فصلنامــه علمی پژوهشی دانش سرمایه‌گــذاری
سال نهم/ شماره سی‌وچهارم/ تابستان ۱۳۹۹

طراحی مدل هوشمند پیش بینی توانگری مالی در شرکتهای بیمه (رویکرد داده‌کاوی)

فاطمه شاه بازاده
گروه مدیریت مالی، واحد علی‌آبادکتول،دانشگاه آزاد اسلامی، علی آبادکتول، ایران.
F.shahbazadeh@yahoo.com

ابراهیم عباسی
دانشیار، عضو هیات علمی دانشگاه الزهرا، تهران، ایران. (نویسنده مسئول)
Abbasiebrahim2000@yahoo.com

حسین دیده خانی
استادیار، گروه مهندسی صنایع، واحد علی آباد کتول،دانشگاه آزاد اسلامی، علی آباد کتول، ایران.
H.didekhani@gmail.com

علی خوزین
استادیار، گروه حسابداری، واحد علی‌آبادکتول،دانشگاه آزاداسلامی، علی‌آباد کتول، ایران،
Khozain@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۹۶/۱۲/۱۹ تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۵/۱۰

چکیده

هدف از این پژوهش ارائه یک مدل هوشمند جهت پیش‌بینی توانگری مالی در شرکتهای بیمه، به عنوان یک سیستم پشتیبان تصمیم می‌باشد.بدین منظور با بررسی پیشینه تعداد ۱۷متغیر به عنوان متغیر پیش بین جهت پیش بینی طبقه توانگری مالی از منابع معتبر سایت بیمه مرکزی ج.ا.ا ، طی سال ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۵ استخراج شده است. در این پژوهش ابتدا نتایج حاصل از به‌کارگیری مدل های مختلف پیش‌بینی مبتنی بر داده‌کاوی مورد مقایسه قرار گرفته، در مرحله بعد رتبه‌بندی الگوریتم‌های پیش‌بینی شونده مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که توانگری مالی با دقت قابل قبول پیش‌بینی پذیرند و مدل استخراج شده بااستفاده از درخت تصمیم دقت و قابلیت بسیار بالایی در تخمین را داراست.

واژه‌های کلیدی: بازارهای مالی ، داده کاوی، توانگری مالی، شبکه عصبی

۱- مقدمه

یکی از مهمترین دستاوردهای علم قابلیت پیش بینی بخشیدن به متغییرها و پدیده هاست. پژوهشگران علوم مالی نیز با استفاده از تئوری ها و ابزارهای مختلف به دنبال طراحی مدل هایی هستند که به وسیله آن متغییرها و حوادث های مد نظر در بازارهای مالی را پیش بینی کنند. پیش بینی سود (جوگ و مک کنومی،۲۰۰۳)پیش بینی ورشکستگی (وندا،۲۰۰۴)و پیش بینی جریانات نقدی (براچت،۲۰۰۹) از این دست پژوهش هاست.

بیمه نقش مهم و حساس در رشد و توسعه اقتصادی خصوصا در کشورهای در حال توسعه از جمله ایران ایفا می‌کند بنابراین توجه به بیمه می‌تواند اثر چشمگیری در بخش اقتصادی داشته باشد به‌طوری که رشد و توسعه صنعت بیمه در کشور به‌طور طبیعی تابعی از رشد و توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی کشور است که هر چه بر میزان توسعه اقتصادی کشور افزوده شود بر گسترش فعالیت‌های بیمه‌ای نیز افزوده می‌شود. (کومار و تنموژی، ۲۰۰۶)

صنعت بیمه به دلیل فعالیت گسترده ای که دارد می‌تواند در اقتصاد هر کشوری دارای نقش اساسی بوده و می‌تواند به عنوان ابزاری مطمئن جهت تجهیز و هدایت منابع پس اندازی و تحرک بازار سرمایه و همچنین کاهش ریسک به واسطه سرمایه گذاری‌های کلان (چه داخلی و چه خارجی) در اقتصاد مطرح گشته و افزایش رشد اقتصادی را موجب شود که البته با توجه به روند جهانی شدن اقتصاد و افزایش حجم سرمایه گذاری‌های خارجی و نیاز به افزایش توان رقابتی در بازارهای بین المللی توجه روزافزون به نقش و اهمیت این صنعت در اقتصاد لازم و ضروری است. (فرزین بیلندی،۱۳۹۰)

صنعت بیمه در اقتصاد کنونی جهان یکی از بخشهای پیشرو در بازار سرمایه است. بیمه به عنوان یکی از ابزارهای کارای مدیریت ریسک و تأمین امنیت و آرامش خاطر، از یک سو سبب گسترش رفاه اجتماعی شده و از سوی دیگر باعث رشد سرمایه گذاری و رونق اقتصاد می‌شود. در این میان طی دو دهۀ گذشته همۀ کشورها چالشهای قابل ملاحظه‌ای را در محدودۀ نظام بیمه ای تجربه داشته اند. تأمل در همین تجربیات موجب شده تا نقش و جایگاه اهمیت سلامت و پایداری نظام بیمه ای و تأثیر انکارناپذیر آن در ثبات و پایداری اقتصاد کلان و همچنین اجرای اثربخش برنامه های توسعه اقتصادی،روشن شود(رنبائو ، ۲۰۰۴).

توانگری مالی، شاخصی است که نشان می دهد یک شرکت تا چه میزان با شرایط پریشانی مالی مواجه می-شود و تا چه اندازه در معرض خطر ورشکستگی قرار می‌گیرد. به عبارت دیگر، شرکت چقدر از تعهدات خود در قبال طلبکاران و سهامداران را می‌تواند ایفا نماید. دو تن از پژوهشگران به نام‌های آلتمن و بی ور آن را به عنوان "شاخص ورشکستگی" نام گذاری کرد ه اند. در با نک ها به این شاخص "ضریب کفایت سرمایه" لقب داده اند. ولی در صنعت بیمه از اصطلاح "حاشیه توانگری مالی" برای آن استفاده شده است(فرزین بیلندی، ۱۳۹۰).

تحقیقات بسیاری در خصوص توانگری مالی انجام شده که نتایج آن در قالب مدل‌ها و استانداردهای مختلف، در بسیاری از کشورها منتشر و مورد استفاده قرار گرفته شده است.

توانگری مالی II که از سال ۲۰۱۲ در کشورهای حوزه اتحادیه اروپا اجرا می شود، سیستم توانگری مالی جدیدی برای صنعت بیمه به شمار می رود. این سیستم حوزه گسترده تری از ریسک های صنعت بیمه را در

نظر می گیرد. همچنین، در این سیستم به هماهنگی روش های ارزش یابی، اقدامات نظارتی و شفاف سازی اطلاعات که در سیستم های پیشین تا حدودی نادیده گرفته شده اند، توجه ویژه ای می شود(ماجدی و همکاران، ۱۳۹۱).

موسسات بیمه موظفند نسبت توانگری مالی خود را بصورت سالانه محاسبه و گزارش تفصیلی محاسبات آنرا پس از حسابرسی صورتهای مالی با تایید در هیات مدیره با امضای مدیر عامل موسسه بیمه به همراه اظهار نظر حسابرس موسسه حداکثر تا چهار ماه پس از پایان سال مالی به بیمه مرکزی جهت تایید ارسال نمایند.

لذا پرداختن به مباحث تواتگری مالی در صنعت بیمه به عنوان یک نیاز امروزه بر عملکرد و بازدهی این صنعت و شرکت های آن مورد بررسی قرار می‌گیرد. بیشتر نظریه ها و تحقیقات به صورت تفکیکی و جزیره ای به بررسی این موضوع در ادبیات بازار سرمایه پرداخته اند و از اتخاذ رویکردی یکپارچه دور مانده‌اند.(آتا و سیریک ،۲۰۰۹). از طرفی نیز شرکت‌های بیمه از جمله شرکت های بازار سرمایه ای بوده اند که عمدتا مباحث توانگری مالی در آنها به عنوان یه اصل مهم برای بقا و سودآوری، شناخته شده است که وجود این مفهوم بقا و ادامه حیات آنها در خطر خواهد بود. همچنین تا به حال توجه به بحث قدرت پیش بینی توانگری مالی در این شرکت ها، بسیار کم بوده و عمدتا نیز توجه به مدل‌ها و الگوریتم‌های منفرد بوده است. با توجه به این موضوع و خلاء موجود در این بخش، در این پژوهش سعی بر آن شده است تا با اتخاذ رویکردی یکپارچه، به طراحی مدل برای پیش بینی توانگری مالی در شرکت های بیمه بورسی و فرا بورس با استفاده از داده کاوی بپردازیم. لذا در درجه اول سوال این تحقیق این می باشد که آیا توانگری مالی در شرکتهای بیمه با دقت مناسبی قابل پیش بینی است؟ در وهله بعد نیز سوال تحقیق این است که مهم‌ترین عوامل موثر در پیش‌بینی توانگری مالی کدام است؟

۲- مبانی نظری و مروری بر پیشینه تحقیق

۲-۱- مبانی نظری مدل‌های هوشمند ترکیبی

امروزه رویهٔ متعارف نظارت در صنعت بیمهٔ دنیا، از یکسو اعمال شرایط سختگیرانه در فرایند تأسیس شرکت‌های بیمه به ویژه در مورد احراز صلاحیت فنی نیروی انسانی آن و از سوی دیگر کنترل دقیق و مداوم عملیات بیمه گری برای حفظ سلامت بازار بیمه و اطمینان از تناسب توان و تعهد شرکت‌های بیمه است. در این میان قوانین توانگری مالی یکی از ارکان کلیدی در نظارت شرکتهای بیمه است، به طوری که در حوزه‌های نظارتی بازارهای توسعه یافته، میتوان قوانین بسیار مشروح و پیچیده ای را یافت که به طور منظم روشهایی را برای ارزیابی سلامت و پایداری مالی شرکتهای بیمه در اختیار ناظران قرار می‌دهند.(جاناتان-سیمون ،۱۹۹۹).

برای محافظت از بیمه گذاران و اطمینان از پایداری بازارهای مالی، نگهداری مقادیر مشخص دارایی اضافی توسط شرکتهای بیمه به عنوان یک سپر محافظ الزامی است که به آن حاشیهٔ توانگری مالی گفته میشود. نسبت حاشیهٔ توانگری مالی تعیین میکند که آیا یک شرکت بیمه به حداقل الزامات کفایت سرمایه که از سوی مقامات ناظر تعیین شده است دسترسی دارد یا خیر. (OECD,۲۰۰۳).

بنابراین نسبت حاشیهٔ توانگری مالی از تقسیم حاشیهٔ توانگری مالی موجود به حاشیهٔ توانگری مالی الزامی به دست میآید. حاشیهٔ توانگری مالی موجود عبارت است از داراییهای یک شرکت منهای بدهی های آن با اعمال محدودیت هایی مرتبط با دارایی ها. اعمال چنین محدودیت هایی در دارایی ها باعث میشود حاشیهٔ توانگری مالی موجود منبعی باشد که نقدینگی بسیار بالایی داشته و اطمینان بالایی از موجود بودن آن در شرایط بحرانی وجود دارد. حاشیهٔ توانگری مالی الزامی نیز به سقف قانونی تعیین شده از سوی مقامات نظارتی اطلاق می شود(صفری و همکاران، ۱۳۸۸).

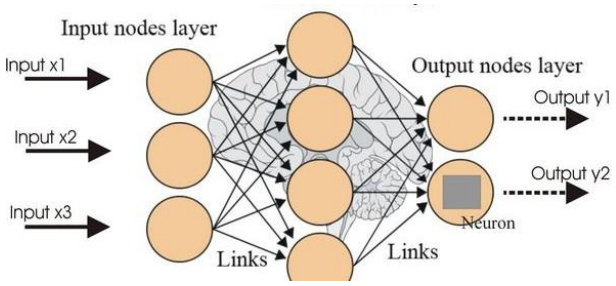
بیمه گذارانی که به شرکت های بیمه مراجعه می کنند تعهدی را از شرکت خریداری می کنند که مربوط به آینده می‌شود. لازم است این افراد از توانایی شرکت بیمه نسبت به تعهداتی که می پذیرد، اطمینان حاصل کنند. لذا در تصمیم گیری برای خرید خدمات بیمه ای، ارزیابی توان مالی شرکت بیمه امری حیاتی است. هدف اصلی نظارت بر بیمه نیز آن است که اطمینان حاصل شود شرکت‌های بیمه توان ایفای تعهداتی که پذیرفته اند را دارند(میرزایی و میرزاخانی، ۱۳۷۹). لذا در این راستا شرکت های بیمه ملزم می‌شوند مبلغ حاشیه توانگری مالی موجود خود را به بالاتر از سقف قانونی تعیین شده برسانند تا احتمال ورشکستگی آنها و در نتیجه آسیب رسیدن به منافع بیمه گذاران به حداقل برسد. (هاشمی و همکاران، ۱۳۸۹).

سیستم توانگری مالی ایران که سیستمی ریسک محور است، ریسک‌های پیش روی شرکتهای بیمه را ۴ گروه ریسک بیمه گری(R1)، بازار(R2)، اعتبار(R3)، و نقدینگی(R4) شناسایی کرده و برای هر گروه از ریسک ها، ریسک نماها و ضرایب جداگانه ای را تعیین کرده تا به این واسطه سرمایهٔ الزامی شرکتهای بیمه محاسبه شود. از سوی دیگر برای محاسبهٔ سرمایهٔ موجود شرکت های بیمه، شرایط دارایی های واجد شرایط را معین کرده است و از تقسیم سرمایهٔ موجود به سرمایهٔ الزامی، حاشیهٔ توانگری مالی شرکت های بیمه مشخص خواهد شد که بین یکی از سطوح ۱ تا ۵ خواهد بود، به این ترتیب که ضریب بیش از ۱۰۰ در گروه ۵، بین ۷۰ تا ۱۰۰ در گروه ۴، بین ۵۰ تا ۷۰ در گروه ۳، بین ۱۰ تا ۵۰ در گروه ۲ و کمتر از ۱۰ در گروه ۱ جای دارد. بدیهی است شرکت توانمندی که سرمایهٔ موجودی بیش از سرمایهٔ الزامی در اختیار دارد، ضریبی بیش از ۱۰۰ داشته و در بالاترین رده جای دارد(ابراهیمی و کمالی، ۱۳۹۴)

شبکه عصبی

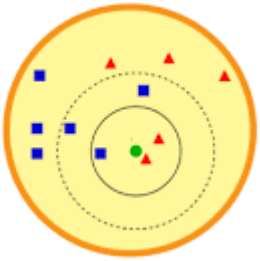
شبکه عصبی مصنوعی،شامل مجمو عه ای از نرون¬های به هم متصل شده می باشد که به هر مجموعه از این نرون ها یک لایه گفته می شود. نقش نرون ها در شبکه عصبی پردازش اطلاعات است. این امر،در شبکه های عصبی مصنوعی به وسیله یک پردازشگر مصنوعی ریاضی که همان تابع فعال سازی است،انجام می شود. یک تابع فعال سازی بر اساس نیاز خاص مساله‌ای که قرار است به وسیله شبکه عصبی حل شود، از سوی طراح انتخاب می‌شود. در شبکه عصبی مصنوعی، شبکه قانون کار را یاد می‌گیرد و از یادگیری به ازای هر ورودی، خروجی مناسب را ارائه می‌دهد. شبکه عصبی از ورودی ها،وزن ها،مجموعه ای از نرون ها و خروجی ها تشکیل می‌شود. هر ورودی(XI) قبل از اینکه وارد نرون شود، وزن‌دار می‌گردد در (Wij) ضرب می‌شود. خروجی نرون‌ها

با استفاده از تابع تبدیل Fgمحاسبه می‌شود. یک ورودی، سبب ایجاد یک خروجی در نرون لایه اول می‌گردد و به همین شکل، پاسخی برای رشته های لایه بعد بوجود می‌آورد که این خروجی هاورودی های نرون های بعد خواهند شد و خروجی های دیگر را در نرون های آن لایه بوجود می‌آورند. این روند ادامه می یابد تا اینکه یک پاسخ در لایه خروجی ایجاد شود. مدل بدست آماده از تکنیک شبکه عصبی مصنوعی یک مدل غیرخطی است که توانایی حل مسائل پیچیده را دارد (مکیان و همکاران، ۱۳۸۹)



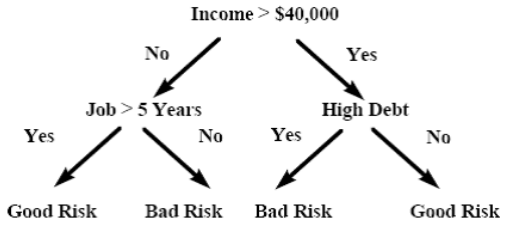
۲-۲- نزدیک‌ترین همسایه

یک الگوریتم برای پیدا کردن نزدیک ترین نقطه در فضاهای متریک است. شیوه کار بدین صورت است که: مجموعه S شامل تعدادی نقطه در یک فضای متریک مانند M و نیز یک نقطه پرس وجو Q€M داده‌شده است. هدف پیدا کردن نزدیک ترین نقطه در S به Q است. در بسیاری از موارد فضای M یک فضای اقلیدسی d عدی و فاصله بین نقاط با معیار فاصله اقلیدسی یا دیگر فاصله‌های متریک سنجیده می‌شود.



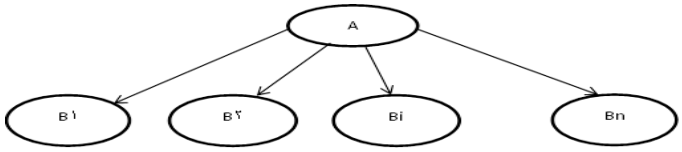
۲-۳- درخت تصمیم

درخت تصمیم یکی از روشهای ناپارامتریک رده‌بندی کردن است که با توجه به نوع متغیر وابسته به دو دسته رده‌بندی درخت برای متغیر رسته ای و رگرسیون درختی برای متغیر پیوسته تقسیم می‌شود. رده‌بندی درختی در راستای روشهایی نظیر تحلیل ممیزی(تابع تشخیص) و رگرسیون لجستیک است. در این روش مجموعه‌ای از شرط‌های منطقی به صورت یک الگوریتم با ساختار درختی برای رده‌بندی یا پیش‌بینی یک پیامد به کار می‌رود(بهنام پور و همکاران، ۱۳۹۲)



۲-۴- شبکه های بیزی

تئوری بیز یکی از روش‌های آماری برای رده‌بندی به شمار می‌آید. در این روش کلاس های مختلف، هر کدام به شکل یک فرضیه دارای احتمال در نظر گرفته می‌شوند. هر رکورد آموزشی جدید، احتمال درست بودن فرضیه‌های پیشین را افزایش و یا کاهش می‌دهد و در نهایت، فرضیاتی که دارای بالاترین احتمال شوند، به عنوان یک کلاس در نظر گرفته‌شده و برچسبی بر آن‌ها زده می‌شود. این تکنیک با ترکیب تئوری بیز و رابطه سببی بین داده ها، به طبقه‌بندی می‌پردازد.



۲-۵- پیشینه پژوهش

صنعت بیمه در اغلب کشورها در حال گذر از سیستم نظارتی مستقیم به محیط نظارتی بسیار آزادتر است. این مرحله نیازمند سیستم‌های جدیدی برای کنترل و مدیریت ریسک است. نظارت بر این صنعت نیز، جهت کنترل شرکت های بیمه ای مستلزم بکارگیری تکنیکهای بهبود یافته است. از آنجا که شرکتهای بیمه شرکتهای بزرگی هستند و از سرمایه گذاران اصلی در اقتصاد کشور قلمداد می‌شوند استحکام آنها تاثیر روشنی بر بازارهای مالی دارد.(ابراهیمی و کمالی، ۱۳۹۴) در این میان قوانین توانگری مالی یکی از ارکان کلیدی در نظارت شرکتهای بیمه است، به طوری که در حوزه‌های نظارتی بازارهای توسعه یافته، میتوان قوانین بسیارمشروح و پیچیده‌ای را یافت که به طور منظم روشهایی را برای ارزیابی سلامت وپایداری مالی شرکتهای بیمه در اختیار ناظران قرار می‌دهند. بدهی‌های اصلی یک شرکت بیمه ای، خسارتهای قابل پیش‌بینی و هزینه‌های مرتبط با آن است. این موارد عموماً با استفاده از روشهای آماری محاسبه میشوند و احتمال خطا در آنها وجود دارد. برای محافظت از بیمه گذاران و اطمینان از پایداری بازارهای‌مالی، نگهداری مقادیر مشخص دارایی اضافی توسط شرکت‌های بیمه به عنوان یک سپر محافظ الزامی است که به آن حاشیهٔ توانگری مالی[۱] گفته می‌شود(بیگلریان و

همکاران، ۱۳۸۸) نسبت حاشیۀتوانگری مالی تعیین میکند که آیا یک شرکت بیمه به حداقل الزامات کفایت سرمایه توانگری مالی از تقسیم حاشیۀ توانگری مالی موجود به حاشیۀ توانگری مالی الزامی به دست می‌آید. حاشیۀ توانگری مالی موجود عبارت است از دارایی‌های یک شرکت منهای بدهیهای آن با اعمال محدودیتهایی مرتبط با دارایی‌ها. اعمال چنین محدودیتهایی در داراییها باعث میشود حاشیۀ توانگری مالی موجود منبعی باشد که نقدینگی بسیاربالایی داشته و اطمینان بالایی از موجود بودن آن در شرایط بحرانی وجود دارد. حاشیۀتوانگری مالی الزامی نیز به سقف قانونی تعیین شده از سوی مقامات نظارتی اطلاق می‌شود (صفری و همکاران، ۱۳۸۸).

در ادبیات مالی، مطالعات مختلفی در زمینه توانگری مالی شرکتهای بیمه صورت گرفته است. مدل توانگری دو،اتحادیه اروپا،چارچوب جدیدی را برای صنعت بیمه فراهم می آورد و انگیزه های ارزشمندی جهت بهبود مدیریت ریسک ایجاد می‌نماید. هدف اصلی این مدل اجبار شرکتهای بیمه به سنجش ،مدیریت و نظارت بهتر بر ریسک هایشان است. در این مدل ،ریسک های مرتبط با کسب و کار و اثرگذاری اقدامات نظارتی،از طیف تعیین الزامات سرمایه ای به هم مرتبط می شوند. نظام های اطلاعاتی دقیقی نیز جهت بهبود تصمیم گیری ها به کار گرفته شده است. در توانگری مالی با هدف افزایش حمایت از بیمه گذاران، شرایط جدید و قوی تری برای حد کفایت سرمایه و مدیریت ریسک بیمه گر مقرر شده است. در ایران، تدوین و تصویب مقررات مربوط به تأسیس بیمه های خصوصی ازیک سو و شکل گیری جریان جدید خصوصی سازی بیمه های دولتی از سوی دیگر، بستر لازم برای افزایش دامنۀ رقابت در عرصۀ صنعت بیمه را فراهم کرده است. افزونبر این توجه هرچه بیشتر مسئولان اقتصادی کشور به نقش بنیادین نظام بانک و بیمه در اجرای دقیق سیاستهای اقتصادی به منظور نیل به اهداف کلان اقتصادی تا فعالیتهای این نظام با حساسیت بیشتری پیگیری شود (برزیده و همکاران، ۱۳۹۲).

در صنعت بیمۀ ایران نقطۀ شروع استقرار نظام توانگری مالی آئین نامۀ شمارۀ ۶۹ شورای عالی بیمه مصوب ۱۳۹۰/۱۲/۲۶ تحت عنوان آئین نامه نحوه محاسبه و نظارت بر توانگری مالی مؤسسات بیمه است. سیستم توانگری مالی ایران که سیستمی ریسک محور است، ریسکهای پیش روی شرکتهای بیمه را ۴ گروه ریسک بیمه گری،بازار، اعتبار، و نقدینگی شناسایی کرده و برای هر گروه از ریسکها، ریسک نماها وضرایب جداگانهای را تعیین کرده تا به این واسطه سرمایۀ الزامی شرکتهای بیمه محاسبه شود. از سوی دیگر برای محاسبۀ سرمایۀ موجود شرکتهای بیمه، شرایط داراییهای واجد شرایط را معین کرده است و از تقسیم سرمایۀ موجود به سرمایۀالزامی، حاشیۀ توانگری مالی شرکتهای بیمه مشخص خواهد شد که بین یکی ازسطوح ۱ تا ۵ خواهد بود، به این ترتیب که ضریب بیش از ۱۰۰ در گروه ۵، بین ۷۰ تا ۱۰ در گروه ۴، بین ۵۰ تا ۷۰ در گروه ۳، بین ۱۰ تا ۵۰ در گروه ۲ و کمتر از ۱۰ درگروه ۱ جای دارد. بدیهی است شرکت توانمندی که سرمایۀ موجودی بیش از سرمایۀالزامی در اختیار دارد، ضریبی بیش از ۱۰۰ داشته و در بالاترین رده جای دارد(ابراهیمی و کمالی،۱۳۹۴).

۳- روش شناسی پژوهش

پژوهش حاضر از حیث هدف کاربردی و از نوع پژوهش‌های میدانی است. یعنی بر مبنای اطلاعات جمع‌آوری‌شده از شرکتهای بیمه بورس و فرا بورس ، از الگوریتم‌های متفاوت جهت پیش‌بینی استفاده‌شده است. قلمرو زمانی تحقیق سالهای ۱۳۹۰-۱۳۹۵بوده و جهت استخراج داده ها از سایت بیمه مرکزی ج .ا. ا.استفاده گردید .

جدول ۱- خلاصه پیشینه پژوهش

محققان	موضوع	سال	تعداد متغیرها	الگوریتم مورد استفاده	متغیر پیش بینی شونده
نصرآبادی	پیش بینی توانگری مالی با متغیرهای بازار محور	۱۳۹۵	۳ متغیر	درخت تصمیم و شبکه عصبی	توانگری مالی
دقیقی اصلی	الویت بندی سیستم های مختلف نظارت بر توانگری مالی	۱۳۹۱	۱۱ متغیر	تحلیل سلسله مراتبی AHP	الویت بندی سیستم نظارتی
موسوی شیری	پیش بینی ورشکستگی شرکت	۱۳۹۱	۳ متغیر	رگرسیون لجستیک و چایدو کویست	پیش بینی ورشکستگی
مطیعی و همکاران	رابطه توانگری با متغیرهای مالی شرکت بیمه	۱۳۹۵	۷متغیر	ماشین بردار پشتیبان	رابطه توانگری با متغیر مالی
لی و کلفنر	پیش بینی توانگری بیمه اموال و مسوولیت	۲۰۰۶	۹ متغیر	رگرسیون لجستیک	پیش بینی توانگری اموال و مسولیت
جونپیتا	طبقه بندی شرکت بیمه براساس توانگری و کفایت مالی	۲۰۰۵	۶ متغیر	شبکه عصبی	محاسبه توانگری و کفایت مالی
رنبائو	عوامل تاثیرگذار بر سلامت مالی	۲۰۰۴	۲متغیر	درخت تصمیم	سلامت مالی
اسانگا	بررسی توانگری مالی با رویکرد ترکیب پرتفوی	۲۰۱۴	۳ متغیر	برنامه ریزی خطی	بررسی توانگری مالی
پژوهش حاضر	طراحی مدل هوشمند جهت پیش بینی توانگری مالی	۱۳۹۶	۱۷ متغیر	شبکه عصبی و درخت تصمیم و نزدیکترین همسایه و شبکه باینویز	طراحی مدل پیش بینی توانگری مالی

نسبت حاشیهٔتوانگری مالی تعیین میکند که آیا یک شرکت بیمه به حداقل الزامات کفایت سرمایه توانگری مالی از تقسیم حاشیهٔ توانگری مالی موجود به حاشیهٔ توانگری مالی الزامی به دست می‌آید. حاشیهٔ توانگری مالی موجود عبارت است از دارایی‌های یک شرکت منهای بدهی‌های آن با اعمال محدودیتهایی مرتبط با دارایی‌ها.

نتایج بررسی مشخص خواهد کرد که مدل توانگری مورد استفاده در ایران(آیین نامهٔ ۶۹) تا چه اندازه قابل اتکا و معتبر بوده و به چه میزانی بیانگر وضعیت واقعی شرکتهای بیمه است.

مدل‌سازی به وسیله۱۷ متغیر ورودی انجام گرفت. که متغیر پیش بینی شونده این تحقیق شامل چهار طبقه A شامل ۶۳ مورد طبقه B شامل ۱۶ مورد طبقه C شامل ۶ مورد و طبقه D شامل ۵ مورد می‌باشد.

جامعه آماری این پژوهش، شرکت های بیمه بورس و فرابورس هستند.

به طور کلی چهار گام زیر جهت انجام پژوهش انجام‌شده است:

گام اول: شناسایی و جمع‌آوری متغیرهای مسئله. اطلاعات مربوط به متغیرهای این پژوهش از طریق سایت بیمه مرکزی استخراج گردید . در این پژوهش از۱۷متغیر پیش بین جهت پیش بینی طبقه توانگری مالی شرکتهای بیمه استفاده گردیدکه مهمترین متغیرها نیز از نظر تاثیرگذاری مورد بررسی قرار گرفت در جدول شماره ۲ تعریف خلاصه‌ای از همه متغیرهای پژوهش ارایه شده است.

گام دوم: استفاده از مدل های منفرد و ترکیبی. در این گام پس از استفاده از الگوریتمهای منفرد و استخراج و مقایسه نتایج، از الگوریتمهای ترکیبی جهت امر پیش‌بینی استفاده‌شده است.که دراین پژوهش پس از بررسی مشخص گردید که الگوریتم درخت تصمیم بیشترین تاثیر را داراست.

گام سوم: پیش‌بینی و ارزیابی اولیه. در این گام داده ها به دو دسته آموزش و آزمایش به نسبت ۷۰٪ به ۳۰٪ تقسیم‌بندی شدند. دانشی که در مرحله یادگیری مدل یادگیری مدل تولید می‌شود، می‌بایست در مرحله ارزیابی مورد تحلیل قرار گیرد تا بتوان ارزش آن را تعیین نمود و در پی آن کارایی الگوریتم یادگیرنده مدل را نیز مشخص کرد. سنجش اولیه هر مدل به وسیله ماتریس اختلال انجام پذیرفته است. در این ماتریس از دو معیار، طبقه دقت و طبقه اطمینان استفاده شده است.

گام چهارم: ارزیابی و مقایسه نهایی مدل‌ها. در مرحله آخر مدلها مورد ارزیابی قرار گرفته و بهترین مدل از نظر کمترین درصد خطا و قدرت پیش بینی بالا انتخاب می شود.

۳-۱- متغیرهای پژوهش

در این پژوهش از ۱۷ متغیر پیشین بین که در جدول زیر آمده استفاده شده و اثر آنها بر روی متغیر هدف (طبقه توانگری) مورد بررسی قرار می‌دهیم.

جدول۲: فهرست متغیرهای پیش بین

ردیف	نام متغیر	تعریف	نام در مدل
۱	نسبت نقدینگی	توانایی شرکت در جوابگویی به تعهدات کوتاه مدت(تقوی و پورعلی،۱۳۸۹)	LIQUIDITY RATIO
۲	نسبت جاری	پوشش دارایی های جاری بوسیله بدهی‌های جاری(باشمن ،۲۰۰۹)	CURRENT RATIO

ردیف	نام متغیر	تعریف	نام در مدل
۳	بازده سرمایه در گردش	سود خالص/ سرمایه در گردش (استیون براگ ،۲۰۱۴)	WORKING CAPITAL INFLOW
۴	سنجش سودمندی وام	بازده سرمایه / بازده دارایی(کریتسونیس،۲۰۰۵)	MEASURING THE UTILITY OF THE LOAN
۵	نسبت بازدهی سرمایه	سود خالص تقسیم بر حقوق صاحبان سهام (باشمن ،۲۰۰۹)	ROE
۶	نسبت آنی	مجموع دارایی‌های جاری منهای موجودی کالا و پیش‌پرداخت‌ها(باشمن ،۲۰۰۹)	INSTANTANEOUS RATIO
۷	بازده دارایی ها	سودخالص قبل از کسر مالیات بر متوسط دارایی هاتقسیم نماییم . (باشمن،۲۰۰۹)	ROA
۸	نسبت دارایی های جاری	تقسیم دارایی های جاری به کل دارایی‌ها(تقوی و پورعلی،۱۳۸۹)	CURRENT ASSEST RATIO
۹	نسبت کفایت نقد	تقسیم وجوه نقد حاصل از عملیات بر حاصل جمع سود نقدی تقسیم شده(نایت و برتونیچ،۲۰۰۱)	RATIO OF CASH ADEQUACY
۱۰	نسبت گردش نقد	گردش نقدی حاصل از عملیات بر بدهی های جاری(نایت و برتونیچ،۲۰۰۱)	CASH FLOW RATIO
۱۱	سرمایه در گردش خالص	تفاضل بدهی‌های جاری از دارایی‌های جاری آن است. (تقوی و پورعلی،۱۳۸۹)	NET OPERATING EXPENSES
۱۲	نسبت بدهی	تقسیم جمع بدهی های جاری به جمع داراییها(نایت و برتونیچ)	DABT RATIO
۱۳	نسبت کل بدهی به ارزش ویژه	کل بدهی اعم از جاری و بلندمدت بر ارزش ویژه(کریتسونیس،۲۰۰۵)	DEBT EQUITY VALUE RATIO
۱۴	نسبت بدهی جاری به ارزش ویژه	بدهی جاری / ارزش ویژه (باشمن ،۲۰۰۹)	CURRENT DEBT RATIO TO SPECIAL VALUE
۱۵	نسبت مالکانه	تقسیم حقوق صاحبان سهام به جمع دارایی ها(کریتسونیس،۲۰۰۵)	OWNERSHIP RATIO
۱۶	نسبت بدهی بلندمدت به ارزش ویژه	بدهی بلند مدت/ ارزش ویژه (کریتسونیس،۲۰۰۵)	Long-term debt ratio to a special value
۱۷	توانگری مالی	سرمایه موجود/ سرمایه ی الزامی (رنبائو،۲۰۰۹)	Financial solvency

۴- مدل‌سازی و تحلیل یافته‌های پژوهش

۴-۱- مدل سازی

در این قسمت از داده‌های تحقیق جهت مدل‌سازی استفاده می‌شود. از چهار الگوریتم درخت تصمیم‌گیری، شبکه عصبی، نایبویز و نزدیکترین همسایه جهت مدل‌سازی در این تحقیق استفاده شده است.

۴-۲- نتایج مدل درخت تصمیم

ماتریس اختلال مقایسه ای دارد با نتایج پیش بینی مدل و واقعیت. قطر اصلی ماتریس اختلال که در شکل زیر با رنگ آبی مشخص شده است بیانگر پیش بینی های صحیح مدل می باشد. و سایر درآیه های ماتریس بیانگر پیش بینی اشتباه مدل می باشد. بر این اساس درخت تصمیم در ۱۹ مورد طبقه A را صحیح پیش بینی کرده و در ۷ مورد طبقه B را صحیح پیش بینی کرده است. همچنین مدل در یک مورد طبقه D را اشتباه پیش بینی کرده است. از طرفی طبق دقت مدل که بیانگر میانگین موزون پیش‌بینی های صحیح هر طبقه می‌باشد برابر با ۷۵٪ می باشد و طبقه اطمینان که بیانگر میزان صحت عملکرد مدل در هر طبقه می باشد برابر با ۵۰٪ می‌باشد. لازم به ذکر است که به علت تعداد کم طبقه Cدر مجموعه دیتا درخت تصمیم در قسمت دادهای آزمایش طبقه C را مورد پیش بینی قرار نداده است.

جدول ۳- معیار ارزیابی مدل

معیار	فرمول	شرح
ضریب کاپا[۲]	$(P0 - Pe)/(1 - Pe)$	یک معیار برای طبقه‌بندی محسوب می‌شود که بسیار قوی‌تر از محاسبه ساده درصد پیش‌بینی‌های صحیح است چون‌که محاسبه آن برمبنای احتمال تصادفی می‌باشد (سمیتون۱۹۸۵).
اسپیرمن رو[۳]	$r_s = \rho_{rg_X, rg_Y} = \frac{COV(rg_X, rg_Y)}{\sigma_{rg_X}\sigma_{rg_Y}}$	رابطه خطی بین متغیر تصمیم و متغیر هدف را برحسب رتبه می‌سنجد (جورمه و اراند۲۰۰۳)
کندل تو[۴]	$= \frac{(\text{number of concodant pairs}) - (\text{number of discordant pairs})}{n(n-1)/2}$	این شاخص قدرت رابطه بین متغیر هدف و متغیرهای تصمیم را پیش‌بینی می‌کند. و نشان می‌دهد که متغیرهای تصمیم تا چه میزان قدرت پیش‌بینی کنندگی متغیر هدف را دارا هستند (نلسن۲۰۰۱).

معیار	فرمول	شرح
ضریب همبستگی[۵]	$\rho_{X,Y} = corr(X,Y) = \frac{cov(X,Y)}{\sigma_X \sigma_Y} = \frac{E[(X-\mu_X)(Y-\mu_Y]}{\sigma_X \sigma_Y}$	ضریب همبستگی بین متغیر هدف و متغیرهای تصمیم را نشان می‌دهد. ضریب همبستگی اندازه رابطه خطی بین متغیرها را نشان می‌دهد (کریج ۱۹۷۵).

۴- ماتریس اختلال درخت تصمیم

واقعیت / پیش بینی	طبقه C	طبقهA	طبقهB	طبقهD	طبقه دقت (٪)
طبقهC	0	0	0	0	0
طبقهA	0	19	0	0	100
طبقهB	0	0	7	۱	100
طبقهD	0	0	0		100
طبقه اطمینان(٪)	0	100	100	۰	75 / 50

از طرفی دیگر می توان مدل را به وسیله شاخص های دیگری نیز مورد ارزیابی قرار داد. در جدول زیر میزان دقت و خطای مدل مشخص شده است. میزان همبستگی متغیرهای تصمیم و متغیر هدف نیز با چهار عامل کاپا،اسپیرمن رو،کندل تو و ضریب همبستگی سنجیده شده است. با توجه به اینکه ارزش عددی هر شاخص مذکور برابر با ۱ است نشان می دهد که متغیرهای تصمیم به درستی متغیر هدف را توضیح می دهند.

جدول ۵- نتایج درخت تصمیم ساده

مدل	دقت (٪)	خطا (٪)	کاپا	اسپیرمن رو	کندل تو	همبستگی
درخت تصمیم	۹۹	۱	1	1	1	1

۴-۳- نتایج مدل شبکه عصبی

مدل شبکه عصبی ۱۸ مورد از طبقه A را به درستی پیش بینی کرده است. و در مورد سایر طبقات پیش بینی صحیحی نداشته است. در ۹ مورد شبکه عصبی پیش بینی اشتباه داشته است که بیشترین خطا در مورد طبقه B با ۶ مورد خطا اتفاق افتاده است. طبقه اطمینان در مدل شبکه عصبی برابر با ۲۳. ۶۸٪ و طبقه دقت برابر با ۱۸. ۷۵٪ می باشد.

جدول ۶- ماتریس اختلال مدل شبکه عصبی

واقعیت / پیش بینی	طبقه C	طبقهA	طبقهB	طبقهD	طبقه دقت (٪)
طبقهC	0	0	0	1	0
طبقهA	0	18	6	0	75
طبقهB	0	1	0	0	0
طبقهD	0	0	1	0	0
طبقه اطمینان (٪)	0	94. 74	0	0	18. 75 / 23. 68

ارزیابی نهایی نشان می‌دهد دقت مدل برابر با ۶۷. ۶۷٪ و خطای مدل برابر با ۳۳. ۳۳٪ می‌باشد. معیارهای سنجش همبستگی متغیر هدف با متغیرهای تصمیم نیز از ۰. ۱۲۸- تا ۰. ۰۸۳٪ درنوسان است .

۴-۴ - ارزیابی نهایی مدل شبکه عصبی

مدل	دقت (٪)	خطا (٪)	کاپا	اسپیرمن رو	کندل تو	همبستگی
شبکه عصبی	66. 67	33. 33	0. 083	-0. 128	-0. 119	0

۴-۵- نتایج مدل نایبویز

مدل نایبویز در ۱۲ مورد طبقهA را و در ۳ مورد طبقه B را صحیح پیش بینی نموده است. (قطر اصلی ماتریس اختلال). در واقه در ۱۵ مورد مدل پیش بینی صحیح داشته است و در ۱۲ مورد پیش بینی اشتباه داشته است. طبقه دقت مدل برابر با ۳۰. ۷۵٪ و طبقه اطمینان مدل برابر ۲۶. ۵٪ می باشد. بیشترین خطای مدل در پیش بینی نقطه B اتفاق افتاده است.

جدول ۷- ماتریس اختلال مدل نایبویز

واقعیت / پیش بینی	طبقه C	طبقهA	طبقهB	طبقهD	طبقه دقت (٪)
طبقهC	0	0	3	1	0
طبقهA	0	12	1	0	92. 31
طبقهB	0	7	3	0	30
طبقهD	0	0	0	0	0
طبقه اطمینان(٪)	0	63. 16	42. 86	0	30. 57 / 26. 5

۴-۶- ارزیابی نهایی مدل نایبویز

در نهایت مدل نایبویز از دقتی برابر با ۵۵. ۵۶٪ و خطایی برابر با ۴۴. ۴۴٪ برخوردار است. و شاخص های مبین میزان ارتباط متغیر هدف با متغیر تصمیم از ۰. ۲۹۵- تا ۰. ۲۱۴ در نوسان است.

جدول ۸- ارزیابی نهایی مدل نایبویز

مدل	دقت (٪)	خطا (٪)	کاپا	اسپیرمن رو	کندل تو	همبستگی
نایبویز	55. 56	44. 44	0. 214	-0. 295	-0. 271	0

۴-۷- نتایج مدل نزدیکترین همسایه

مدل نزدیکترین همسایه مورد ۱۶ در طبقه A و۱ مورد در طبقه B و D را صحیح پیش‌بینی کرده است. مدل در مجموع ۹ مورد پیش بینی اشتباه داشته است که ۶ مورد آن در مورد طبقه B اتفاق افتاده است. طبقه دقت مدل برابر با ۵۱. ۲۵٪ وطبقه اطمینان مدل برابر با ۴۹. ۶۲٪ می‌باشد.

جدول ۹- ماتریس اختلال مدل نزدیکترین همسایه

واقعیت / پیش بینی	طبقه C	طبقهA	طبقهB	طبقهD	طبقه دقت (٪)
طبقهC	0	0	2	0	0
طبقهA	0	16	4	0	80
طبقهB	0	3	1	0	25
طبقهD	0	0	0	1	100
طبقه اطمینان(٪)	0	84. 21	14. 29	100	51. 25 49. 62

۴-۸- ارزیابی نهایی مدل نزدیکترین همسایه

مدل نزدیکترین همسایه از دقتی برابر با ۶۶. ۶۷٪ و از خطایی برابر با ۳۳. ۳۳٪ برخوردار است و میزان تعریف شوندگی متغیر هدف به وسیله متغیرهای تصمیم از ۰,۰۵۱- تا ۰,۱۹۲ در نوسان است.

جدول۱۰- ارزیابی نهایی و مقایسه عملکرد مدل نزدیکترین همسایه ساده

مدل	دقت (٪)	خطا (٪)	کاپا	اسپیرمن رو	کندل تو	همبستگی
نزدیکترین همسایه	66. 67	33. 33	0. 241	-0. 045	-0. 051	0. 192

۴-۹- بررسی نتایج

در قسمت بررسی نتایج مدل ها مورد مقایسه و رتبه‌بندی قرار گرفت و همچنین میزان. همچنین نقاط ضعف و قوت مدل ها در پیش بینی طبقه توانگری مقایسه گردید .

۴-۱۰- رتبه بندی الگوریتم های پیش بینی کننده

از میان ۴ مدلی که در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفته است ،درخت تصمیم از بالاترین دقت و کمترین مقدار خطا برخوردار است و همچنین متغیرهای تصمیم به خوبی متغیر هدف را تعریف می کنند. بدترین عملکردنیز مربوط به مدل نایبویز می باشد. در جدول زیر می توان عملکرد مدل ها را به صورت مقایسه ای مشاهده کرد.

جدول ۱۱- رتبه بندی مدل ها

مدل	دقت (٪)	رتبه عملکرد	کاپا	اسپیرمن رو	کندل تو	همبستگی
درخت تصمیم	۹۹	۱	۱	۱	۱	۱
شبکه عصبی	۶۷ .۶۶	۳	۰۸۳ .۰	-۱۲۸ .۰	-۱۱۹ .۰	۰
نایبویز	۵۶ .۵۵	۴	۲۱۴ .۰	-۲۹۵ .۰	-۲۷۱ .۰	۰
نزدیکترین همسایه	۶۷ .۶۶	۲	۲۴۱ .۰	-۰۴۵ .۰	-۰۵۱ .۰	۱۹۲ .۰

۴-۱۱- بررسی عملکرد الگوریتم ها درطبقات مختلف

هر مدل می بایست چهار طبقه A,B,C,D را پیش بینی کند با توجه به یکسان بودن اطلاعات ورودی مدل ها ،تفاوت توانایی مدل ها در طبقات مذکور قابل بررسی است. از ۴مدل مورد استفاده در این پژوهش طبقه A بهتر و راحت تر از بقیه مورد پیش بینی واقع شده است. و نقاط B ,D به سختی توسط مدل ها مورد پیش بینی واقع شده است.

جدول ۱۲- مقایسه عملکرد مدل ها در پیش بینی طبقات

الگوریتم	بهترین عملکرد	بدترین عملکرد
درخت تصمیم	A,B	D
شبکه عصبی	A	B
نایبویز	A	D
نزدیکترین همسایه	D	B

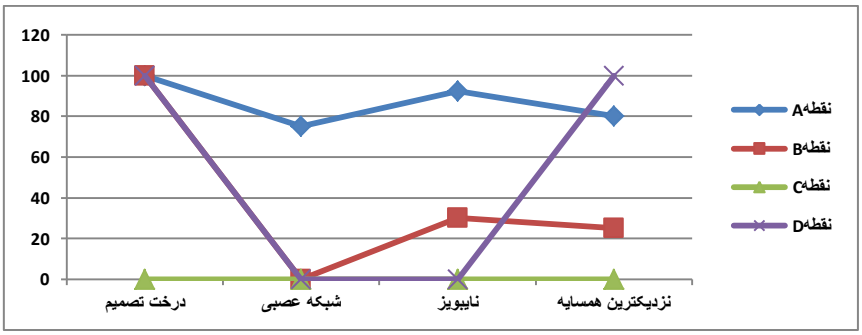
۴- ۱۲- بررسی و مقایسه طبقه دقت

مدل ها را از این منظر که چقدر از پیش بینی هایی که به عنوان یک نقطه مشخص انجام شده صحیح بوده، نیز می توان طبقه بندی و مقایسه کرد. (طبقه دقت)به عنوان مثال بهترین عملکرد در میزان طبقه دقت مربوط به مدل درخت تصمیم می باشد و بدترین عملکرد مربوط به شبکه عصبی است.

جدول۱۲- مقایسه طبقه دقت

مدل	طبقهA	طبقهB	طبقهC	طبقهD	میانگین
درخت تصمیم	100	100	0	100	75
شبکه عصبی	75	0	0	0	18. 75
نایبویز	92. 31	30	0	0	30. 57
نزدیکترین همسایه	80	25	0	100	51. 25

اطلاعات جدول فوق را می‌توان به صورت نموداری نیز به تصویر کشید. نمودار زیر بیانگر تفاوت عملکرد مدل ها در طبقه دقت می باشد.



نمودار ۱- تفاوت عملکرد مدل ها در دقت

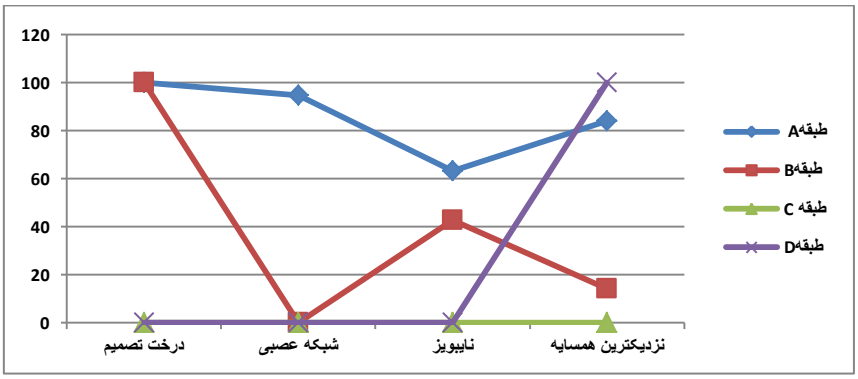
۴-۱۳- بررسی و مقایسه طبقه اطمینان

مدل ها را از این لحاظ که چه مقدار(درصد) از یک نقطه مشخص صحیح بوده نیز می توان مقایسه و طبقه بندی کرد.(طبقه اطمینان). بهترین طبقه اطمینان برای مدل درخت تصمیم می‌باشد و بدترین طبقه اطمینان مربوط به مدل شبکه عصبی است.

جدول۱۳- مقایسه طبقه اطمینان

مدل	طبقهA	طبقهB	طبقهC	طبقهD	میانگین
درخت تصمیم	100	100	0	0	50
شبکه عصبی	94. 74	0	0	0	23. 68
نایبویز	63. 16	42. 86	0	0	26. 5
نزدیکترین همسایه	84. 21	14. 29	0	100	49. 62

اطلاعات مربوط به طبقه اطمینان را می توان به صورت مقایسه ای به وسیله نمودار نشان داد. که در نمودار زیر مشخص شده است.



نمودار ۲- طبقه بندی از نظر اطمینان

۵- نتیجه گیری

توانگری مالی با دقت قابل قبولی قابل پیش بینی هستند. درخت تصمیم گیری و شبکه عصبی این مهم را بهتر از سایر مدلهای منفرد انجام می‌دهد. مدل مبتنی بر الگوریتم درخت تصمیم با دقت ۷۵٪ و الگوریتم شبکه عصبی با دقت ۶۷٪ توانگری مالی شرکتهای بیمه را پیش بینی کند که این موضوع نتایج تحقیقات سند ستروم(۲۰۱۰) را تایید می‌کرد و حتی در این الگوریتم هابرخی عوامل تاثیر گذار بر توانگری مالی نیز از شذت و درجه بسیار بالایی برخوردار هستند که توانگری مالی و نسبت گردش نقد و نسبت نقدینگی و بازده سرمایه نسبت به سایر عوامل تاثیر بسیار زیادی در تعیین این امر مهم دارد که این موضوع نتایج تحقیق رنبائو(۲۰۰۴)را تایید می کند.

نکته قابل توجه دیگر که از تحلیل ماتریس اختلال قابل فهم است عملکرد صحیح مدل ها در پیش‌بینی طبقه توانگری مالی می‌باشد. به نظر می رسد که دقت بهتر مدلهابه ترتیب درخت تصمیم از بالاترین دقت و کمترین مقدار خطا برخوردار است همچنین متغیرهای تصمیم به خوبی متغیر هدف را تعریف می‌کنند. و سپس

با توجه به یکسان بودن اطلاعات شبکه عصبی دارای بیشترین دقت در پیش بینی بوده و الگوریتم نزدیکترین همسایه در رتبه سوم از نظر عملکرد می‌باشد. بدترین عملکردنیز مربوط به مدل نایبویز می باشد.

باتوجه به اینکه مدل درخت تصمیم گیری از بالاترین دقت در میان مدلهای بکاررفته در این پژوهش می باشد می توان اینگونه اظهارنظر کرد که توانگری مالی در شرکتهای بیمه از یک رفتار خطی مبتنی بر رفتار رده بندی برخوردار است .همچنین کلیه مدلها از میان طبقه های چهارگانه توانگری مالی (A.B.C.D)طبقه A را بهتر از سایر طبقات پیش بینی کرده اند این موضوع بیانگر این می باشد که شناسایی طبقه Aو رفتار طبقه A برای مدلها راحتتر از سایر طبقات (B.C.D)می باشد .به بیان دیگر طبقه Aرفتار قابل پیش بینی تری نسبت به سایر طبقات دارد .

فهرست منابع

* دقیقی اصلی، علی‌رضا، پریزادی، عیسی، طیار، شاهین، (۱۳۹۲). " اولویت بندی سیستم‌های مختلف نظارت بر توانگری شرکت‌های بیمه با استفاده از تکنیک فرایند تحلیل سلسله مراتبی(AHP)" پژوهشنامهٔ بیمه، شماره۱، بهار ۱۳۹۲، شماره مسلسل۱۰۹، صص ۱ تا ۳۱.
* راعی، رضا،(۱۳۸۰). شبکه های عصبی؛ رویکردی نوین در تصمیم گیری مدیریت. فصلنامه مدرس، دوره ۵، شماره ۲، صص ۱۳۳ تا ۱۵۴.
* سهرابی، بابک، ایرج، حمیده،(۱۳۹۴)، کتاب مدیریت کلان داده‌ها در بخش‌های خصوصی و عمومی، تهران: انتشارات سمت.
* عباسی،ابوئی مهریزی،ابراهیم، امیر(۱۳۹۰)،کاربرد شبکه عصبی-فازی انطباقی در پیش بینی قیمت سهام شرکت ایران خودرو، مجله مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار شماره هفتم،تابستان ۱۳۹۰.
* قره‌خانی، محسن ماجدی، زهرا،(۱۳۹۲)"محاسبه ضرایب ریسک دارایی در توانگری مالی مؤسسات بیمه با استفاده از ارزش در معرض خطر"پژوهشنامه بیمه/سال بیست و هشتم/شماره ۴/زمستان ۱۳۹۲/شماره مسلسل۱۱۲/صفحات ۱۲۷ تا ۱۵۴.
* کشاورز حداد، غ.ر. (۱۳۸۳). اهمیت بخش خدمات مالی در اقتصاد کشور. فصلنامه پژوهش های اقتصاد ایران، شماره ۲۱. صص ۴۵-۶۲.
* ماجدی، زهرا عزیزنصیری، سمیرا و نصیری، فاطمه،.(۱۳۹۱). معرفی مدل توانگری مالی ۲: استاندارد مدیریت در صنعت بیمه. همایش مدیریت ریسک در صنعت بیمه اسفند ماه.
* نوراللهی، نیما، بختیار نصرآبادی، حسینعلی(۱۳۹۵)، پیش بینی توانگری مالی شرکت های بیمه با متغیرهای عملکردی بازار محور با استفاده از تکنیک های درخت تصمیم گیری و شبکه عصبی، کنفرانس بین اللمللی صنعت بیمه ایران. صص ۱۳۹-۱۲۹.

* نیکو اقبال و همکاران،(۱۳۹۲)،ارزیابی مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی ایستا و پویا در پیش‌بینی قیمت سهام، فصلنامه علمی پژوهشی دانش الی تحلیل اوراق بهادار سال هفتم، شماره بیست و دوم تابستان ۱۳۹۲،صفحه ۲۱-۲۹.
* ولی نژاد ترکمانی و همکاران (۱۳۹۲). ارزیابی اهمیت صنعت بیمه در اقتصاد استان تهران. پژوهشنامهٔ بیمه، سال بیست هشتم، شماره ۳. صص ۱۷۱-۱۹۶.
* هاشمی، سید عباس، صفری، امیر، کمالی دولت آبادی مهدی (۱۳۸۹)، " ارزیابی حاشیه توانگری مالی شرکت های بیمه در ایران "فصلنامه صنعت بیمه/سال بیست وپنجم/شماره ۲/تابستان ۱۳۸۹ /شماره مسلسل ۹۸ /صفحات ۷۹ تا ۱۲۰.
* Jhonpita, P. , Sinthupinyo, S. , Chaiyawat, T. , 2005. Ordinal Classification Method for the Evaluation of Thai Non-life Insurance Companies.
* Al-Hmouz, R. , Pedrycz, W. , & Balamash, A. (2015). Description and prediction of time series: A eneral framework of granular computing. Expert Systems with Applications, 42, 4830–4839.
* Ballings, M. , & Van den Poel, D. (2013b). R package ernelFactory: An ensemble of kernel machines.
* Brown,Christopher M(2007). The littie book of value investing,75Taleb,Nassim Nicholas. (2012),The black swan :the impact of the highly imporobable,93
* http://www. journalsbank. com/ajsr_8_3. pdf. [Accessed 25 October 2015[.
* Kramer Bert. (1997), "N. E. W. S. : A model for the evaluation of non-life insurance companies", European Journal of OP Research, Vol. 98, pp. 419-430.
* Kumar, M. , & Thenmozhi, M. (2006). Forecasting Stock index movement: A comparison of support vector machines and random forest. SSRN Scholarly Paper. Rochester, NY: Social Science Research Network, January 24, 200
* Mousavi Shiri, M. , Vaghfi, H. , Ahangary, M. , Kholousi, A, 2012. Corporate Bankruptcy Prediction Using Data Mining Techniques: Evidence from Iran. African Journal of Scientific Research. Vol. 8. No 1. Available through:
* Schöneburg, E. (1990). Stock price prediction sing neural networks: A projectreport. Neurocomputing, 2(1), 17–27.
* Segovia-Vargas, M. J. , Salcedo-Sanz, S. and Bouso-no-Calzon, C. 2003. Prediction of insolvency in non-life insurance companies using Support Vector Machines and genetic algorithms. In proc. X SIGEF Congress in Emergent Solutions for the Information and Knowledge Economy, Leon, Spain.
* Tung, W. L. , Quek, C. , Cheng, P. , 2004. GenSo-EWS: A novel neural-fuzzy based early Warning system for predicting bank failures. Neural Networks 17, 567–587

یادداشت‌ها

[1] Solvency Margin
[2] - kappa
[3] - Spearman-rho
[4] - Kendall-tau
[5] - correlation