اعتبار رابطه معنادار وجود دارد، بین داشتن چک برگشتی و ریسک اعطای اعتبار رابطه معنادار وجود دارد، بین نحوه بازپرداخت تعهدات قبلی و ریسک اعطای اعتبار رابطه معنادار وجود دارد، بین نسبت سرمایه گذاری و ریسک اعطای اعتبار رابطه معنادار وجود دارد و ...

جامعه و نمونه آماری: جامعه آماری مورد بررسی در این پژوهش، کلیه شرکت های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران هستند که طی دوره پنج ساله از سال ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۴ فعالیت داشته اند و همچنین، کلیه اطلاعات لازم در باره آنها، در دسترس است. نمونه آماری مورد استفاده، متشکل از دو گروه شرکت های ورشکسته و سالم است. ملاک انتخاب

شرکت های ورشکسته، شرکت های حسابرسی شده ای هستند که طی سال های ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۴ مشمول ماده ۱۴۱ قانون تجارت شده اند؛ مشروط بر این که تا دو سال قبل از ورشکستگی، مشمول ماده ۱۴۱ نشده باشند.

پیشینه پژوهش

بحیرایی و همکاران (۱۳۹۴) نشان دادند که سودآوری بازار سرمایه و اطمینان از عدم ورشکستگی شرکت ها، علاوه بر توسعه بازار سرمایه به توسعه صنعت خدمات مالی و افزایش سرمایه گذاری در بخش بازاربای خدمات مالی منجر می شود. نتایج مطالعات دامغانیان و همکاران (۱۳۹۴) نیز نشان داد که با کنترل سوگیری های رفتاری سرمایه گذاران و کاهش احتمال ورشکستگی، درآمد صنعت ارائه خدمات مشاوره مالی افزایش پیدا کرده، به افزایش هزینه های بازاریابی خدمات مالی منجر می شود. همچنین، گرامی و همکاران (۱۳۹۴) با بررسی اثر احتمال ورشکستگی شرکت به عنوان یکی از پارامترهای تصویر شرکت، به این نتیجه رسیدند که احتمال ورشکستگی شرکت تأثیر منفی و معناداری بر ارزش ویژه برند داشته، به کاهش اثر بخشی بازاریابی خدمات لیزینگ در کشور منجر شده است. طباطبایی و گرامی (۱۳۹۴) نشان دادند که

مدل هایی، سودمندی آنها یا به عبارت دیگر، عملکرد آنهاست. عملکرد یک مدل نشان می‌دهد که یک مدل تا چه اندازه درست عمل می‌کند و با خطای کلی طبقه‌بندی مدل رابطه عکس دارد.

مدل سازی شبکه عصبی و اجرای عملیات

در شبکه عصبی: پس از اینکه داده های مورد نیاز پژوهش جمع آوری شد، این داده‌ها به دو مجموعه داده‌های آموزش و داده‌های ارزیابی تقسیم شد. از داده‌های یادگیری برای آموزش مدل و از داده‌های ارزیابی به منظور محاسبه میزان خطای الگوریتم، روی داده‌هایی که تاکنون مشاهده نکرده است، استفاده می‌شود. البته، برای اینکه ارزیابی مناسب باشد، تعداد یک اجرای الگوریتم کفایت نمی‌کند. به بیان دیگر، زمانی که یک مجموعه داده در اختیار گذاشته می‌شود، باید بخشی از آن را برای ارزیابی نهایی کنار گذاشت و از بقیه برای یادگیری استفاده کرد و مجدداً دو مجموعه را تغییر داد و دوباره مدل را ارزیابی کرد. پس از تقسیم نمونه‌های پژوهش، به دو دسته داده‌های یادگیری و ارزیابی؛ به پیاده‌سازی مدل‌ها اقدام شد، که برای پیاده‌سازی مدل‌ها، از نرم افزار متلب نسخه ۲۰۱۵ و رابط گرافیکی شبکه عصبی (GUI, NNtool) استفاده شده است.

معماری سیستم های استنتاج فازی-عصبی

تطبیقی: بهترین سیستم استنتاج فازی مورد استفاده در سیستم‌های استنتاج فازی-عصبی تطبیقی مدل سوگینو است. برای سادگی فرض می‌شود که سیستم‌های استنتاج فازی مورد نظر، دو ورودی X و Y و یک خروجی دارد. برای مدل فازی سوگینو مرتبه اول مجموعه قوانین اگر-آنگاه به صورت زیر است:

$$\text{Rule1 : if } X \text{ is } A_1, \text{ and } y \text{ is } B_1, \text{ then } f_1 = P_1 X + q_1 Y + r_1$$

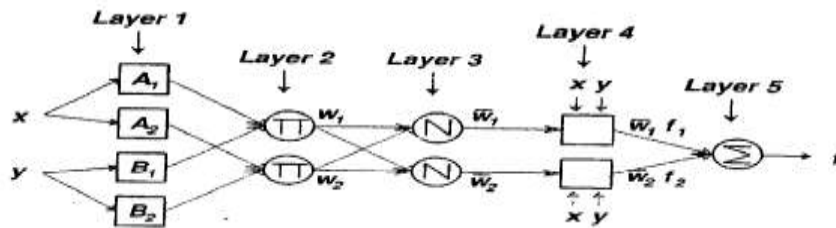
$$\text{Rule1 : if } X \text{ is } A_2, \text{ and } y \text{ is } B_2, \text{ then } f_2 = P_1 X + q_2 Y + r_2$$

زبان گریزی سرمایه‌گذاران باعث کاهش اقبال عمومی به سرمایه‌گذاری در صنایع ورشکسته شده، به افزایش هزینه‌های بازاریابی و کاهش کارایی خدمات بازاریابی در این صنایع منجر می‌شود. در رابطه با روش‌های پیش‌بینی ورشکستگی شرکت‌ها، میرزائی (۱۳۹۳) نشان داد که روش شبکه عصبی دارای خطای کمتر و قدرت توضیح دهنده‌گی بالاتر بوده، در نتیجه، پیش‌بینی بهتری را نسبت به روش اریما نشان می‌دهد. حاجی امیری و همکاران (۱۳۹۲) نشان دادند که استفاده از الگوریتم ژنتیک در پیش‌بینی ورشکستگی مالی بسیار مؤثر است. نتایج مطالعه مصطفوی و فیلی (۱۳۹۱) نشان دهنده عملکرد بهتر مدل برنامه نویسی ژنتیک خطی در مقایسه با نتایج حاصل از مدل‌های موجود در ادبیات فنی است. خدادادی و همکاران (۱۳۹۳) به این نتیجه رسیدند که مدل لجیت با متغیرهای حسابداری از قدرت بالایی در پیش‌بینی ورشکستگی شرکت‌ها برخوردار است و روش الگوریتم ژنتیک از عملکرد بالاتری نسبت به روش‌های فیلترکننده برخوردار است. احمدپور و میزسای (۱۳۹۳) نشان دادند که توان شبکه عصبی در پیش‌بینی احتمال ورشکستگی بالاتر از روش تحلیل تمایزی چندگانه است.

روش پژوهش

ساختار کلی مدل‌های پیش‌بینی

ورشکستگی: مدل‌های پیش‌بینی ورشکستگی رابطه بین وقوع ورشکستگی در یک شرکت و یک یا چند متغیر توضیحی را بیان می‌کنند و هدف نهایی آنها طراحی ابزاری برای پیش‌بینی وقوع ورشکستگی شرکت‌هاست. این مدل‌ها از نوع مدل‌های طبقه‌بندی هستند و لذا صرف نظر از تکنیک و متغیرهای استفاده شده برای طراحی آنها، مسأله اصلی در ارتباط با چنین



شکل ۳: معماری سیستم های استنتاج فازی-عصبی تطبیقی

لایه سوم: هر گره در این لایه یک گره ثابت با برجسب N است. آمین گره در این لایه نسبت i آمین قدرت آتش قانون را به مجموع قدرت آتش های قوانین محاسبه می کند.

$$O_{2,j} = \overline{W}_i = \frac{w_i}{w_i + w_j}, i=1,2$$

خروجی این لایه قدرت های آتش نرمالیزه شده نامیده می شود.

لایه چهارم: هر گره از i در این لایه یک گره تطبیقی با تابع گره است.

$$O_{3,i} = w_i f_i = \overline{W}_i (p_i x + q_i y + r_i)$$

W_i قدرت نرمالیزه شده در لایه سوم، و (p_i, q_i, r_i) مجموعه پارامترهای این گره است و پارامترهای این لایه پارامترهای تالی نامیده می شوند.

لایه پنجم: گره انتهایی این لایه یک گره با برجسب است که خروجی کلی را به عنوان مجموع همه سیگنال های ورودی محاسبه می کند.

$$\sum w_i f_i = \frac{\sum_i w_i f_i}{\sum_i w_i} = \text{Overall output} = O_{5i}$$

یافته های پژوهش

همان طور که در جدول ۱ مشاهده می شود، شبکه عصبی با ۰,۰۲ خطا می تواند احتمال ورشکستگی ۱۴۵ شرکت مالی را پیش بینی کند، که این نشان می دهد

سیستم های استنتاج فازی-عصبی تطبیقی دارای پنج لایه اند که در زیر به آنها اشاره شده است:

لایه اول: هر گره از i در این لایه یک گره تطبیقی با تابع گره

$$O_{1,i} = \mu A_i(X) \text{ for } i=1, 2 \text{ or } O_{1,i} = \mu B_{i-2}(y) \text{ for } i=3, 4$$

است که در آن X ورودی به گره i و A_1 یا B_{i-2} یک برجسب زبانی مانند کوچک یا بزرگ است که با این گره انجمن شده است. به بیان دیگر $O_{1,i}$ درجه عضویت مجموعه فازی $A=(A_1, A_2 \text{ OR } B_2, B_2)$ است. در اینجا تابع عضویت برای A می تواند یک تابع عضویت پارامتری مانند تابع زنگوله ای کلی باشد.

$$\text{bell}(x;a,b,c) = \frac{1}{1 + \left| \frac{x-c}{a} \right|^{2b}}$$

که در آن (a, b, c) مجموعه پارامترهاست. وقتی که مقادیر این پارامترها تغییر می یابد، تابع زنگوله ای شکل، تغییر شکل داده، پارامترهای مبنا نامیده می شود.

لایه دوم: هر گره در این لایه یک گره ثابت با برجسب II است که خروجی آن ضرب سیگنال های ورودی است.

$$O_{2i} = \mu A_i(X) \cdot \mu B_i(y), j=i,2$$

خروجی هرگاه قدرت آتش یک قانون را بیان می کند. در حالت کلی، هر- T نرم دیگری که بیان کننده AND فازی باشد، می تواند به عنوان تابع گره در این لایه به کار گرفته شود.

مدل شبکه عصبی در مقایسه با دو مدل دیگر از قدرت پیش بینی بالاتری برخوردار است.

جدول ۱: پیش بینی ورشکستگی ۱۴۵ شرکت با استفاده از شبکه عصبی در متلب

نوع شرکت	صحیح	غلط	جمع
ورشکسته=۱	۶۹	۲	۷۱
سالم=۰	۷۳	۱	۷۴
جمع	۱۴۲	۳	۱۴۵

متغیرهای مستقل و عدم دستکاری داده‌ها (به علت حساسیت شرکت های مالی به داده‌ها) است.

در جدول ۲ مشاهده می شود که شبکه عصبی-فازی با ۰,۶۴ خطا می تواند احتمال ورشکستگی ۱۴۵ شرکت مالی را پیش بینی کند. علت خطای زیاد، تعداد زیاد

جدول ۲: پیش بینی ورشکستگی ۱۴۵ شرکت با استفاده از شبکه عصبی-فازی

نوع شرکت	صحیح	غلط	جمع
ورشکسته=۱	۳۵	۳۶	۷۱
سالم=۰	۴۶	۲۸	۷۴
جمع	۸۱	۶۴	۱۴۵

های غیرورشکسته را بهتر پیش بینی کرده‌اند که این مشکل نیز ممکن است با افزایش حجم نمونه شرکت های ورشکسته برطرف شود. شایان ذکر است که این موضوع در این پژوهش به علت محدودیت های جامعه آماری امکان پذیر نبود.

همان طور که در جدول ۳ مشاهده می شود، مدل رگرسیون لجیت با ۰,۰۷ خطا می تواند احتمال ورشکستگی ۱۴۵ شرکت مالی را پیش بینی کند، که این نشان می دهد در اینجا مدل رگرسیون لجیت در مقایسه با شبکه عصبی- فازی از قدرت پیش بینی بالاتری برخوردار است. از طرف دیگر، هر سه مدل شرکت

جدول ۳: پیش بینی ورشکستگی ۱۴۵ شرکت با استفاده از رگرسیون لجیت

نوع شرکت	صحیح	غلط	جمع
ورشکسته=۱	۶۶	۵	۷۱
سالم=۰	۶۹	۵	۷۴
جمع	۱۳۵	۱۰	۱۴۵

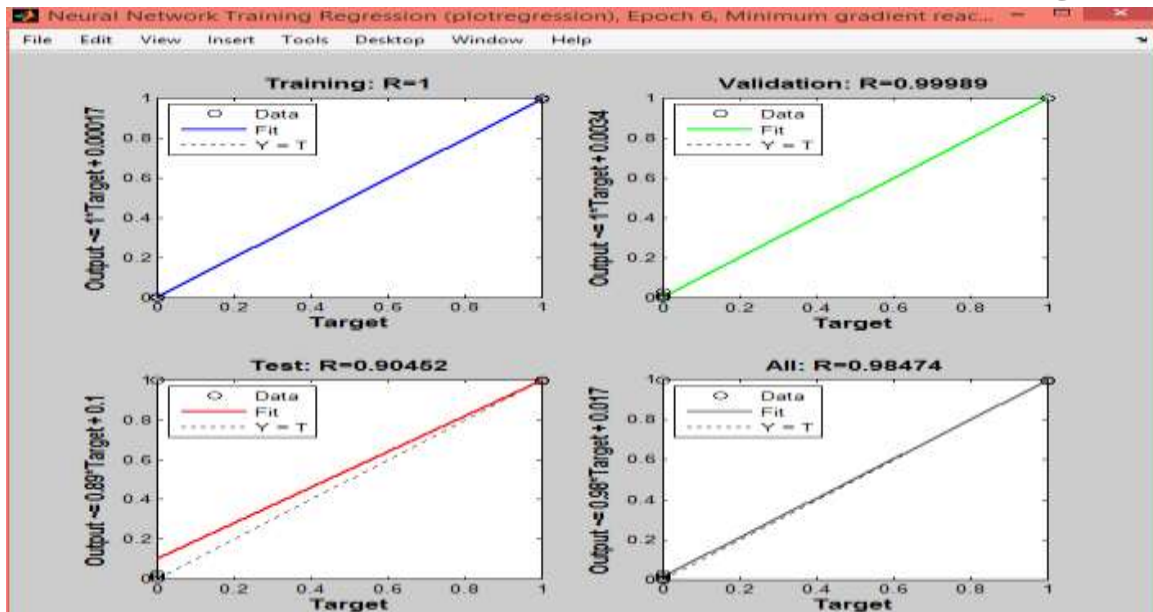
بحث و نتیجه‌گیری

پیش‌بینی ورشکستگی مالی شرکت‌ها یکی از موضوع‌های بسیار مهم در حوزه بازاریابی خدمات مالی قلمداد می‌شود. معمولاً بانک‌ها و مؤسسات رتبه‌بندی اعتباری از این مدل‌ها برای اتخاذ تصمیمات اعتباری، اختصاص رتبه، تخصیص منابع مالی به واحد بازاریابی و میزان خدمات بانکداری شرکتی استفاده می‌کنند. با پیش‌بینی ورشکستگی مالی و پس از آن ریشه‌یابی مسئله و حل آن، می‌توان به نتایج کاربردی بسیار رضایت‌بخشی دست یافت. از جمله این نتایج، تخصیص بهینه منابع به واحدهای مختلف شرکت؛ از جمله واحد بازاریابی و فروش و افزایش راندمان و ضریب نفوذ خدمات مالی در بین مشتریان است. با توجه به آثار و پیامدهای این پدیده در سطوح خرد و کلان جامعه، ابزارها و مدل‌های درخورتوجهی ارایه شده است. در این پژوهش به بررسی امکان سنجی به‌کارگیری روش شبکه عصبی و روش شبکه عصبی-فازی به عنوان یکی از جدیدترین الگوریتم‌های یادگیری برای پیش‌بینی ورشکستگی مالی شرکت‌ها پرداخته شد. برای این منظور، با استفاده از شبکه عصبی-فازی و شبکه عصبی مصنوعی و رگرسیون لجیت به عنوان مدل مقایسه‌ای، سه مدل برای پیش‌بینی ورشکستگی مالی شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران ارائه شد. در واقع، یافته‌های

پژوهش نشان داد که دقت مدل مبتنی بر شبکه عصبی، از دقت کلی مدل مبتنی بر شبکه عصبی-فازی به طور معناداری بیشتر است. به‌طور کلی، نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که پیش‌بینی پدیده ورشکستگی مالی در محیط اقتصادی ایران امکان‌پذیر است. همچنین، به این علت که این پیش‌بینی بر اساس اطلاعات مالی موجود در صورت-های مالی شرکت‌ها انجام گرفته است، خود می‌تواند دلیلی بر وجود محتوای اطلاعاتی صورت‌های مالی شرکت‌ها باشد و ضریب اطمینان موارد ادعا شده در بخش بازاریابی و فروش را بالا ببرد. همچنین، با توجه به متغیرهای باقی مانده در مدل‌های طراحی شده در این پژوهش، می‌توان نتیجه گرفت شرکت‌هایی که از سودآوری کمتری برخوردارند و دارای بدهی‌های بلندمدت بیشتری هستند و نقدینگی کمتری نسبت به سایرین دارند، بیشتر در معرض خطر ورشکستگی مالی قرار دارند و در نتیجه، با کاهش ضریب اطمینان تبلیغات و بازاریابی روبه‌رو می‌شوند. لذا به منظور کاهش خطر ورشکستگی مالی شرکت‌ها باید از روش-های محافظه‌کارانه‌تری که به کاهش بدهی‌های آنها منجر می‌شود، استفاده و نسبت به کاهش هزینه‌هایشان اقدام کنند.

ضمیمه

شبکه عصبی

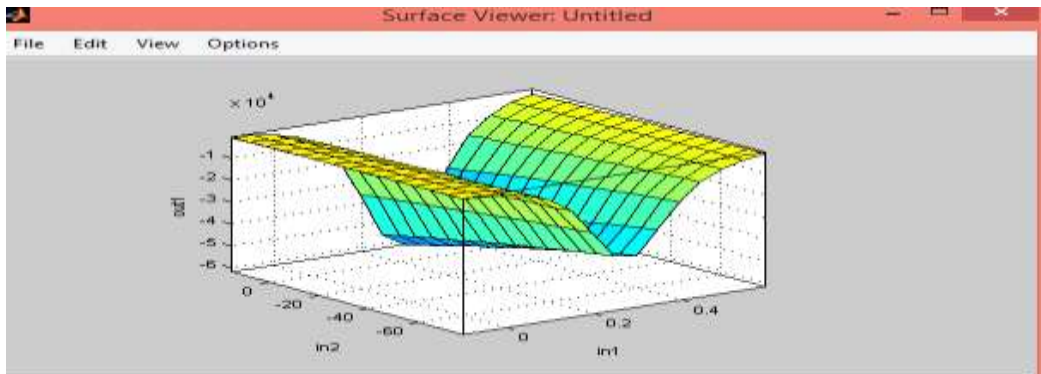


شکل ۳: نمودار رگرسیون

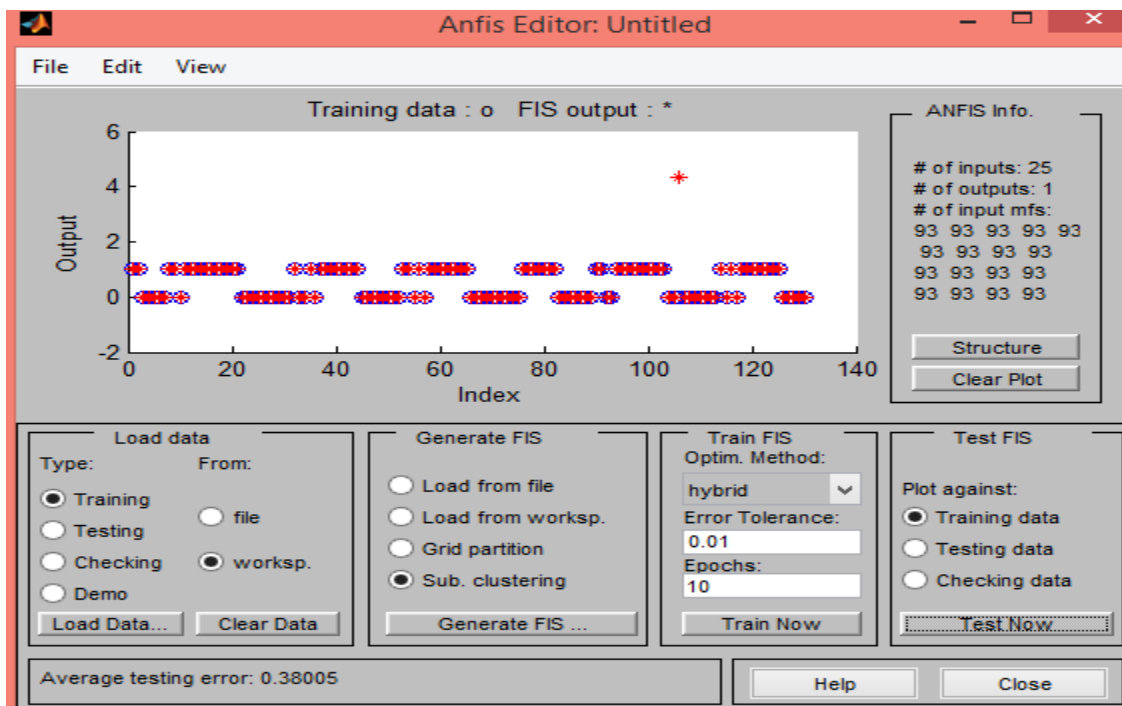
شبکه عصبی-فازی

برای ساختن شبکه عصبی-فازی از تابع Sugeno استفاده شده است؛ زیرا ساختار داده‌های ورودی به شکل فازی به سیستم وارد می‌شوند؛ ولی متغیر خروجی به شکل فازی نبوده و به صورت ورشکستگی (۱ یا ۰) به عنوان خروجی در نظر گرفته شده است؛ بدین معنا که پس از ساخته شدن مدل، اطلاعات مالی شرکت‌های نمونه را از بورس اوراق بهادار کسب کرده و با محاسبه نسبت‌های نقدینگی، بدهی و بازار در پنج سال و وارد کردن ارقام آنها در مدل، به بررسی وضعیت مالی شرکت‌ها می‌پردازیم و احتمال ورشکستگی شرکت‌های نمونه به دست می‌آید. در مدل پیش‌بینی ورشکستگی برای بررسی تأیید و بهینه‌سازی تعداد داده‌ها برابر با ۱۳۰ داده آموزش و ۱۵ داده چک است. با توجه به این داده‌ها به بررسی بهینه‌سازی و تأیید مدل کلی ساخته شده، پرداخته می‌شود.

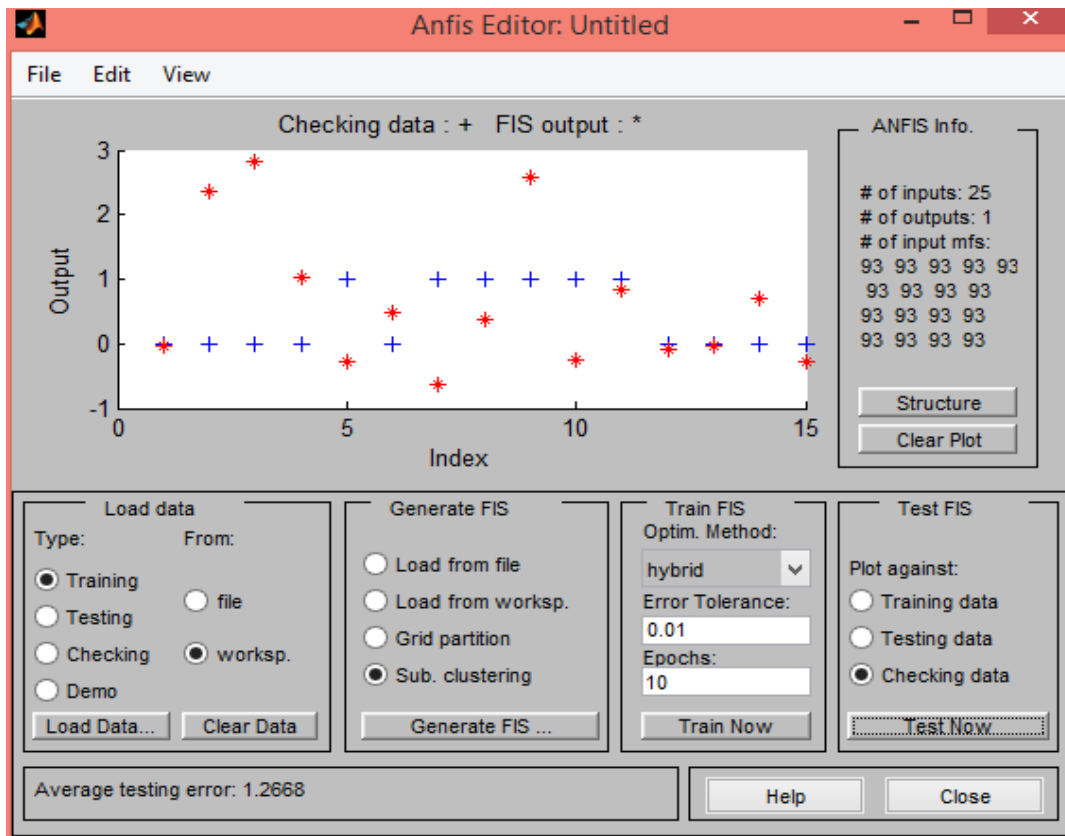
شکل ۳ سه محور نشان‌دهنده آموزش، اعتبارسنجی و آزمایش داده است. خط چین در هر محور نشان‌دهنده خروجی - نتیجه مناسب = اهداف. خط توپر نشان‌دهنده بهترین خط رگرسیون خطی بین خروجی مناسب و اهداف. ارزش R نشانه‌ای از ارتباط بین خروجی و اهداف است. اگر $R = 1$ ، این نشان می‌دهد که یک رابطه خطی دقیق بین خروجی و اهداف وجود دارد. اگر R نزدیک به صفر است، پس از آن هیچ رابطه خطی بین خروجی و اهداف وجود ندارد. برای این مدل، داده‌ها نشان‌دهنده آموزش مناسب است. همچنین، نتایج اعتبار و آزمون مقادیر R را که بزرگتر از ۰,۹ است، نشان می‌دهد که نشانه‌ای از ارتباط خوب بین خروجی و اهداف است. نمودار پراکندگی برای نشان دادن نقاط داده‌ای خاص که دارای تناسب ضعیف هستند، مفید است.



شکل ۴: منحنی شبکه عصبی-فازی



شکل ۵: ساختار داده های آموزش در شبکه پیش بینی ورشکستگی و متوسط خطای آموزش



شکل ۶: ساختار داده‌های آموزش و خطاهای آن در شبکه پیش‌بینی ورشکستگی

$Y=3.73+8.96(EAIT/TA)+0.12(TD/SE)+0.64(TD/TA)+...$
 ضریب تعیین مک فادن ۰,۷۵ است که بیانگر این است که این مدل ۰,۷۵ درصد از تغییرات متغیر وابسته را توضیح می‌دهد و انحراف معیار متغیر وابسته ۰,۵۰ است و معیار آکاییک و شوارتز و حنان کویین به ترتیب ۰,۷۰ و ۱,۲۳ و ۰,۹۱ و نسبت درست‌نمایی آن ۱۵۱,۲۵ و سطح معنی‌داری آن صفر است که نشان‌دهنده معنی‌داری کلی مدل است. میانگین متغیر وابسته برابر ۰,۴۸ و انحراف معیار رگرسیون ۰,۲۵ و مجموع مجذور خطاها ۷,۸ و حداکثر تابع درست‌نمایی مقید ۲۴,۸۴- و حداقل تابع درست‌نمایی مقید ۱۰۰,۴۷- و متوسط تابع درست‌نمایی ۰,۱۷- است.

در اینجا همان‌طور که در شکل نشان داده شده، خروجی شبکه عصبی-فازی نشان‌دهنده خطای زیاد نسبت به شبکه عصبی است.

رگرسیون لجیت

در این بخش از پژوهش، اطلاعات ۱۴۵ شرکت مالی پس از پردازش در نرم‌افزار spss به منظور طراحی مدل بهینه، برای ورود به مدل آماده شد. سپس آنها را به روش آزمون و خطا وارد مدل کردیم و در نهایت، پس از آزمون ترکیب‌های مختلف، از انواع متغیرهای نام برده و حذف متغیرهایی که میزان خطای آنها بیش از 0.5 بوده، تأثیر معناداری در مدل نداشتند، شکل کلی تابع لجیت یا لگاریتم احتمال ورشکستگی به احتمال عدم ورشکستگی، به صورت زیر به دست آمد:

منابع

- 7- Altman, E.I. (1968). Financial Ratios, Discriminant Analysis and the Prediction of Corporate Bankruptcy. *Journal of Finance*, 23(4), 589-609.
 - 8- Aziz, M.A. and Dar, H.A. (2006). Predicting corporate bankruptcy: where we stand?. *Journal of Corporate Governance*, 6 (1), 18-33.
 - 9- Beaver, W. H. (1966). Financial ratios as predictors of bankruptcy. *Journal of Accounting Research*, 4, 71-111.
 - 10- Bellovary, J., Giacomino, D. and Akers, M. (2007). A Review of Bankruptcy Prediction Studies:1930 to Present. *Journal of Financial Education*, 33.
 - 11- Buachoom, W., Kasemsan, M.L.K. (2011). Business Failure Prediction by Using the Hybrid Technique of GA and ANFIS Based on Financial Ratio: Evident from Listed Companies in the Stock Exchange of Thailand, *Journal of Financial Studies and Research*.
 - 12- Giovanis, E. (2010). A Study of Panel Logit Model and Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System in the Prediction of Financial Distress Periods, World Academy of Science, *Engineering and Technology*, 64,646-652.
 - 13- Hu, Y.C. and Tseng, F.M (2005). Applying backpropagation Neural Networks to Bankruptcy Prediction. *Journal of electronic Business Management*, 3(2), 97-103.
 - 14- Odom, M.D. and Sharda, R. (1990). A neural network model for bankruptcy prediction. *IJCNNInternational Joint Conference on Neural Networks*, 2, 163-168.
- ۱- بحیرایی، علیرضا؛ گل ارضی، غلامحسین و گرامی اصل، امیر. (۱۳۹۴). سودآوری بازار سرمایه و توسعه صنعت خدمات مالی. کنفرانس ملی بازاریابی خدمات مالی، دانشگاه سمنان.
 - ۲- فیض، داود؛ گرامی اصل، امیر و اسدی، محمد. (۱۳۹۴). تاثیر تصویر شرکت بر ارزش ویژه برند در صنعت خدمات مالی. کنفرانس ملی بازاریابی خدمات مالی، دانشگاه سمنان.
 - ۳- دامغانیان، حسین و گرامی اصل، امیر. (۱۳۹۴). ارائه خدمات مشاوره مالی با در نظر گرفتن ویژگی های شخصیتی و سوگیری های رفتاری سرمایه گذاران. کنفرانس ملی بازاریابی خدمات مالی، دانشگاه سمنان.
 - ۴- راعی، رضا و فلاچپور، سعید. (۱۳۸۷). کاربرد ماشین بردار پشتیبان در پیش بینی درماندگی مالی شرکت ها با استفاده از نسبت های مالی. بررسی های حسابداری و حسابداری.
 - ۵- طباطبایی، شهناز و گرامی اصل، امیر. (۱۳۹۴). خدمات مشاوره مالی، ویژگی های شخصیتی و زیان گریزی سرمایه گذاران. کنفرانس ملی بازاریابی خدمات مالی، دانشگاه سمنان.
 - ۶- فلاچپور، سعید (۱۳۸۳)، پیش بینی درماندگی مالی شرکت ها با استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تهران.

