فصلنامه علمی پژوهشی دانش سرمایه‌گذاری
دوره ۱۱ / شماره ۲ (پیاپی ۴۲) / تابستان ۱۴۰۱
صفحه ۴۱۳ تا ۴۳۴

کاربرد الگوریتم هوش مصنوعی در پیش‌بینی کارایی سرمایه‌گذاری با تأکید بر نقش معیارهای مدیریت ریسک

مریم خالقی زاده دهکردی
گروه حسابداری، واحد بین المللی کیش، دانشگاه آزاد اسلامی، جزیره کیش، ایران
maryamdehkordi@yahoo.com

فاطمه صراف
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران جنوب، دانشکده اقتصاد و حسابداری، تهران، ایران(نویسنده مسئول)
Aznyobe@yahoo.com

علی نجفی مقدم
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران جنوب، دانشکده اقتصاد و حسابداری، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۹۹/۰۸/۱۳ تاریخ پذیرش: ۹۹/۱۰/۱۰

چکیده

کارایی سرمایه‌گذاری زمانی حاصل می‌شود که شرکت فقط در تمامی طرح هایی باارزش فعلی خالص مثبت سرمایه‌گذاری کند. البته این سناریو در صورتی کارساز است که بازار کامل باشد و هیچ‌یک از مسائل بازار ناقص ازجمله گزینش نادرست و هزینه‌های نمایندگی وجود نداشته باشد. هدف پژوهش کاربرد الگوریتم هوش مصنوعی شبکه عصبی و ژنتیک در تبیین میزان تاثیر معیارهای مدیریت ریسک جهت پیش‌بینی کارایی سرمایه‌گذاری می‌باشد. بدین منظور از اطلاعات مالی ۱۳۹ شرکت بین سال‌های ۱۳۸۸ الی ۱۳۹۷ با استفاده از روش‌های هوش مصنوعی ژنتیک و شبکه عصبی استفاده شد. نتایج تحقیق حاکی از تاثیر معیارهای مدیریت ریسک بر کارایی سرمایه‌گذاری می‌باشد و همچنین نتایج نشان داد که روش هوش مصنوعی شبکه عصبی نسبت به روش هوش مصنوعی ژنتیک قدرت بالاتری جهت پیش‌بینی کارایی سرمایه‌گذاری شرکت‌های پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران را دارد.

واژه‌های کلیدی: کارایی سرمایه‌گذاری، مدیریت ریسک، الگوریتم هوش مصنوعی.

۱- مقدمه

زمانی واحد تجاری در سرمایه‌گذاری کارا تعریف می‌شود که شرکت همه پروژه‌هایی که خالص ارزش فعلی مثبت داشته باشند را انتخاب نماید. صرف‌نظر از فرصت‌های سرمایه‌گذاری که خالص ارزش فعلی مثبت دارند، سرمایه‌گذاری کمتر از حد و همچنین، انتخاب پروژه‌هایی با خالص ارزش فعلی منفی، بیانگر عدم کارآیی سرمایه‌گذاری است، زیرا مدیران باید به‌صورت بهینه در طرح‌هایی سرمایه‌گذاری کنند که برای شرکت ارزش‌آفرینی کند؛ یعنی طرح‌هایی باارزش خالص مثبت را پذیرفته و طرح‌هایی باارزش خالص منفی را رد کنند [۷]. سرمایه‌گذاری در امور مختلف توسط شرکت‌ها همواره به‌عنوان یکی از راهه‌ای مهم توسعه شرکت‌ها و جلوگیری از رکود و عقب‌ماندگی موردتوجه بوده است. در این میان، محدودیت در منابع موجب شده است که علاوه بر توسعه سرمایه‌گذاری افزایش کارایی سرمایه‌گذاری از اهمیت فراوانی برخوردار گردد، به‌طور مفهومی، کارایی سرمایه‌گذاری زمانی حاصل می‌شود که شرکت تنها در تمام پروژه‌های باارزش فعلی خالص مثبت سرمایه‌گذاری کند. البته این سناریو در صورتی کارساز است که بازار کامل باشد و هیچ‌یک از مسائل بازار ناقص ازجمله گزینش نادرست و هزینه‌های نمایندگی وجود نداشته باشد، علاوه بر این، کارایی سرمایه‌گذاری یا سرمایه‌گذاری در حد بهینه مستلزم آن است که از یک‌سو از مصرف منابع در فعالیت‌هایی که سرمایه‌گذاری در آن بیش‌ازحد مطلوب انجام‌شده است جلوگیری شود و از سوی دیگر، منابع به سمت فعالیت‌هایی که نیاز بیشتری به سرمایه‌گذاری دارد هدایت شود [۱]. پژوهش‌های گسترده‌ای که در حوزه‌ی کارآیی سرمایه‌گذاری انجام‌گرفته، بیانگر این موضوع است که کارآیی سرمایه‌گذاری می‌تواند از طریق کاهش گزینش نادرست و افزایش توانمندی‌های مدیران و کاهش ریسک در راستای شناسایی بهتر فرصت‌های سرمایه‌گذاری بهبود یابد [۱۲]. بدین منظور در این پژوهش با استفاده از معیارهای مدیریت ریسک اقدام به تبیین و پیش‌بینی کارایی سرمایه‌گذاری با روش‌های مبتنی بر هوش مصنوعی شده است.

مبانی نظری

موضوع افزایش کارایی سرمایه‌گذاری ازآن‌جهت دارای اهمیت می‌گردد که بر اساس تئوری نمایندگی، زمانی که مدیران اطلاعات خوبی راجع به وجود فرصت‌های سرمایه‌گذاری پرمنفعت داشته باشند، امکان دارد که آن را به دلیل مشکلات مخاطره‌ی اخلاقی که ناشی از تملک وجوه نقد شرکت توسط مدیریت، عدم دوراندیشی و گزینش طرح نامناسب و نیز کمبود وجوه در دسترس که ناشی از تأمین مالی خارجی پرهزینه است، دنبال نکنند [۱۹]. درنتیجه سرمایه‌گذاری کمتر از حد و سرمایه‌گذاری بیشتر از حد درنتیجه مشکلات نمایندگی مثل خطر اخلاقی و انتخاب نادرست پدید می‌آید [۸].

معیار مدیریت ریسک و کارایی سرمایه‌گذاری

ریسک به مفهوم نا اطمینانی نسبت به آینده و امکان انحراف نامطلوب واقعیات ازآنچه مورد انتظار است، مفهومی مجرد نیست بلکه امری واقعی است. به این معنی که مستقل از شناخت و ذهنیت ما وجود دارد و با پیامدهای اقتصادی نامطلوبش ما را تهدید می‌کند. کاهش شدت انواع ریسک‌ها و پیامدهای آن‌ها نیازمند تدوین برنامه‌ای

جامع در سطح بنگاه‌های اقتصادی و اقتصاد ملی است به‌نحوی‌که به تأمین امنیت فعالیت‌های اقتصادی منتهی شود و روش‌های تدارک منابع مالی کافی برای مقابله با خسارات را نیز ارائه دهد؛ بنابراین برای مقابله با انواع ریسک‌ها ناگزیر باید ذهنیت خود را با آن‌ها منطبق کرد و با کسب اطلاعات کافی و شناخت دقیق و لازم از ماهیت آن‌ها به ارائه پوشش‌های متنوع مبتنی بر شناخت به‌دست‌آمده پرداخت [۹]. هر جا که آینده ناشناخته باشد، ریسک وجود دارد. ازاین‌رو، کسانی می‌توانند آینده‌ای مطمئن را برای خود و شرکت خویش رقم بزنند که بتوانند با برنامه‌ریزی و تحلیل‌های صحیح، شناخت خود را افزایش دهند. لذا امروزه وقتی در مورد مدیریت ریسک صحبت می‌شود، هدف از بین بردن ریسک نیست، بلکه شناسایی و تعیین هزینه‌های ناشی از آن است. این در حالی است که مدیریت ریسک خود به‌تنهایی معنایی را در برندارد زیرا ریسک، متغیری است که می‌تواند بر دیگر شرایط شرکت مانند سودآوری، کارایی شرکت و... تاثیر بگذارد [۵].

با بررسی فرمول‌های بازده، درمی‌یابیم که ریسک هر سهم به‌وسیله تغییرات در قیمت و سود تقسیمی آن سهم مشخص می‌شود. سرمایه‌گذارانی که درصدد به حداکثر رساندن ثروت خود هستند، سعی می‌کنند در دارایی‌هایی که نرخ بازده بالا و ریسک کمی دارد، سرمایه‌گذاری کنند. اگر شخصی در اوراق بهاداری سرمایه‌گذاری کند که نرخ بازدهی آن از نرخ بازده مورد انتظار بیشتر باشد، ارزش بازار این اوراق افزایش خواهد یافت، محیط اقتصادی شرکت‌ها نقش تعیین‌کننده و غیرقابل‌انکاری در اثرگذاری بر عملکرد مالی شرکت دارد [۱۱]. سرمایه‌گذاران منطقی اطمینان را به عدم اطمینان ترجیح می‌دهند و گفته می‌شود سرمایه‌گذاران ریسک گریزند. ریسک همیشه یکی از دغدغه‌های سرمایه‌گذاران بوده و در این میان سرمایه‌گذارانی موفق تلقی می‌شوند که بتوانند سطح قابل قبولی از ریسک را بپذیرند. سرمایه‌گذاران هنگام تصمیم به سرمایه‌گذاری، عوامل مختلفی را در نظر می‌گیرند ازجمله موارد مهم افشا که بر کارایی سرمایه‌گذاری شرکت‌ها تأثیرگذار است، افشا اطلاعات ریسک در گزارش‌های مالی سالانه آن‌ها می‌باشند [۶]. انتظارات ریسک بر رفتار سرمایه‌گذاری مدیران تأثیر دارد، بنابراین هرگونه اطلاعات مرتبط با ریسک شرکت برای سرمایه‌گذاران مفید است.

مطابق پژوهش‌های پیشین افشا اطلاعات ریسک بر عدم تقارن میان سرمایه‌گذاران و مدیران شرکت‌ها تأثیر دارد [۱۰]. افشای ریسک دارای عواقب اقتصادی است. ازجمله موارد عواقب اقتصادی افشای اطلاعات، تأثیر بر کارایی سرمایه‌گذاری است؛ بنابراین، افشای ریسک از طریق میزان کل ریسک افشاشده و شناسایی ریسک‌های ناشناخته قبلی بر کارایی سرمایه‌گذاری تأثیر دارد [۳۱]. تئوری سرمایه‌گذاری کمتر از حد بیان می‌کند که مدیران ممکن است از پروژه‌های کم ریسک باارزش فعلی مثبت زمانی که سرمایه‌گذاری به‌وسیله سهامداران تأمین مالی می‌شود، صرف‌نظر کنند آن‌ها تمایل دارند تا این‌گونه سرمایه‌گذاری‌ها را انجام دهند؛ زیرا دارندگان سهام هزینه سرمایه‌گذاری را تحمل می‌کنند اما مزایای چنین سرمایه‌گذاری‌هایی به دارندگان اوراق قرضه منتقل می‌شود بنابراین، مدیران شرکت ممکن است پروژه‌های دارای ریسک را که می‌تواند مزایای بیشتری برای سهامداران داشته باشد، دنبال کنند و زمانی که زیان‌های بزرگ رخ می‌دهد، این زیان‌ها می‌تواند به دارندگان اوراق قرضه منتقل شود از سوی دیگر، سرمایه‌گذاری بیشتر از حد ناشی از عدم همسویی بین منافع مدیران و سهامداران است در حضور

جریان‌های نقد آزاد، مدیران شرکت تمایل دارند شرکت خود را گسترش دهند، حتی اگر پروژه‌های با خالص ارزش فعلی منفی ارزش سهامداران را کاهش دهد [۳۰].

مدیریت ریسک شرکت ابزاری باهدف اطمینان نسبی در جهت رسیدن به اهداف سودآوری شرکت است. چنانچه مدیریت ریسک در واحد تجاری به‌خوبی اجرا گردیده باشد می‌تواند مزیت رقابتی ایجاد نماید [۲۰]. با ایجاد مزیت رقابتی می‌توان انتظار داشت که باوجود مدیریت توانمند، فنون مدیریت ریسک نقش به سزایی می‌تواند در افزایش کارایی سرمایه‌گذاری ایفا نماید. در این پژوهش سعی بر آن است که به تبیین کارایی سرمایه‌گذاری با تأکید بر معیارهای مدیریت ریسک با به‌کارگیری روش‌های هوش مصنوعی در شرکت‌های پذیرفته‌شده‌ی در بورس اوراق بهادار تهران بپردازد.

پیشینه تحقیق

بیات و همکاران (۱۳۹۹) در بررسی عوامل رفتاری مدیریت بر کارایی سرمایه‌گذاری و ارزش شرکت نشان دادند ویژگی‌های شخصی مدیریت تأثیری بر کارایی سرمایه‌گذاری ندارد، اما در مواقع ناکارایی سرمایه‌گذاری باعث کاهش ارزش شرکت می‌شود. فصیحی و همکاران (۱۳۹۸) به بررسی تأثیر افشای ریسک بر کارایی سرمایه‌گذاری شرکت‌های پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران پرداختند. برای محاسبه شاخص افشای ریسک شرکت‌ها از روش تحلیل محتوی دستی استفاده‌شده است و شاخص افشای ریسک از طریق طبقه‌بندی ریسک‌های افشاشده شرکت‌ها در قالب چهار زیرمجموعه کلی ریسک‌های مالی، عملیاتی، قوانین و مقررات و استراتژیک و با استفاده از مدل میهکنن[1] (۲۰۱۳) محاسبه‌شده است. همچنین برای سنجش کارایی سرمایه‌گذاری از مدل چن[2] و همکاران (۲۰۱۱) استفاده‌شده است. نمونه تحقیق شامل ۶۰ شرکت برای بازه زمانی ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۵ است. نتایج پژوهش حاکی از آن است که افشای ریسک بر کارایی سرمایه‌گذاری شرکت‌ها تأثیر مثبت و معناداری دارد یعنی با افزایش افشای ریسک، کارایی سرمایه‌گذاری شرکت‌ها افزایش می‌یابد.

صیادی و دیگران (۱۳۹۸) مطالعه نقش مدیریت ریسک شرکت (ERM) بر رابطه بین توانایی مدیریت و افزایش کارآیی سرمایه‌گذاری را با کمک نمونه‌ای شامل ۱۰۶ شرکت از بین شرکت‌های پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران است و در بازه سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۵ انجام دادند. طبق مبانی نظری مدیریت ریسک واحد تجاری می‌تواند بر رابطه توانایی مدیریت در افزایش کارایی سرمایه‌گذاری و کاهش ناکارایی سرمایه‌گذاری تأثیرگذار باشد. اندازه‌گیری متغیر مستقل توان مدیریت از طریق مدل دمرجیان و مک وی[3] (۲۰۱۲) و متغیر تعدیل‌تر مدیریت ریسک شرکت از طریق مدل گوردون و همکاران (۲۰۰۹) انجام‌شده. همچنین متغیر وابسته یعنی کارایی سرمایه‌گذاری از روش بیدل[4] و همکاران (۲۰۰۹) و گن[5] (۲۰۱۵) اندازه‌گیری گردیده است. نتایج نشان می‌دهد

[1] Miihkinen, A.
[2] Chen, F
[3] Demerjian & McVay
[4] Biddle, G. C
[5] Gan, Huiqi

که مدیریت ریسک شرکت به‌تنهایی تأثیری بر رابطه توان مدیریت در افزایش کارایی سرمایه‌گذاری و یا کاهش ناکارایی سرمایه‌گذاری شرکت‌ها ندارد. منهارت[1] و دیگران (۲۰۲۰) به بررسی فرا تحلیلی مدیریت ریسک زنجیره تأمین و عملکرد شرکت پرداختند. نتایج نشان می‌دهد که مدیریت ریسک زنجیره تأمین سهم بسزایی در عملکرد مالی شرکت دارد. همچنین نتایج نشان داد که هر دو استراتژی بافر و پل به مدیریت ریسک زنجیره تأمین کمک می‌کنند. کاشیف شاد[2] (۲۰۱۹) در مطالعه‌ای به بررسی ادغام گزارشگری پایدار در مدیریت ریسک سازمانی و ارتباط آن با عملکرد تجاری پرداختند و نتایج پژوهش آن‌ها حاکی از آن است که به‌کارگیری مناسب مدیریت ریسک سازمانی تأثیر قابل‌توجهی بر عملکرد شرکت دارد و همچنین گزارش‌دهی پایدار می‌تواند بر عملکرد شرکت از طریق مدیریت ریسک سازمانی تأثیر بگذارد.

فرضیه‌ها

با توجه به مبانی نظری و هدف پژوهش، فرضیه‌های زیر تدوین‌شده است:

۱) الگوریتم هوش مصنوعی شبکه عصبی توانایی پیش‌بینی کارایی سرمایه‌گذاری را با معیارهای مدیریت ریسک دارد.

۲) الگوریتم هوش مصنوعی ژنتیک توانایی پیش‌بینی کارایی سرمایه‌گذاری را با معیارهای مدیریت ریسک دارد.

۳) الگوریتم هوش مصنوعی شبکه عصبی توانایی بالاتری جهت پیش‌بینی کارایی سرمایه‌گذاری نسبت به الگوریتم ژنتیک دارد.

روش‌شناسی پژوهش

جامعه و نمونه آماری پژوهش

پژوهش حاضر کاربردی است و در آن از طرح شبه تجربی و رویکرد پس رویدادی استفاده‌شده است. جامعه آماری این تحقیق شامل کلیه شرکت‌های پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران می‌باشد. نمونه آماری عبارت است از تعداد محدودی از آحاد جامعه آماری که بیان‌کننده ویژگی‌های اصلی جامعه باشد. در این تحقیق برای این‌که نمونه آماری یک نماینده مناسب از جامعه آماری موردنظر باشد، از روش حذف سیستماتیک استفاده‌شده است. برای این منظور ۳ معیار زیر در نظر گرفته‌شده و درصورتی‌که شرکتی کلیه معیارها را احراز کرده باشد به‌عنوان نمونه تحقیق انتخاب‌شده و مابقی حذف می‌شوند.

- به لحاظ افزایش قابلیت مقایسه سال مالی شرکت منتهی به ۲۹ اسفند بوده و شرکت طی بازه زمانی ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۷ سال مالی و نوع فعالیت خود را تغییر نداده باشند.

[1] Pam Manhart
[2] Kashif Shad, Muhammad

- به لحاظ ساختار گزارشگری جداگانه‌ای که شرکت‌های سرمایه‌گذاری و واسطه‌گری مالی (لیزینگ‌ها و بیمه‌ها و هلدینگ‌ها و بانک‌ها و مؤسسات مالی) دارند از نمونه حذف می‌شوند.
- اطلاعات مالی آن‌ها در بازه زمانی ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۷ در دسترس باشد.

با توجه به شرایط فوق تعداد ۱۳۹ شرکت طی مدت ۱۰ سال جهت آزمون فرضیه‌های پژوهش انتخاب‌شده است.

متغیرهای پژوهش

معیارهای اثربخشی مدیریت ریسک

مدیریت ریسک شرکت مجموعه تکنیک‌های مطرح‌شده توسط کوزو[1] جهت مدیریت ریسک می‌باشد که در این پژوهش از مدل گوردون و همکاران[2] (۲۰۰۹) برای اندازه‌گیری و کمی کردن اثربخشی مدیریت ریسک در شرکت‌ها استفاده می‌شود. مدیریت ریسک شرکت (ERM) شامل مدیریت ریسک‌های استراتژیک، مدیریت ریسک‌های عملیاتی، مدیریت ریسک‌های گزارشگری و مدیریت ریسک‌های عدم رعایت قوانین و مقررات، تعیین می‌گردد [۲۵]. تعریف هریک از ابزارهای مدیریت ریسک به شرح زیر می‌باشد[۸]:

مدیریت ریسک‌های استراتژیک Strategy

در شرکت‌های تولیدی هر صنعت روش‌های تولید، تأمین مالی و ... تقریباً مشابه است. در این حالت تنها استراتژی که می‌تواند شرکت را جهت ایجاد مزیت رقابتی یاری نماید، استراتژی فروش و مشتری مداری می‌باشد؛ بنابراین در یک سازمان هر چه فروش و مشتری مداری نسبت به رقیبان همان صنعت خواهد داشت. ازاین‌رو عامل استراتژی را نسبت فروش به میانگین فروش صنعت در نظر گرفته می‌شود [۲۰]:

$$Strategy = \frac{salesi - \mu sales}{\sigma sales} \quad (1)$$

که در آن

Salesi: به معنای درآمد فروش و خدمات.

$\mu sales$: نشان‌دهنده میانگین درآمد فروش و خدمات در هرسال در هر صنعت می‌باشد.

$\sigma sales$: نشان‌دهنده انحراف معیار درآمد فروش و خدمات در هرسال در هر صنعت می‌باشد.

مدیریت ریسک‌های عملیاتی *operation*

فرایند مدیر ریسک شرکت به دنبال کاهش ریسک‌های عملیاتی است که درنهایت باعث افزایش کارایی و عملکرد سازمان می‌گردد [۱۳]. «عملکرد بهتر» یکی از نتایج حاصل از استفاده بهتر از مدیریت ریسک شرکت بوده و باید ریسک‌های کلی که منجر به شکست سازمان می‌شود را کاهش داده و درنتیجه کارایی و ارزش سازمان را افزایش دهد. ازاین‌رو گردش دارایی‌ها که به‌صورت فروش بر کل دارایی‌ها تعریف می‌شود به‌عنوان یک معیار برای کارایی عملکرد بشمار می‌رود [۲۴]. کارایی عملیاتی بالاتر باید ریسک کلی ورشکستگی شرکت را کاهش داده و عملکرد و ارزش شرکت را افزایش می‌دهد [۲۰].

[1] Committee of Sponsoring Organizations(COSO) of the Treadway Commission
[2] Gordon et al

$$Operation=(sales)\,/\,(total\ assets) \qquad (۲)$$

Sales: نشان‌دهنده فروش

total assets: نشان‌دهنده جمع کل دارایی‌هاست

مدیریت ریسک‌های گزارشگری *Reporting*:

مفهوم گزارشگری در اینجا به معنای قابلیت اتکای گزارشگری است [۲۰]. گزارشگری درست و دقیق برای موفقیت سازمان در همه ابعاد حیاتی است. هدف گزارشگری درست و دقیق باید هدایت‌کننده اصلی همه فعالیت‌های ERM باشد. برای اندازه‌گیری کیفیت گزارشگری مالی، ارزش کامل اقلام تعهدی غیر نرمال[1] مورداستفاده قرار می‌گیرد [۲۲]. در این حالت معیار قابلیت اتکای گزارش گری شرکت عبارت است از نسبت نسبی ارزش کامل (قدر مطلق) اقلام تعهدی نرمال[2] تقسیم‌بر جمع ارزش کامل اقلام تعهدی نرمال و غیر نرمال. علت استفاده از هر دو اقلام این است که اقلام تعهدی نرمال و غیر نرمال می‌تواند منفی باشد لذا قدرت نسبی آن‌ها بهتر می‌تواند از طریق ارزش‌های کامل آن‌ها اندازه‌گیری شود.

$$\text{reporting} = \frac{|\text{NormalAccruals}|}{|\text{NormalAccruals}| + |\text{AbnormalAccruals}|} \qquad (۳)$$

اقلام تعهدی غیر نرمال از طریق مدل جونز[3] (۱۹۹۱) به‌صورت زیر برآورد می‌شوند.

$$TA_{ijt}/A_{ijt-1} = a_{jt}[1/A_{ijt-1}] + \beta_{1jt}[\Delta REV_{ijt}/A_{ijt-1}] + \beta_{2jt}[PPE_{ijt}/A_{ijt-1}] + e_{ijt} \qquad (۴)$$

TA_{ijt}: جمع اقلام تعهدی برای شرکت i در صنعت j که عبارت است از سود قبل از اقلام غیرمترقبه منهای جریان‌های نقد عملیاتی.

A^{ijt-1}: جمع کل دارایی‌ها برای شرکت i در صنعت j

ΔREV_{ijt}: تغییر درآمدها برای شرکت i در صنعت j

PPE_{ijt}: ناخالص اموال، ماشین‌آلات و تجهیزات برای شرکت i در صنعت j

e_{ijt}: جزء خطا برای شرکت i در صنعت j یا همان AbnormalAccruals

با این توصیف اقلام تعهدی نرمال عبارت است از جمع اقلام تعهدی منهای اقلام تعهدی غیر نرمال.

مدیریت ریسک‌های عدم رعایت قوانین و مقررات *Compliance*

با ورود سازمان به محیط پیچیده و افزایش تعاملات سازمان با محیط بیرونی، سازمان چاره‌ای جز رعایت قوانین و مقررات حاکم بر این روابط با محیط خارجی ندارد. به همین دلیل سازمان‌ها در معرض طیف گسترده‌ای از

[1] AbnormalAccruals
[2] NormalAccruals
[3] Jones model

ریسک‌های عدم رعایت قوانین و مقررات قرار می‌گیرد. مدیریت ریسک شرکت، بررسی ریسک‌های مربوط به عدم رعایت قوانین و مقررات را در تک تک اجزای چارچوب فرایند اجرای مدیریت ریسک شراکت، مانند بافت‌های محیط داخلی، هدف‌گذاری، کنترل ریسک و همچنین در سرتاسر سازمان پیشنهاد می‌کند. یکی از ابزارهای کارآمد در این زمینه استانداردهای پذیرفته‌شده حسابرسی می‌باشد [۱۶]. حسابرس و فرآیند حسابرسی نماینده محیط ناظر بیرونی محسوب می‌شود؛ بنابراین معیار برای اندازه‌گیری قوانین و مقررات استفاده‌شده در این پژوهش نسبت به حق‌الزحمه حسابرس به مجموعه دارایی‌ها می‌باشد:

$$\text{Compliance} = \frac{\text{Auditor Fees}}{\text{Total Assets}} \quad (۵)$$

Auditor Fees: حق‌الزحمه حسابرسی

Auditor Fees: جمع کل دارایی‌ها

معیارهای مدیریت ریسک

عدم اطمینان محیطی

به‌عنوان تغییر یا تغییرپذیری در محیط داخلی سازمان تعریف‌شده است که با استفاده از سه پارامتر زیر اندازه‌گیری می‌شود: [۴]

۱- بازار – ضریب تغییرات فروش (S_{it}) CV.

S_{it} = فروش شرکت i در سال t.

۲- فناوری – ضریب تغییرات هزینه سرمایه.

برای محاسبه هزینه سرمایه از رابطه ۶ یعنی، روش میانگین موزون هزینه سرمایه[1] (WACC) استفاده شد.

$$WACC = \left(\frac{D}{D+E}\right)k_d + \left(\frac{E}{D+E}\right)k_e \quad (۶)$$

WACC = میانگین موزون هزینه سرمایه

E = ارزش بازار حقوق صاحبان سرمایه

D = ارزش بازار بدهی‌های بهره دار

K_e = نرخ هزینه حقوق صاحبان سرمایه

K_d = نرخ هزینه بدهی‌های بهره دار

برای محاسبه نرخ هزینه بدهی‌های بهره دار از رابطه ۷ استفاده می‌شود.

$$kd = kD\ (1-t) \quad (۷)$$

t، نرخ مؤثر مالیاتی است که ۲۲.۵٪ در نظر گرفته‌شده است.

kD = نرخ بهره بازار بدهی‌های بهره دار (نرخ بهره بانک مرکزی)

kd = نرخ هزینه بدهی‌های بهره دار

[1] Weighted Average Cost of Capital

نرخ هزینه حقوق صاحبان سهام هرسال شرکت نیز از طریق مدل رشد گوردن محاسبه و تعیین گردیده است. طبق این مدل، هزینه سرمایه شرکت از طریق رابطه ۸ به دست می‌آید.

$$K_e = \frac{D_1}{P_o(1-F)} + g \quad (۸)$$

F = درصد هزینه‌های صدور و فروش

K_e = نرخ بازده مورد انتظار سهامداران

D_0= آخرین سود سهمی تقسیمی هر سهم

g = نرخ رشد سود تقسیمی

D_1 = سود تقسیمی پایان سال، یعنی $D_1= D_0 (1+g)$

P_0 = قیمت جاری سهام

در خصوص هزینه‌های انتشار که در مورد حقوق صاحبان سهام فقط در بخش سرمایه پرداخت‌شده از نرخ ثابت ۱٪ استفاده‌شده است.

نرخ رشد (g) از طریقه رابطه ۹ به‌دست‌آمده است.

اگر نسبت انباشت سود و بازده حقوق صاحبان سهام، به نسبت پایدار باشد، آنگاه از حاصل‌ضرب رابطه ۱۰ در رابطه ۱۱ می‌توان برای محاسبه رابطه ۹ استفاده نمود.

g = (ROE × نسبت انباشت سود) (۹)

ROE = (حقوق صاحبان سهام ÷ سود خالص) (۱۰)

(((EPS همان سال ÷ DPS همان سال) − ۱) = نسبت انباشت سود (۱۱)

۳- سود – ضریب تغییرات سود خالص قبل از مالیات CV (Iit).

Iit = سود خالص قبل از مالیات شرکت i در سال t.

بنابراین، عدم اطمینان محیطی (Eu) از رابطه ۱۲ به دست می‌آید.

$$EU = \log(\sum\sum_{k=1}^{3} CV(X_k)) \quad (۱۲)$$

$$CV(X_k) = \frac{\sqrt{\sum_{t=1}^{10} \frac{(Z_{k,t} - \bar{Z}_k)^2}{10}}}{|\bar{Z}_k|} \quad (۱۳)$$

ضریب تغییرات عدم اطمینان $CV(X_k) = k$

$t = 1, 2, 3, 4, 5,\ldots,10$ برای سال‌های پژوهش

$Z_{k,t} = (X_{k,t} - X_{k,t-1})$ ($X_{k,t}$ = عدم اطمینانی K در سال t).

$\bar{Z}_k$ = متوسط تغییرات عدم اطمینانی K

K = 1, 2, 3 برای عدم اطمینان ۱- بازار ۲- فناوری ۳- سود

رقابت صنعت

رقابت صنعت، تمرکز صنعت را اندازه‌گیری می‌کند که تمرکز پایین یعنی رقابت بالا. رقابت صنعت از مجموع سهم‌های بازار همه شرکت‌ها در صنعت به دست می‌آید. سهم بازار از طریق، فروش‌های هر شرکت تقسیم‌بر کل فروش‌های صنعت به دست می‌آید.

نظارت هیئت‌مدیره

متغیر نظارت هیئت‌مدیره از طریق تقسیم تعداد اعضای هیئت‌مدیره بر لگاریتم طبیعی فروش‌ها محاسبه و اندازه‌گیری می‌شود.

اندازه شرکت

از طریق لگاریتم طبیعی میانگین مجموع فروش‌ها، اندازه‌گیری می‌شود.

متغیر وابسته

کارایی سرمایه‌گذاری: کارایی سرمایه‌گذاری زمانی حاصل می‌شود که شرکت فقط در تمامی طرح‌هایی باارزش فعلی خالص مثبت سرمایه‌گذاری کند. البته این سناریو در صورتی کارساز است که بازار کامل باشد و هیچ‌یک از مسائل بازار ناقص ازجمله گزینش نادرست و هزینه‌های نمایندگی وجود نداشته باشد. در پژوهش جاری برای کمی سازی کارایی سرمایه‌گذاری از رابطه (۱۴) زیر استفاده‌شده است.

$$Invest_{it}=B_0+B_1\ SaleGrowth_{it-1}+e_{it} \qquad (۱۴)$$

که در آن:

$Invest_{it}$: عبارت است کل سرمایه‌گذاری (خالص افزایش در دارایی‌های مشهود و نامشهود که یا کل دارایی‌های سال قبل مقیاس زدایی شده است) شرکت i در سال t.

$SaleGrowth_{it-1}$: عبارت است از نرخ تغییرات فروش (تفاضل فروش سال قبل و دو سال قبل که با فروش دو سال قبل مقیاس زدایی شده است)

e_{it}: عبارت است از سرمایه‌گذاری بیش‌ازحد و یا کمتر از حد شرکت i در سال t.

لازم به ذکر است که برای اندازه‌گیری کارایی سرمایه‌گذاری، از مقادیر باقی‌مانده مدل فوق (e_{it}) قدر مطلق گرفته‌شده و سپس در منفی یک‌ضرب می‌شوند

یافته‌های پژوهش

آمار توصیفی

در این پژوهش آمار توصیفی متغیرهای در جدول ۱ ارائه‌شده است تا شمایی کلی از داده‌هایی که در این پژوهش مورد تحلیل واقع‌شده‌اند، به دست آید.

جدول ۱- آمار توصیفی

متغیر	میانگین	میانه	حداکثر	حداقل	انحراف معیار	چولگی	کشیدگی
کارایی سرمایه‌گذاری	-۰/۰۷	-۰/۰۳	-۰/۰۰۰۰۴	-۶/۵۶	۰/۲۲	-۲۰/۷۴	۵۹۶/۰۷
عدم اطمینان محیطی	۰/۴۸	۰/۸۱	۴۷/۵۱	-۱۳۲/۲۰	۷/۷۹	-۸/۱۰	۱۱۵/۳۹
رقابت صنعت	۰/۱۷	۰/۱۲	۱/۰۰	۰/۰۰	۰/۱۸	۲/۳۸	۷/۹۸
نظارت هیئت‌مدیره	۰/۳۷	۰/۳۷	۰/۵۹	۰/۲۳	۰/۰۴	۰/۵۴	۱/۷۱
مدیریت ریسک استراتژیک	۰/۰۲	-/۳۰	۴/۹۴	-۱/۶۷	۱/۰۱	۱/۹۳	۴/۳۶
مدیریت ریسک عملیاتی	۰/۸۸	۰/۷۸	۳/۴۷	۰/۰۱	۰/۴۶	۱/۶۹	۴/۳۸
مدیریت ریسک گزارشگری	۰/۴۴	۰/۴۳	۱/۰۰	۰/۰۰	۰/۲۶	۰/۲۴	-۰/۹۱
مدیریت ریسک عدم رعایت قوانین	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۵	۰/۰۱	۰/۰۰	۰/۰۰۱	۴/۲۶	۲۹/۶۳

روش‌هایی است که برای جمع‌آوری، تلخیص، طبقه‌بندی و توصیف حقایق عددی به کار می‌رود. درواقع این نوع تحلیل، داده‌ها و اطلاعات پژوهش را توصیف می‌کند و طرح یا الگوی کلی از داده‌ها را برای استفاده سریع و بهتر از آن‌ها به دست می‌دهد. آمار توصیفی به محاسبه پارامترهای جامعه می‌پردازد و شامل شاخص‌های مرکزی و پراکندگی جامعه می‌باشد. آمار توصیفی متغیرهای پژوهش شامل میانگین، میانه، مینیمم، ماکزیمم، انحراف معیار و چولگی و کشیدگی آورده شده است؛ که معروف‌ترین و درعین‌حال پرمصرف‌ترین شاخص‌های آمار توصیفی‌اند. میانگین، متوسط داده‌ها را نشان می‌دهد. میانه، عددی است که حدود ۵۰ درصد داده‌ها از آن کوچک‌تر هستند. انحراف معیار، میزان پراکندگی داده‌ها را در اطراف میانگین نشان می‌دهد. انحراف معیار نیز به‌عنوان یکی از شاخص‌های پراکندگی نشان می‌دهد به‌طور میانگین داده‌ها چه مقدار از مقدار متوسط فاصله‌دارند. بیشترین پراکندگی از میانگین مربوط به عدم اطمینان محیطی و کمترین مربوط به مدیریت ریسک عدم رعایت قوانین می‌باشد. به‌عنوان‌مثال برای متغیر کارایی سرمایه‌گذاری، میانگین برابر با ۰/۰۷- است، یعنی کارایی سرمایه‌گذاری کل شرکت‌ها در دوره مالی به‌طور متوسط برابر با ۰/۰۷- است.

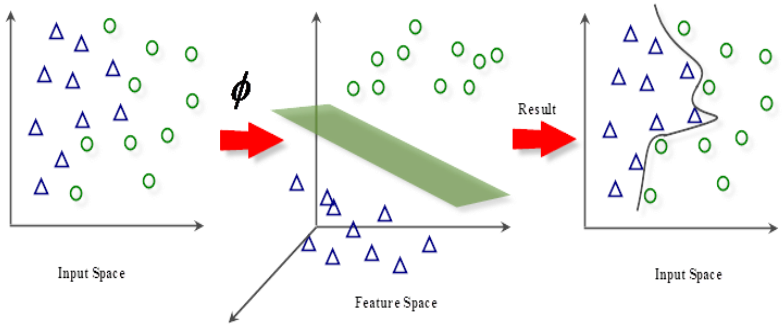
الگوریتم شبکه عصبی و ژنتیک

انتخاب مدل غیرخطی به‌عنوان تابع برازش ژنتیک جهت پیش‌بینی کارایی سرمایه‌گذاری

برای پیش‌بینی کارایی سرمایه‌گذاری توسط الگوریتم GA ابتدا باید یک مدل انتخاب گردد. در این مقاله به‌منظور نزدیک کردن این الگوریتم به ماهیت الگوریتم شبکه عصبی RBF سعی شده است با ترکیب تقریب نگاشت ویژگی یک تابع کرنل، الگوریتم ژنتیک را مشابه لایه وسط شبکه RBF قرار داد و با ترکیب خطی بعد آن در فضای ویژگی مشابه لایه آخر RBF را ایجاد کرد. مدل خطی ساده‌ترین مدلی است که وجود دارد و در حوزه الگوریتم‌های رگرسیون خطی رابطه کلی آن به فرم زیر نوشته می‌شود. به ضرایب β، که متغیرهای مسئله رگرسیون خطی هستند، ضریب رگرسیون گویند. در رابطه (۱۵) این مدل نشان داده‌شده است.

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + ... + \beta_p x_p \qquad (۱۵)$$

که در آن $x_1, x_2, ..., x_p$ به ترتیب متغیرهای مستقل مرتبط با یک شرکت و y متغیر وابسته است. β_j , $j = 1, ..., p$ ضرایب مدل رگرسیون هستند، زمانی که p تعداد متغیرهای مستقل را نشان دهد. در اکثر مسائل رگرسیون مدل‌های غیرخطی کارایی بهتر و دقیق‌تری نسبت به مدل‌های خطی دارند و بسیاری از تحقیقات سعی کردند از یک نگاشت ویژگی $\phi(x)$ استفاده کنند و داده‌ها را از فضای ورودی به فضای ویژگی به‌گونه‌ای حرکت دهند که در فضای جدید داده‌ها به‌صورت خطی قابل پیش‌بینی باشند. فضای ورودی در بسیاری از این الگوریتم‌ها به فضایی با ابعاد بالاتر به نام فضای ویژگی[1] نگاشت می‌گردد. برای سادگی فرض کنید مسئله جدا کردن دودسته شرکت از هم باشد که دارای دو متغیر مستقل هستند.



شکل ۱- مفهوم فضای ورودی، تابع نگاشت و فضای ویژگی

در شکل ۱ سمت چپ این دودسته به همراه دو متغیر مستقل نشان داده‌شده است همان‌طور که مشخص است نمی‌توان با استفاده از الگوریتم‌های خطی (یک خط) داده‌ها را به دودسته جدا نمود. با استفاده از یک نگاشت ویژگی صریح ϕ، داده‌ها از فضای ورودی به فضای ویژگی که دارای ابعاد بالاتری از فضای ورودی است به‌گونه‌ای نگاشت شده‌اند که بتوان دو کلاس را با یک صفحه جدا کرد که در شکل ۱ وسط دیده می‌شود. به دلیل اینکه معمولاً ابعاد این فضا خیلی بزرگ و بعضاً بی‌نهایت است و همچنین نگاشت ϕ وجود ندارد، نمی‌توان محاسبات الگوریتم‌های خطی را در این فضا انجام داد. محققان از برای برطرف کردن این مشکل در روش‌های مبتنی بر کرنل، با استفاده از ترفند کرنل[2] $k(x,y)=(\phi(x),\phi(y))$ با جایگذاری یک تابع بانام تابع کرنل، به‌جای ضرب داخلی دو نگاشت دیگر نیاز به محاسبه نگاشت و محاسبات در فضای ویژگی نداشتند. به‌این‌ترتیب که به‌جای نگاشت صریح داده‌ها به فضای ویژگی از تابع کرنل برای محاسبه ضرب داخلی تصویر داده‌ها در فضای ویژگی استفاده می‌شود و با این ترفند از محاسبات فضای ویژگی گریز می‌کنند. با توجه به این‌که ابعاد فضای ویژگی بالا و بعضاً

[1] Feature Space
[2] Kernel Trick

بی‌نهایت است، نمی‌توان از نگاشت صریح داده‌ها استفاده نمود و روش‌های کرنل با استفاده از ترفند کرنل بدون دانستن نگاشت ϕ و محاسبات پیچیده در فضای ویژگی، مسئله را در فضای ورودی حل می‌نمایند. درنتیجه با استفاده از ترفند کرنل از تصویر ضرب داخلی فضای ویژگی استفاده کرده و الگوریتم‌های خطی را با نتیجه غیرخطی اجرا می‌کنند که در شکل ۱ سمت راست مشاهده می‌شود. نمونه‌ای از کرنل‌های معروف عبارتند از کرنل گوسی، کرنل چندجمله‌ای، کرنل لاپلاس و ... روش‌های کرنل هم مشکلاتی دارند که به‌طورکلی می‌توان ۱- باید الگوریتم را به‌گونه‌ای تغییر داد تا ضرب داخلی $\langle\phi(x),\phi(y)\rangle$ در آن ظاهر شود که بتوان از حقه کرنل استفاده کرد. ۲- محاسبه ماتریس کرنل در مسائل بزرگ هزینه محاسباتی بالایی دارد و منجر به افزایش حافظه الگوریتم و کاهش سرعت الگوریتم می‌گردد. در سال‌های اخیر برخی محققان سعی در تقریب نگاشت ویژگی با ابعاد کم برای کرنل‌ها کردند که در این تحقیق از برای تقریب نگاشت ویژگی استفاده‌شده است. نگاشت‌های ویژگی به‌دست‌آمده این روش از نظریه Bochner و نمونه‌برداری تصادفی آغاز می‌گردد و معمولاً به این روش‌ها ویژگی‌های فوریه تصادفی[1] یا نگاشت ویژگی تصادفی[2] اطلاق می‌گردد.

❖ نظریه Bochner: *کرنل پیوسته* $k(x,y)=k(x-y)$ *(خاصیت ناوردا نسبت به انتقال[3]) روی* $\mathbb{R}^d$ *معین مثبت است، اگر و فقط اگر* $k(\delta)$ *تبدیل فوریه از سنجه غیر-منفی[4] باشد.*

نظریه Bochner تضمین می‌کند که یک کرنل ناوردا نسبت به انتقال $k(\delta)$ که به‌درستی مقیاس‌بندی[5] (کوچک) شده باشد، با تبدیل فوریه $p(\omega)$ که توزیع احتمال مناسب آن است، متناسب است. با تعریف $\xi_\omega(x)=e^{j\omega^T x}$ می‌توان نوشت:

$$k(x,y)=k(x-y)=k(\delta)=\int_{\mathbb{R}^d}p(\omega)e^{-j\omega^T(x-y)}d\omega=E_{p(\omega)}[\xi_\omega(x)\xi_\omega(y)^*] \qquad (۱۶)$$

به‌طوری‌که $\xi_\omega(x)\xi_\omega(y)^*$ تخمین بدون بایاس[6] $k(x,y)$ وقتی ω از p به‌دست‌آمده باشد، است. ازآنجاکه $p(\omega)$ و $k(\delta)$ مقادیر حقیقی هستند، می‌توان به‌جای تابع‌نمایی رابطه (۱۶)، کسینوسی معادل آن را جایگزین نمود و به این صورت انتگرال (۱۶) همگرا می‌شود، بنابراین مقدار حقیقی نگاشت $E[z_\omega(x)z_\omega(y)]=k(x,y)$ با مقدار $z_\omega(x)=\sqrt{2}\cos(w^T xb)$ به دست می‌آید که در آن ω از توزیع احتمال $p(\omega)$ به‌دست‌آمده و b در بازه $[0,2\pi]$ قرار دارد. مقدار امید ریاضی $k(x,y)$، $z_\omega(x)z_\omega(y)$ است. آنالیز نشان می‌دهد که کران خطای تعمیم در یادگیری کرنل طبق ویژگی‌های فوریه تصادفی $O\left(N^{-\frac{1}{2}}+m^{-\frac{1}{2}}\right)$ محاسبه می‌گردد که در آن N تعداد نمونه‌های آموزشی است و m تعداد اجزاء فوریه نمونه‌برداری شده است.

[1] Random Fourier Features
[2] Random Feature Map
[3] Translate Invariant
[4] Non-Negative Measure
[5] Properly Scaled
[6] Unbiased Estimate

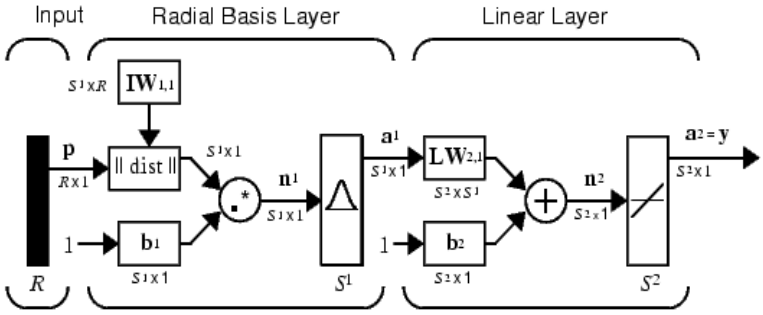
$$k(x,y) = k(y-x) = \int_{\mathcal{R}^d} e^{-i(x-y)^T w} p(w)dw \approx \frac{1}{s}\sum_{j=1}^{s} e^{-i(x-y)^T w_j} = \langle \hat{\phi}_s(x), \hat{\phi}_s(y) \rangle \quad (۱۷)$$

به‌طوری‌که $w \sim p(w)$ و s بُعد فضای ویژگی است؛ که با استفاده از رابطه اویلر می‌توان نوشت:

$$\hat{\phi}_s(x) = \frac{1}{\sqrt{s}}[\cos(w_1 x), \dots, \cos(w_s x), \sin(w_1 x), \dots, \sin(w_s x)] \quad (۱۸)$$

شبکه عصبی تابع‌های پایه شعاعی

یکی از کارآمدترین شبکه‌های عصبی مصنوعی، شبکه مبتنی بر تابع‌های پایه شعاعی[1] است. این شبکه اساساً به‌منظور دو هدف کلی رگرسیون و ایجاد نگاشت بین بردارهای ورودی و خروجی مورداستفاده قرار می‌گیرد. مدل یادشده از نوع شبکه عصبی پیش‌خور است و دارای دولایه شامل یک‌لایه میانی حاوی توابع پایه شعاعی و یک‌لایه خروجی خطی است. در این شبکه ورودی تابع انتقالی، از حاصل‌ضرب فاصله بین بردارهای وزن و بردارهای ورودی در بایاس به دست می‌آید.



شکل ۲- مدل کلی یک شبکه RBF با R داده ورودی

در این شبکه‌ها درصورتی‌که ورودی تابع صفر باشد، مقدار بیشینه تابع پایه شعاعی برابر یک خواهد بود و با کاهش فاصله بین وزن‌ها و ورودی‌ها، مقدار خروجی افزایش می‌یابد. ازاین‌رو در یک شبکه RBF، نرون به‌صورت آشکارســـازی عمل می‌کند که زمانی که ورودی همسان با وزن خود باشد عدد یک را تولید می‌کند. بایاس وظیفه تنظیم حساسیت نرون‌های تابع پایه شعاعی را بر عهده دارد. تابع پایه شعاعی دارای قابلیت‌های فراوانی در تقریب توابع است. درحالی‌که توابع سیگموند به‌کاررفته در شبکه‌های عصبی انتشار خطا بازگشتی دارای چنین خاصیتی

[1] Radial basis function neural network

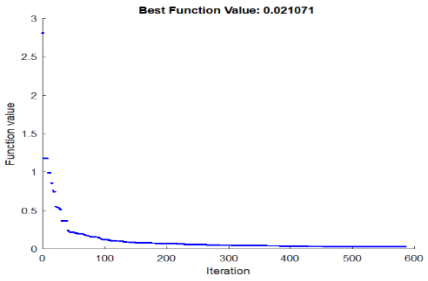
نیستند. در تمامی نرون‌های لایه میانی به‌جای توابع سیگموند و تانژانت‌های پربولیک از تابع‌نمایی گوس استفاده‌شده است. این تابع غیرخطی بوده و به معادله زیر است

$$g = \exp\left(- \frac{\|x_i - c\|^2}{2 \times r^2} \right) \quad (۱۹)$$

که x_i نشان‌دهنده متغیرهای مستقل انتخابی است. در این شبکه‌ها در لایه ورودی خاصیت محاسباتی وجود ندارد، در لایه میانی نرون‌های تابع پایه شعاعی با تابع تحریک گوس قرار دارند و تابع تحریک نرون‌های لایه‌ی خروجی، خطی می‌باشد. پاسخ نرون‌های لایه میانی، در یک بازه محدود مورد پردازش قرار می‌گیرد؛ به‌عبارت‌دیگر، هر نرون لایه میانی محلی را برای پذیرایی از بردارهای ورودی فراهم می‌آورد. به این بازه عددی که دارای تقارن شعاعی بوده و معمولاً با پارامتر σ نشان داده می‌شود میدان پذیرا[1] گفته می‌شود. میدان پذیرا دارای مرکز c و عرض δ بوده و میزان همپوشانی بین هر نرون لایه میانی با نرون‌های مجاور، عرض δ را تعیین می‌کند. هر چه بردار ورودی شبکه به مرکز تابع غیرخطی نرون نزدیک‌تر باشد، مقدار خروجی لایه میانی بزرگ‌تر است و برعکس. معیار محاسبه این فاصله نیز، فاصله اقلیدسی[2] می‌باشد. تعداد نرون‌های موجود در لایه میانی برابر تعداد بردارهای ورودی است که همان زوج‌های آموزشی در مجموعه آموزشی را تشکیل می‌دهد. هر نرون لایه میانی به‌اندازه تعداد ورودی‌های شبکه، تابع RB دارد. در لایه خروجی نیز به تعداد مؤلفه‌های بردارهای هدف نرون وجود دارد. نرون‌های تابع پایه شعاعی (موجود در لایه میانی) با نرون‌های خطی (موجود در لایه خروجی) با ماتریسی تعریف می‌شوند که وزن‌های شبکه را تشکیل می‌دهند.

نتایج

در این بخش نتایج به‌دست‌آمده دو الگوریتم GA و RBF جهت پیش‌بینی کارایی سرمایه‌گذاری سال جاری و سال آتی به‌عنوان مسئله پیش‌بینی پرداخته می‌شود. نمونه‌ای نیز نمودار همگرایی الگوریتم GA در شکل ۳ نشان داده‌شده است.



شکل ۳- نمودار همگرایی الگوریتم ژنتیک

[1] Receptive Field
[2] Oqladian Geometry

جدول ۲- پارامترهای الگوریتم ژنتیک به‌کاررفته در مدل.

پارامترها	نوع / میزان
تعداد افراد جمعیت	۵۰
احتمال آمیزش	۰.۸
احتمال جهش	۰.۰۱
تابع انتخاب	Roulette wheel, EliteCount=2

معیارهای ارزیابی پیش‌بینی مدل GA و RBF

برای پیش‌بینی متغیر وابسته از الگوریتم GA و RBF استفاده شده است. همچنین از روش 10-Fold Cross-Validation برای اجرا و ارزیابی استفاده‌شده است. توضیحات روش ارزیابی در صفحه ۴۸۶ کتاب مقدمه‌ای بر یادگیری ماشین آورده شده است. بدون از دست دادن عمومیت، Foldهای تقسیم‌بندی شده شرکت-سال‌ها در روش 10-Fold Cross-Validation برای همه مدل‌ها یکسان در نظر گرفته‌شده است. پس از تقسیم شرکت-سال‌ها به دودسته داده‌های یادگیری و تست با استفاده از روش 10-Fold Cross-Validation برای ارزیابی مدل‌ها از دو معیار ارزیابی بانام‌های میانگین قدر مطلق خطا[1] (MAE)، میانگین مربعات خطا[2] (MSE) استفاده‌شده است که با استفاده از روابط زیر محاسبه می‌گردند.

$$MSE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(y_i - d_i)^2 \qquad (۲۰)$$

$$MAE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}|y_i - d_i| \qquad (۲۱)$$

که در روابط بالا y_i و d_i به ترتیب متغیر وابسته واقعی و متغیر وابسته پیش‌بینی‌شده توسط الگوریتم‌ها برای شرکت-سال iام است و n تعداد شرکت-سال‌ها (در مرحله آموزش یا مرحله تست) و $\bar{y}$ و $\bar{d}$ میانگین متغیر وابسته واقعی و پیش‌بینی‌شده را به ترتیب نشان می‌دهد.

نتایج پیش‌بینی GA و RBF

داده‌های آموزشی و ارزیابی تقسیم‌بندی شده توسط روش 10-Fold Cross-Validation به GA و RBF داده شد. پس از اجرای فرآیند یادگیری مدل‌ها، به‌منظور اینکه بررسی شود چقدر مدل‌ها فرآیند یادگیری را با موفقیت سپری کرده است، ابتدا همان داده‌های یادگیری را که قبلاً به الگوریتم‌ها داده‌شده است تا پارامترهای مدل خود

[1] Mean Absolute Error
[2] Mean Squared Error

را یاد بگیرد، مجدداً به‌عنوان نمونه ارزیابی به مدل با پارامترهای یاد گرفته‌شده داده می‌شود، با این تفاوت که این بار مدل‌ها مقدار متغیر وابسته را پیش‌بینی می‌کنند، سپس میانگین ۱۰ معیار خطا روش 10-Fold Cross-Validation محاسبه‌شده و در جدول ۳ گزارش‌شده است. هرچقدر این خطاها به صفر نزدیک‌تر باشند نشان‌دهنده یادگیری بهتر مدل‌ها هستند. مشاهده می‌شود خطای الگوریتمRBF از الگوریتم شبکه عصبی GA در هر دو سال با اختلاف کمتر است، بنابراین، الگوریتم شبکه عصبی RBF از الگوریتم GA بهتر است. خطای سال جاری کمتر از سال آتی است و هر چه فاصله سال‌ها نسبت به سال جاری دورتر می‌شود دقت پیش‌بینی کاهش می‌یابد.

جدول ۳- میانگین خطای MAE برای ارزیابی میزان آموزش مدل

MAE	سال جاری		سال آتی	
Fold	GA	RBF	GA	RBF
۱	۰.۲۳۴۳	۰.۰۳۸۹	۰.۲۹۰۶	۰.۰۴۰۴
۲	۰.۰۶۳۹	۰.۰۳۹۴	۰.۱۲۵۷	۰.۰۴۰۴
۳	۰.۱۱۵۱	۰.۰۴۰۱	۰.۴۴۴۹	۰.۰۴۱۱
۴	۰.۲۸۲۰	۰.۰۳۹۳	۰.۱۲۲۰	۰.۰۴۱۲
۵	۰.۰۷۹۳	۰.۰۳۹۲	۰.۱۳۳۵	۰.۰۴۰۸
۶	۰.۱۳۱۹	۰.۰۴۰۳	۰.۰۹۲۲	۰.۰۴۰۶
۷	۰.۱۷۰۲	۰.۰۳۹۹	۰.۱۲۳۳	۰.۰۴۱۱
۸	۰.۲۵۷۹	۰.۰۳۸۷	۰.۱۵۸۹	۰.۰۴۰۴
۹	۰.۱۹۱۰	۰.۰۳۹۶	۰.۱۳۷۹	۰.۰۴۱۷
۱۰	۰.۰۷۰۵	۰.۰۴۰۴	۰.۲۳۶۸	۰.۰۴۱۶
میانگین	۰.۱۵۹۶	۰.۰۳۹۶	۰.۱۸۶۵	۰.۰۴۰۹

اما چیزی که باید نگران آن باشیم، اتفاق افتادن پدیده‌ای به نام بیش برازش[1] است به همین علت برای بررسی عمومیت[2] مدل ارائه‌شده، میزان خطای MAE و MSE برای پیش‌بینی متغیر وابسته کارایی سرمایه‌گذاری برای شرکت-سال‌های تست (شرکت-سال‌هایی که توسط روش 10-Fold Cross-Validation) در هر تکرار کنار گذاشته‌شده‌اند و الگوریتم‌ها آن‌ها را تاکنون ندیده است به دست آورده شده است. به ازای هر معیار خطا، ۱۰ خطا که هرکدام توسط روش 10-Fold Cross-Validation گزارش‌شده‌اند، به دست می‌آید که میانگین این خطاها در جدول ۴ نشان داده‌شده است. مشابه قبل نتیجه گرفته می‌شود که مدل‌های به‌دست‌آمده دارای عمومیت هستند، یعنی برای شرکت-سال‌هایی که تابه‌حال ندیده‌اند، هم خوب عمل می‌کنند و همچنین مشکل بیش برازش هم

[1] Overfitting
[2] Generalitty

اتفاق نیفتاده است، ازآنجاکه اختلاف معیارهای خطای داده‌های آموزش و ارزیابی ناچیز است. علاوه بر این کلیه نتایج قبلی نیز در اینجا صادق هستند.

جدول ۴- میانگین خطای MAE برای ارزیابی میزان قدرت پیش‌بینی مدل

MAE	سال جاری		سال آتی	
Fold	GA	RBF	GA	RBF
۱	۰.۲۷۸۲	۰.۰۴۶۰	۰.۳۳۰۰	۰.۰۴۵۵
۲	۰.۰۶۴۶	۰.۰۴۱۳	۰.۱۳۶۷	۰.۰۴۶۱
۳	۰.۱۲۷۱	۰.۰۳۵۲	۰.۵۱۰۹	۰.۰۳۹۳
۴	۰.۳۱۹۸	۰.۰۴۱۸	۰.۱۰۸۸	۰.۰۳۸۷
۵	۰.۰۸۵۰	۰.۰۴۳۱	۰.۱۳۶۸	۰.۰۴۲۰
۶	۰.۱۳۷۰	۰.۰۳۳۳	۰.۰۶۷۵	۰.۰۴۴۳
۷	۰.۱۷۵۶	۰.۰۳۶۷	۰.۱۰۷۹	۰.۰۳۹۱
۸	۰.۲۶۷۲	۰.۰۴۷۱	۰.۱۶۴۵	۰.۰۴۵۵
۹	۰.۱۹۶۱	۰.۰۳۹۴	۰.۱۰۹۰	۰.۰۳۳۷
۱۰	۰.۰۶۱۳	۰.۰۳۲۰	۰.۲۳۴۵	۰.۰۳۵۲
میانگین	۰.۱۷۱۲	۰.۰۳۹۶	۰.۱۹۰۷	۰.۰۴۰۹

بحث و نتیجه‌گیری

در این پژوهش با استفاده از اطلاعات هشت سال مالی طی دوره ۱۳۹۰ الی ۱۳۹۷ در شرکت‌های پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران و با استفاده از روش شبکه عصبی و ژنتیک به پیش‌بینی کارایی سرمایه‌گذاری شرکت پرداخته است. انتظارات ریسک بر رفتار سرمایه‌گذاری مدیران تأثیر دارد، بنابراین ریسک همیشه یکی از دغدغه‌های سرمایه‌گذاران بوده و در این میان سرمایه‌گذارانی موفق تلقی می‌شوند که بتوانند سطح قابل قبولی از ریسک را بپذیرند. با توجه به مبانی نظری ذکرشده با ایجاد مزیت رقابتی می‌توان انتظار داشت که باوجود مدیریت توانمند، فنون مدیریت ریسک نقش به سزایی می‌تواند در افزایش کارایی سرمایه‌گذاری ایفا نماید، همچنان که نتایج حاصل از این تحقیق نیز بیان‌کننده این مطلب هستند و نتایج پژوهش نشان می‌دهد که معیارهای مدیریت ریسک بر کارایی سرمایه‌گذاری تاثیر گذار می‌باشد نتایجی مشابه و همسو با کار فصیحی و همکاران (۱۳۹۸)؛ کاشیف شاد (۲۰۱۹) و منهارت و دیگران (۲۰۲۰) به دست آمد؛ اما یافته‌های این تحقیق غیر یکسان با آنچه صیادی و دیگران (۱۳۹۸) کسب کردند می‌باشد. در ضمن یکی از مسائلی که می‌تواند به نحوه تصمیم‌گیری سرمایه‌گذاران کمک نماید، وجود ابزارها و مدل‌های مناسب برای ارزیابی وضعیت شرکت‌ها است. سرعت یافتن فعالیت‌ها و رویدادهای اقتصادی پیامدهای مثبت و منفی زیادی را به همراه داشته است. یکی از مهم‌ترین پیامدهای منفی این تغییرات، افزایش رقابت‌ها به‌منظور کسب منابع مالی و محدود شدن دسترسی به سود توسط واحدهای تجاری و بنگاه‌های

اقتصادی است. نتایج پژوهش نشان می‌دهد که قدرت پیش‌بینی شبکه عصبی نسبت به الگوریتم ژنتیک بالاتر است. با توجه به نتایج اولیه پژوهش که نشان داد متغیرهای مدیریت ریسک در پیش‌بینی کارایی سرمایه‌گذاری شرکت مؤثر می‌باشند لذا به مدیران و تصمیم گیران شرکت توصیه می‌شود که جهت حفظ و تقویت جایگاه نظارتی خود، مدیریت ریسک شرکت را تقویت کنند. همچنین نتایج این تحقیق می‌تواند به‌صورت کاربردی موردتوجه مدیران بازار سرمایه ایران قرار گیرد به‌طوری‌که با پیش‌بینی کارایی سرمایه‌گذاری شرکت و کار کردن بر روی عوامل مؤثر بر آن، نسبت به مدیریت کردن جذب سرمایه سهامداران، کاهش ریسک بحران‌های مالی و کمک به سرمایه‌گذاران جهت اجتناب از زیان‌های بزرگ در بازار سهام، اقدام نمایند. با توجه به اینکه مدیریت ریسک بر کارایی سرمایه‌گذاری تأثیر دارد به تدوین‌کنندگان مقررات توصیه می‌شود در ارزیابی کارایی سرمایه‌گذاری شرکت‌ها به موضوع مدیریت ریسک توجه کنند. علاوه بر آن وجود مکانیسم‌های نظارتی فعال در شرکت‌ها مانند هیئت‌مدیره و کمیته ریسک آن‌ها نیز می‌تواند در جهت کاهش عدم تقارن اطلاعاتی و کاهش فرصت‌طلبی مدیران در جهت افزایش کارایی سرمایه‌گذاری مؤثر باشد. به شرکت‌ها نیز توصیه می‌شود که با افزایش کیفیت گزارش ریسک شرکت، به افزایش کیفیت گزارش‌های مالی خود توجه کنند تا از این طریق بتوانند سرمایه‌گذاری خود را به مرز کارایی برسانند.

فهرست منابع

* بادآورنهندی، یونس؛ قادری، صلاح‌الدین و بهشتی، رضا (۱۳۹۲). بررسی تأثیر شفافیت اطلاعات حسابداری بر کارایی سرمایه‌گذاری. فصلنامه پژوهش‌ها و سیاست‌های اقتصادی، ۲۱ (۶۸): ۸۲-۶۵.
* بنی‌مهد، بهمن؛ یعقوب‌نژاد، احمد و وحیدی‌کیا، الهام (۱۳۹۴). توان رقابتی محصول و هزینه حقوق صاحبان سهام. پژوهش‌های حسابداری مالی و حسابرسی، ۷(۲۶): ۱۱۸-۱۰۷.
* بیات، مرتضی؛ نوروزی، محمد؛ میراشرفی، زهرا و پورموسی، علی‌اکبر (۱۳۹۹). بررسی عوامل رفتاری مدیریت بر کارایی سرمایه‌گذاری و ارزش شرکت. پژوهش‌های تجربی حسابداری، ۹(۳): ۷۶-۵۳.
* تاری‌وردی، یداله و دامچی‌جلودار، زهرا (۱۳۹۱). رابطه مدیریت ریسک و عملکرد شرکت پژوهش‌های حسابداری مالی و حسابرسی. پژوهشنامه حسابداری مالی و حسابرسی، دوره ۴، شماره ۱۵، از صفحه ۴۳ تا ۶۲.
* خوش‌سیما رضا و شهیکی‌تاش، محمدنبی (۱۳۹۱). تاثیر ریسک‌های اعتباری، عملیاتی و نقدینگی بر کارایی نظام بانکی ایران. فصلنامه برنامه‌ریزی و بودجه، دوره ۱۷، شماره ۴، ص ۶۹-۹۵.
* دوستار، محمد؛ محمدنژاد، علی‌رضا و جوادیان‌لنگرودی، مریم (۱۳۹۶). بررسی تأثیر رفتار توده‌وار در ریسک‌پذیری مدیران شرکت‌های سرمایه‌گذاری در بورس اوراق بهادار تهران. مدیریت دارایی و تأمین مالی، دوره ۵، شماره ۲، ص ۱۲۹-۱۴۸.

* رنجبر، محمدحسین؛ رجب‌دری، حسین و خانی‌ذلان، امیررضا (۱۳۹۷). بررسی رابطه‌ی بین مخارج سرمایه‌ای و کارآیی سرمایه‌گذاری در مراحل مختلف چرخه‌ی عمر شرکت. بررسی‌های حسابداری، دوره ۵، شماره ۱۸، ص ۴۷-۶۴.
* صیادی، محمد؛ دستگیر، محسن و احمدی، سعیدعلی (۱۳۹۸). مطالعه نقش مدیریت ریسک شرکت (ERM) بر رابطه بین توانایی مدیریت و افزایش کارآیی سرمایه‌گذاری. راهبرد مدیریت مالی، مقاله ۱، دوره ۷، شماره ۱، شماره پیاپی ۲۴، بهار ۱۳۹۸، صفحه ۱-۳۸.
* عسگرنژادنوری، باقر و امکانی، پریسا (۱۳۹۶). تأثیر مدیریت اثربخش ریسک در عملکرد مالی شرکت‌های پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران: نقش واسطه‌ای سرمایه‌ی فکری و اهرم مالی. مدیریت دارایی و تأمین مالی، دوره ۵، شماره ۲، ص ۹۳-۱۱۲.
* فصیحی، صغری؛ حسینی، سیدعلی و مشایخ، شهناز (۱۳۹۸). بررسی تأثیر افشای ریسک بر کارایی سرمایه‌گذاری شرکت‌های پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران. دانش سرمایه‌گذاری، ۸(۳۱)، ۳۷۲-۳۵۵.
* میرزائی، حسین؛ ختائی، محمدرضا و قنبری، یوسف (۱۳۹۲). بررسی رابطه بین ریسک تجاری و ریسک مالی با عملکرد شرکت‌های دارویی پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران. حسابداری سلامت، ۲(۲)، ۹۱-۷۷.
* نوری‌فرد؛ یداله و چناری‌بوکت، حسن (۱۳۹۵). تأثیر کیفیت گزارشگری مالی و سررسید بدهی بر کارآیی سرمایه‌گذاری. پژوهشنامه اقتصاد و کسب‌وکار، سال ۷ شماره ۱۳، صفحه ۲۹-۴۴.
* Banker, Rick and Sirohi, Niren.2005. Finding The Best Marketing Mix, Journal Of Business Strategy, Vol. 26, Issue 6, pp: 10 – 11.
* Biddle, G. C.; Hilary, G. and Rodrig, S. Verdi. (2009). How does financial reporting quality relate to investment efficiency? Journal of Accounting and Economics, 48 (2/3): 112-131.
* Chen, F., O.-K. Hope, Q. Li, and X. Wang. (2011). Financial reporting quality and investment efficiency of private firms in emerging markets. The Accounting Review, 86(4), 1255-1288.
* Copeland, T. T. Koller, and J. Murrin. 1994. Valuation: Measuring and Managing the Value of Companies, 2nd ed. New York, NY: John Wiley & Sons.
* Demerjian, P., B. Lev, M. Lewis, S. McVay. (2012). Managerial ability and earnings quality. Working paper, Emory University, Atlanta.
* Gan, Huiqi. (2015). CEO Managerial Ability, Corporate Investment Quality, and the Value of Cash. Theses and Dissertations -https://doi.org/10.25772/EXNZ-0T59.
* García Laraa, J.M, García Osmaa, M. Penalvac, F. (2016). "Accounting conservatism and firm investment efficiency". Journal of Accounting and Economics, 61(1), 221–238.
* Gordon, Lawrence A. Loeb, Martin P., Tseng, Chih-Yang, (2009). "Enterprise Risk Management and Firm Performance: A Contingency Perspective", J. Account. Public Policy 28,PP. 301–327.
* Hoyt, R. E. & Liebenberg, A. P. (2009). "The Value of Enterprise Risk Management", Journal of Risk and Insurance, 78, PP. 795-822.
* Johnson, V.E. Khurana, I.K. Reynolds, J.K..2002. Audit-firm tenure and the quality of financial reports. Contemporary Accounting Research, 423-449.
* Kashif Shad, Muhammad., Lai, Fong-Woon., Lai Fatt, Chuah., Klemeš, Jiří Jaromír., Bokhari, Awais. (2019). "Integrating Sustainability Reporting into Enterprise Risk Management and its Relationship with Business Performance: A Conceptual Framework", Journal of Cleaner Production.

* Kiymaz, H..2006.. The impact of announced motives, financial distress, and industry affiliation on shareholders' wealth: evidence from large selloffs. Business and economics, 49 -99.
* Miihkinen, A. (2013). The usefulness of firm risk disclosures under different firm riskiness, investor-interest, and market conditions: New evidence from Finland. Advances in Accounting, Incorporating Advances in International Accounting, 29(2), 312–331.
* Moller, Robert R. 2007. COSO Enterprise Risk Management. Kohn Wilet & Sons, INC.
* Nocco, B.W. & Stulz, R.M. (2006). "Enterprise Risk Management: Theory and Practice", Journal of Applied Corporate Finance, 18 (4), PP. 8-20.
* Pam Manhart, James K. Summers, Jennifer Blackhurst. (2020).A Meta-Analytic Review of Supply Chain Risk Management: Assessing Buffering and Bridging Strategies and Firm Performance.
* Porter, M. E. (2008). "The Five Competitive Forces that Shape Strategy", Harvard Business Review, 86 (1), PP. 78–93.
* Samet, M. and A. Jarboui. (2017). How Does Corporate Social Responsibility Contribute to Investment Efficiency?, Journal of Multinational Financial Management, Vol. 40, PP. 33-46.
* Yanqiong Li, Jie He, Min Xiao, Risk Disclosure in Annual Reports and Corporate Investment Efficiency,International Review of Economics and Finance (1970),doi:10.1016/j.iref.2018.08.021.

Financial Economics
Vol. (11) Issue (42) Summer 2022

Application of artificial intelligence algorithm in predicting investment efficiency Emphasizing the role of risk management criteria

Maryam Khaleghi Zadeh Dehkordi
Department of Accounting, Kish International Branch, Islamic Azad University, Kish Island, Iran
maryamdehkordi@yahoo.com

Fatemeh Sarraf
Assistant Professor, Department of Accounting, South Tehran Branch , Islamic Azad University, Tehran, Iran
(Corresponding Author)
Aznyobe@yahoo.com

Abstract
Investment efficiency is achieved when the company invests only in all projects with a positive net present value. Of course, this scenario works if the market is complete and there are no incomplete market issues such as incorrect selection and agency costs. Do not haveThe purpose of this research is to apply artificial intelligence algorithm in predicting investment efficiency by emphasizing the role of risk management criteria. For this purpose, the financial information of 139 companies between 2010 and 2019 was used using genetic artificial intelligence and neural network methods. The results indicate the effect of risk management criteria on investment efficiency and also the results showed that the neural network artificial intelligence method has higher power than the genetic artificial intelligence method to predict the investment efficiency of companies listed on the Tehran Stock Exchange.

Keywords: Investment efficiency, Risk management, Artificial intelligence algorithm