تحقیقات حسابداری و حسابرسی، بهار ۱۴۰۲، شماره ۵۷، از صفحه ۴۷ تا ۶۸

ارزیابی توان مدل یادگیری عمیق و مدل مارکوئیتز در تشکیل پرتفوی بهینه سهام

محمد سرچمی

دانشجوی دکتری حسابداری، گروه حسابداری، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، واحد کرمان، دانشگاه آزاد اسلامی، کرمان، ایران

دکتر احمد خدامی پور[1]©

استاد گروه حسابداری، دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه شهید باهنر، کرمان، ایران

دکتر مجید محمدی

دانشیار گروه کامپیوتر، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه شهید باهنر، کرمان، ایران

دکتر حدیث زینلی

استادیار گروه حسابداری، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، واحد کرمان، دانشگاه آزاد اسلامی، کرمان، ایران

(تاریخ دریافت: ۲۰ اردیبهشت ۱۴۰۰ ؛ تاریخ پذیرش: ۲۹ آذر ۱۴۰۰)

انتخاب و گزینش سهام و تشکیل پرتفوی سهام بهینه بستگی به عوامل متعددی دارد که تصمیم‌گیری را پیچیده می‌نماید. سرمایه‌گذاران می‌توانند با انتخاب پرتفوی بهینه سهام، بازده سرمایه‌گذاری خود را حداکثر یا ریسک آن را به حداقل برسانند؛ بنابراین همواره به دنبال استفاده از الگوریتم‌های مالی پیشرفته جهت تشکیل پرتفوی بهینه سهام می‌باشند. هدف از انجام این پژوهش بررسی توانایی مدل یادگیری ماشین و مدل مارکوئیتز در تشکیل پرتفوی بهینه سهام و مقایسه کارایی آن‌ها است. نمونه آماری پژوهش حاضر، شامل ۱۵۶ شرکت پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران برای دوره زمانی ۱۳۸۹ الی ۱۳۹۸ می‌باشد. پس از گردآوری داده‌ها، مدل یادگیری عمیق و مدل مارکوئیتز با استفاده از نرم‌افزار آناکوندا و زبان برنامه‌نویسی پای تون، مورد آزمون قرارگرفته‌اند و سپس توانایی هریک از مدل‌ها در تشکیل پرتفوی بهینه سهام توسط معیارهای ارزیابی بازده پرتفوی، شاخص ترینر و شاخص جنسن تعیین گردیده است. در پرتفوی ده سهمی مدل یادگیری عمیق؛ بازده پرتفوی ۰/۶۹۷، شاخص ترینر ۴/۵۴۱ و شاخص جنسن ۰/۴۸۰ و در پرتفوی ده سهمی مدل مارکوئیتز؛ بازده پرتفوی ۰/۰۵۸، شاخص ترینر ۱/۶۴۸- و شاخص جنسن ۰/۱۵۸- محاسبه گردیده است. با توجه به نتایج ارزیابی پرتفوی این نتیجه حاصل گردید که مدل یادگیری عمیق دارای توانایی بالاتری نسبت به مدل مارکوئیتز در تشکیل پرتفوی بهینه سهام می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: پرتفوی سهام، مدل مارکوئیتز، مدل یادگیری ماشین.

[1] khodamipour@uk.ac.ir

© (نویسندهٔ مسئول)

مقاله علمی - پژوهشی

مقدمه

بازار سرمایه دارای مجموعه‌ای از داده‌های ساختاربندی نشده هست که وجود مدلی جهت مدیریت این داده‌ها و استخراج اطلاعات حائز اهمیت می‌باشد. سهام منتشره شرکت‌های مختلف در بورس اوراق بهادار، دارای نوسان قیمتی متفاوتی در هرلحظه هستند و خریداران و فروشندگان برای ارسال سفارش در بهترین زمان باهم رقابت می‌کنند. برای داشتن عملکردی بهینه بایستی به‌طور هم‌زمان همه نوسانات پیگیری و سفارش‌ها به‌روز شوند که با توجه به اینکه هزاران سهم جهت انتخاب در بازار سهام موجود می‌باشد، کار دشواری است. نوسانات بازده سهام تحت تأثیر عوامل سیستماتیک و غیر سیستماتیک بسیاری است و حساسیت هر سهم به این عوامل متفاوت می‌باشد؛ ازاین‌رو یکی از راه‌کارها تشکیل سبدی از سهام برای حذف نوسانات ناشی از عوامل غیر سیستماتیک است.

هر فردی به بررسی عدم اطمینان در مورد آینده و نتایج آن علاقه‌منداست. عدم اطمینان، ریسک نامیده می‌شود و برای مدیریت سبد سرمایه‌گذاری مورداستفاده قرار می‌گیرد[۱۸]. سرمایه‌گذاران را می‌توان با کنترل و کاهش ریسک از طریق تشکیل پرتفوی تشویق به سرمایه‌گذاری در بازار سرمایه نمود؛ زیرا با تشکیل پرتفوی، سود یک سهم می‌تواند ضرر سهام دیگر را جبران کند. اگر فقط در یک شرکت سرمایه‌گذاری شود یا به پرتفوی تنوع داده نشود و فقط در یک صنعت خاص سرمایه‌گذاری صورت پذیرد، با رکود در آن شرکت یا صنعت خاص سرمایه‌گذاران با ضرر مواجه می‌شوند. گروهی از سرمایه‌گذاران ریسک‌پذیر و گروهی دیگر ریسک گریز هستند. سرمایه‌گذاران ریسک‌پذیر با قبول ریسک بالا به دنبال بازده بیشتر و سرمایه‌گذاران ریسک گریز با قبول ریسک پایین بازده کمتری را کسب می‌نمایند. به‌صورت منطقی امکان اینکه یکی کم شود و دیگری زیاد وجود ندارد و سرمایه‌گذاران با قبول سطح ریسک مشخص درصدد بازده خاص هستند و یا برای کسب درصد خاصی بازده، ریسک خاصی را قبول می‌کنند.

مدل‌های مختلفی برای ارزیابی ریسک و بازده پرتفوی طی سالیان متمادی موردبررسی قرارگرفته است و نتایج این آزمون‌ها بیانگر این موضوع است که این مدل‌ها به‌تنهایی نمی‌توانند ارتباط ریسک و بازده پرتفوی را توضیح دهند. بنابراین ایده ترکیب این عوامل در مدل‌هایی ازجمله مدل قیمت‌گذاری دارایی‌های سرمایه‌ای، مدل تک شاخصی و مدل چندعاملی مطرح شد [۱۲]. ریسک و بازده دو عامل کلیدی هستند که در مؤسسات و نهادهای مالی، موردتوجه قرار دارند. درواقع، معیارهای اصلی برای تصمیم‌گیرندگان مسائل مالی می‌باشند [۱۹]. ازجمله دلایل وجود ریسک؛ تغییرات در سطح قیمت‌ها، قوانین اقتصادی و سایر عوامل مؤثر بر عرضه و تقاضای بازار می‌باشد. ریسک جزء جدایی‌ناپذیر موفقیت در تصمیم‌های سرمایه‌گذاری است، پس پذیرش ریسک بد نیست و کسب بازده، پذیرش ریسک را توجیه می‌کند ولی مهم این است که بدون دلیل منطقی در معرض ریسک قرار نگیریم [۱۵]. سرمایه‌گذار ریسک گریز می‌تواند با سرمایه‌گذاری در پرتفوی‌ای متشکل از چندین سهم، ریسک خود را کاهش دهد. به‌این‌علت که با سرمایه‌گذاری در چندین سهم می‌توان ریسک خاص یک شرکت را کاهش داد و درنتیجه عوامل موجود در کل سیستم اقتصادی تنها عواملی می‌شوند که در ایجاد ریسک پرتفوی نقش خواهند داشت [۴]. فرآیند انتخاب پرتفوی سهام شامل دو مرحله می‌باشد در مرحله اول تعدادی از سهام مناسب انتخاب

می‌شود و در مرحله دوم درصد کل سرمایه‌گذاری برای هر سهم تعریف می‌شود[۳۳]. سرمایه‌گذاران برای انتخاب پرتفوی بهینه و کارا شرکت‌هایی را انتخاب می‌کنند که جزء شرکت‌های برتر بورس باشند و همچنین شرکت‌هایی که در رده‌های بالای این رتبه‌بندی قرار دارند [۲۰]. سرمایه‌گذاران همواره علاقه‌مندند عملکرد سبدی که در آن سرمایه‌گذاری کرده‌اند را ارزیابی کنند. ارزیابی عملکرد پرتفوی ازآنجا اهمیت پیدا می‌کند که شاخصی است برای اینکه تا چه حد عملکرد واقعی پرتفوی مبتنی بر رفع نیازهای سرمایه‌گذاران می‌باشد [۶].

یکی از مدل‌های کلاسیک در جهت بهینه‌سازی پرتفوی مدل مارکوئیتز می‌باشد که با استفاده از دو معیار ریسک و بازده انجام می‌شود. ازجمله انتقاداتی که به مدل مارکوئیتز وارد شد این بود که فقط دو معیار ریسک و بازده را مدنظر قرار می‌دهد درحالی‌که سرمایه‌گذاران در هنگام تشکیل پرتفوی معیارهای گوناگونی را در نظر دارند [۱].

پیشرفت سریع فن‌آوری رایانه موجب متحول‌شدن مدیریت حرفه‌ای سرمایه‌گذاری شده است. سرمایه‌گذاران با استفاده از رایانه به داده‌های تفصیلی در مورد همه شرکت‌های فعال در بخش‌های مختلف بازار دسترسی پیدا می‌کنند و این امکان را برای آنان به وجود می‌آورد که از الگوریتم‌های مالی پیشرفته استفاده نمایند. به‌طور سنتی برای بهینه‌سازی پرتفوی از مدل‌های برنامه‌ریزی خطی یا درجه‌دو استفاده‌شده است اما امروزه سرمایه‌گذاران برای غلبه بر پیچیدگی تصمیمات سرمایه‌گذاری مدل‌های هوشمند تصمیم‌گیری استفاده می‌کنند [۹].

یادگیری عمیق زیرمجموعه‌ای از یادگیری ماشین به‌حساب می‌آید و مجموعه‌ای از الگوریتم‌ها است که تلاش می‌کند مفاهیم انتزاعی سطح بالا را با استفاده از یادگیری در سطوح و لایه‌های مختلف مدل کند و هدف اصلی آن استخراج ویژگی‌ها به‌صورت هوشمند طی چند مرحله یادگیری است. مطالعات مختلف نشان می‌دهد یادگیری عمیق همه روش‌های سنتی را با اختلاف زیادی پشت سر گذاشته است [۲۱]. مهم‌ترین مزیت این شیوه یادگیری، یادگیری بازنمایی به‌عنوان یک رویکرد استخراج خودکار ویژگی‌ها از ورودی‌های سطح پایین است [۲۵]. این پژوهش به لحاظ استفاده از متغیرهای ورودی، مدل‌های مورداستفاده و روش تجزیه‌وتحلیل داده‌ها در نرم‌افزار آناکوندا و زبان برنامه‌نویسی پایتون دارای نوآوری می‌باشد.

در این پژوهش سعی بر آن شده است با استفاده از مدل یادگیری عمیق و مدل مارکوئیتز به تشکیل پرتفوی بهینه سهام اقدام شود و به سرمایه‌گذاران، کارگزاران بورس اوراق بهادار، محققان، دانشجویان و سایر ذی‌نفعان یاری رساند.

مبانی نظری و پیشینه پژوهش

انواع استراتژی مدیریت پرتفوی سهام:

استراتژی مدیریت منفعل:

نتیجه طبیعی اعتقاد به کارایی بازار، استفاده از استراتژی‌های منفعلانه برای تملک و مدیریت سهام عادی است. چنانچه بازار از کارایی بالایی برخوردار باشد در آن صورت اطلاعات سریع در قیمت‌ها منعکس خواهد شد. در این استراتژی سرمایه‌گذار بر این عقیده است که ممکن نیست بتوان بر بازار غلبه کرد و بازدهی بالاتر از آن به دست آورد [۱۰] و شامل موارد زیر می‌باشد:

خرید و نگهداری

در این استراتژی هیچ‌گونه فعالیت خرید و فروشی بعد از ایجاد پرتفوی صورت نمی‌گیرد. هدف از این استراتژی جلوگیری از هزینه‌های معاملات، هزینه مربوط به جستجوی سهام جدید و غیره می‌باشد.

شاخص سازی

در این استراتژی هیچ تلاشی برای شناسایی سهام قیمت پایین یا قیمت بالا انجام نمی‌شود و به عبارتی استراتژی سرمایه‌گذار خرید سهام صندوق‌های سرمایه‌گذاری مشترک می‌باشد و این صندوق‌ها به نحوی طراحی می‌شوند که بازده آن‌ها مبتنی بر شاخص بازار سهام باشد.

استراتژی مدیریت فعال:

در این استراتژی هدف اصلی این است که سرمایه‌گذار با استفاده از مهارت‌های تحلیلی و قضاوتی برتر، اطلاعات برتر یا توان انجام چیزهایی که سایر سرمایه‌گذاران و سایر مؤسسات قادر به انجام آن نباشند، بازده ای بالاتر از یک شاخص معیار به دست آورد. شامل موارد زیر می‌باشد:

تجزیه‌وتحلیل بنیادی

از اطلاعات صورت‌های مالی و گزارش‌های مربوط به صنعت و عوامل اقتصادی استفاده می‌شود. شامل دو رویکرد بالا به پایین و پایین به بالا می‌باشد. رویکرد بالا به پایین از اقتصاد جهانی شروع می‌کند و سپس به اقتصاد داخلی، وضعیت صنعت و بررسی و تحلیل شرکت‌های موجود در آن صنعت می‌پردازد؛ اما در رویکرد پایین به بالا ابتدا به شرکت، سپس صنعت آن شرکت و اقتصاد داخلی و درنهایت به بازارها و اقتصاد جهانی پرداخته می‌شود. رویکرد پایین به بالا برای افراد مبتدی کاربردی‌تر و رویکرد بالا به پایین برای افراد حرفه‌ای مناسب‌تر است [۲۹].

تجزیه‌وتحلیل تکنیکی

رویکرد تکنیکال بر این اصل استوار است که با استفاده از اطلاعات گذشته، سرمایه‌گذاران می‌توانند تصمیمات سرمایه‌گذاری خود را اتخاذ کنند و به‌عبارت‌دیگر تاریخ تکرار می‌شود[۳۴]. شامل دو رویکرد معکوس (فرضیه واکنش بیش‌ازحد) و رویکرد مومنتوم می‌باشد. در رویکرد معکوس، سرمایه‌گذاران با ایجاد تقاضای فراوان و خرید سهام یک شرکت موفق باعث می‌شوند قیمت سهام آن شرکت بیش از مقدار واقعی تعیین گردد و یا بالعکس برای شرک‌های ناموفق با عدم ایجاد تقاضا برای خرید سهام، قیمت سهام آن

شرکت‌ها پایین‌تر از مقدار واقعی تعیین‌شده است. این رویکرد به این اصل استوار است که پس از یک بیش واکنشی در قبال اطلاعات کوتاه‌مدت، قیمت سهام در بلندمدت تعدیل می‌شود تا بیش واکنشی اصلاح گردد[۱۱]. رویکرد مومنتوم در بازار این است که یک‌روند حرکتی قیمت و سود تمایل دارد که باقی بماند تا زمانی که یک نیروی خارجی جلوی آن را بگیرد به عبارتی بازدهی مثبت یا منفی گذشته تا دوره مشخصی از آینده نیز تداوم خواهد داشت. مومنتوم برخلاف فرضیه بازار کارا، بازده سهام عادی در بازه‌های زمانی مختلف دارای رفتار خاصی می‌باشد و می‌توان با به‌کارگیری راهبرد سرمایه‌گذاری متناسب با افق زمانی موردنظر، بازده بیش از بازده بازار به دست آورد.

مدیریت نیمه فعال:

این روش درواقع یکی از انواع مدیریت فعال است. در این روش سرمایه‌گذار علاوه بر اینکه تلاش می‌کند با خرید سهام با انتظار بازده بالا و فروش سهام با انتظار بازده پایین بازده بیشتری نسبت به شاخص معیار به دست آورد نگران ریسک مرتبط با سرمایه‌گذاری خود است و می‌کوشد تا با متنوع ساختن پرتفوی خود میزان ریسک پرتفوی را کنترل نماید [۲۲].

در سال ۱۹۵۲، مارکوئیتز کار پیشگام خود را در حوزه تشکیل پرتفوی منتشر کرد که طی چندین دهه گذشته پایه و اساس توسعه تئوری پرتفوی مدرن بوده است. مدل مارکوئیتز از واریانس برای توصیف ریسک توسط مقادیر تعادلی بین نرخ بازده مؤثر و نرخ بازده مورد انتظار استفاده کرد. بااین‌وجود واریانس محاسبه‌شده به‌وسیله انحراف کل بازده مورد انتظار، هم ریسک صعودی و هم ریسک نزولی را شرح می‌دهد[۳۲].

درواقع سرمایه‌گذاران به ریسک نزولی علاقه‌ای ندارند اما مایل هستند که ریسک صعودی را بپذیرند؛ بنابراین استفاده از واریانس ممکن است سودهای بالقوه را محدود کند[۳۶]. مدل مارکوئیتز، یک پرتفوی بهینه را مشخص نمی‌کند بلکه مجموعه‌ای از پرتفوی‌های کارا را بر روی منحنی مشخص می‌کند که همگی با توجه به ریسک و بازده مورد انتظار، پرتفوی بهینه هستند [۱۰].

با توجه به هزینه‌های قابل‌توجه و نیاز به انجام محاسبات زیاد مدل مارکوئیتز، در سال ۱۹۶۱ شارپ مدل تک عاملی را ارائه نمود که عامل بتا را به‌منزله ریسک در مدل قرارداد که مدل قیمت‌گذاری دارایی‌های سرمایه‌ای نام گرفت. مزیت این مدل برای انتخاب پرتفوی سادگی و کاهش داده‌های موردنیاز بود؛ اما یکی از ایرادهای مدل تک عاملی و مارکوئیتز این است که فقط یک عامل ریسک بر بازده اوراق بهادار اثرگذار می‌باشد.

برای رفع این ایراد استیو و راس در سال ۱۹۷۶ نظریه قیمت‌گذاری آربیتراژ را مطرح کرد که در این نظریه فرض بر این است که بازده اوراق بهادار تحت تأثیر تعداد نامحدودی عوامل قرار دارد [۱۷]. این نظریه نیز ازنظر مفروضات با مشکلاتی روبه‌رو شد که استیو و راس چنین استدلال کردند که دست‌کم اصول تئوری آن‌ها قابل آزمون است.

در سال ۱۹۷۳ بلک و شولز چنین استدلال کردند که سرمایه‌گذار در برگ اختیار معامله می‌تواند از طریق سرمایه‌گذاری هم‌زمان در یک برگ اختیار معامله و سهامی که اختیار از آن مشتق شده است در یک

وضعیت مصون شده بدون ریسک قرار گیرد. انواع گوناگون و سرسام‌آور برگ اختیار معامله به بازار عرضه شد که دادوستد برگ‌های اختیار معامله بسیار زیاد و نیاز به تخصص بالایی دارد. این الگو کماکان کاربرد روزافزونی دارد ولی روش‌های پیشرفته‌تر برای تعیین ارزش برگ اختیار معامله ارائه شدند. تئوری پرتفوی با وقایع مربوط به آینده و وقایع مورد انتظار در آینده سروکار دارد [۳].

با توجه به پیچیده شدن و سرعت عوامل تأثیرگذار در تشکیل پرتفوی بهینه، استفاده از روش‌های سنتی تشکیل پرتفوی کار دشواری می‌باشد. رفتار سهام در بازار، رفتار غیرخطی است بنابراین روش‌های خطی نسبت به تشخیص صحیح رفتار غیرخطی ناتوان هستند و استفاده از الگوهای غیرخطی تأثیر به سزایی در اتخاذ تصمیمات بهینه در بازار سهام دارد [۱۳].

پس از مدل‌های کلاسیک، مدل‌های زیادی برای تشکیل پرتفوی بهینه سهام ارائه‌شده است؛ که اکثر مدل‌ها در کنار روش‌های گذشته عوامل متعددی را بر تشکیل پرتفوی بهینه سهام اثرگذار می‌دانند و به دنبال راهی برای حداکثر ساختن سود در بازارهای مالی هستند. یکی از راه‌حل‌های جدید که به‌طور وسیعی مورداستفاده قرار می‌گیرد مدل‌های مبتنی بر هوش مصنوعی می‌باشد. این مدل‌ها روش‌های متعددی را برای انتخاب پرتفوی بهینه سهام مورداستفاده قرار می‌دهند. اولین نمونه موفق یادگیری عمیق در سال ۱۹۹۳ بود که شبکه عصبی کانولوشنی (**CNN**)، در خواندن اعداد دست‌نویس چک‌ها در آمریکا مورداستفاده قرار گرفت. در سال ۲۰۰۰ به دلیل کمبود داده و سخت‌افزار و مشکلات آموزشی یادگیری عمیق با رکود مواجه گردید. سال ۲۰۰۶ با ابداع فن‌های جدید آموزشی سال عبور از رکود و معرفی روش پیش آموزش لایه به لایه بود. سال ۲۰۱۲ شروع محبوبیت روش یادگیری عمیق بود. شرکت‌های بزرگی چون گوگل، ماکروسافت، تویتر، فیس‌بوک، آی بی ام و غیره سرورهای برخط و منبع باز را ارائه نمودند. شبکه‌های عصبی کانولوشن عمیق یکی از پرکاربردترین شیوه‌های یادگیری عمیق است که در آن، بخش‌های مختلف به‌عنوان ورودی به لایه‌های سلسله مراتبی داده می‌شوند به‌طوری‌که در هر لایه، فیلترهایی دیجیتال با وزن‌های قابل‌آموزش، اعمال می‌شوند و در هر مرحله ویژگی‌های خوبی می‌تواند از آن استخراج شود [۲۳].

چن و همکاران (۲۰۲۰) یک روش هوش برای بهینه‌سازی گروه پرتفوی سهام با یک مکانیسم مبادله را در بازار سهام تایوان از سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۴ موردبررسی قراردادند. آزمون روی ۳۱ سهم با چهار سناریو انجام‌شده شایستگی و اثربخشی روش پیشنهادی را نشان می‌دهد[۲۴].

مهلوات و همکاران (۲۰۱۸) مدل انتخاب پرتفوی با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها بر مبنای فازی چندمنظوره را در بورس اوراق بهادار هندوستان در دوره یک‌ساله (پنجاه‌ودو هفته) ۲۰۱۷ تا ۲۰۱۸ با متغیرهای گردش دارایی، سود هر سهم، نرخ رشد سود هر سهم، نسبت اهرم، نسبت قیمت به سود و بتا موردبررسی قراردادند. نتایج به‌دست‌آمده حاکی از آن است که با این مدل سرمایه‌گذار قادر است طرح وزن دهی پرتفوی را طوری انتخاب کند که رضایت بیشتری را به همراه داشته باشد[۳۲].

ژو و همکاران (۲۰۱۸) انتخاب پرتفوی تحت نگرش‌های مختلف در محیط فازی را در بورس اوراق بهادار چین موردبررسی قراردادند. پرتفوی را به‌صورت ده سهمی تشکیل دادند. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که

می‌توان مرزهای گوناگون در نگرش‌ها، سطح اطمینان‌ها و ارزش در معرض خطر مختلف، به دست آورد[۳۶].

اسید و همکاران (۲۰۱۸) انتخاب پرتفوی با استفاده از روش بازده متوسط بازی معنی‌دار، در بورس اوراق بهادار پاریس از سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۴ را موردبررسی قراردادند. متغیرهای واریانس و کشیدگی به‌عنوان متغیر ورودی و متغیرهای متوسط بازده سالانه و چولگی به‌عنوان متغیر خروجی در نظر گرفته شدند. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که پرتفوی تشکیل‌شده با روش بازده متوسط بازی معنی‌دار نسبت به سایر پرتفوی‌های تشکیل‌شده دارای عملکرد خوبی می‌باشد[۲۶].

اریو و همکاران (۲۰۱۷) انتخاب پرتفوی را با استفاده از روش خوشه‌بندی مبتنی بر **P-spline** در هشتادوشش شرکت بورس اوراق بهادار ایتالیا در بازه زمانی ۲۰۱۳ تا ۲۰۱۴ موردبررسی قراردادند و نتایج نشان می‌دهد که استراتژی استفاده‌شده برای کمک به تصمیمات سرمایه‌گذاری متخصصین مالی مفید می‌باشد[۲۸].

ژو و ایکس یو (۲۰۱۷) انتخاب پرتفوی و ریسک سرمایه‌گذاری تحت محیط فازی مردد را در بورس اوراق بهادار چین در سال ۲۰۱۲ با متغیرهای قابلیت سودآوری، اعتبار خارجی و امکان‌سنجی فنی موردبررسی قراردادند. نتایج حاکی از آن است که مدل‌های کیفی پرتفوی پیشنهادی برای سه نوع ریسک سرمایه‌گذاران (ریسک گریز، ریسک خنثی و ریسک‌پذیر) مؤثر می‌باشد[۳۵].

پیمانی فروشانی و همکاران (۱۳۹۸) بهینه‌سازی پرتفوی به روش تسلط تصادفی در بورس اوراق بهادار تهران در یک بازه زمانی پنج‌ساله از ۱۳۹۱ الی ۱۳۹۵ را موردبررسی قراردادند. معیارهای ارزیابی عملکرد شامل چهار معیار شارپ، ترینر، سورتینو و امگا بوده که نتایج تحقیق نشان‌دهنده برتری عملکردی روش تسلط تصادفی مرتبه دوم بر روش مارکوئیتز در رویکرد برون نمونه‌ای و درون نمونه‌ای است[۷].

رضایی و همکاران (۱۳۹۸) مقایسه شبکه عصبی، سیستم فازی عصبی و مدل **AR** در پیش‌بینی بازده اوراق بهادار و الگوریتم جستجوی موجودات همزیست با ممتیک آن در بهینه‌سازی پرتفوی را در بیست‌وسه سهم فعال‌تر بازار که بازده آن‌ها از تاریخ ۹۳/۰۴/۰۱ الی ۹۵/۱۲/۰۱ می‌باشد، موردمطالعه قراردادند. نتایج نشان می‌دهد که الگوریتم ممتیک جستجوی موجودات همزیست برخلاف استفاده از زمان بیشتر توانسته عملکرد بهتری را به نمایش بگذارد و همچنین مقایسه روش‌های پیش‌بینی بازده مورد انتظار نشان می‌دهد سیستم فازی عصبی توانسته با خطای کمتری بازده مورد انتظار را پیش‌بینی نماید. درنهایت با مقایسه مرز کارای پیش‌بینی‌شده و مرز کارای واقعی، این نتیجه حاصل‌شده که مدل پیش‌بینی موردنظر در ریسک‌های کمتر پیش‌بینی بهتری انجام می‌دهد[۱۴].

بیات و اسدی (۱۳۹۶) بهینه‌سازی پرتفوی سهام؛ سودمندی الگوریتم پرندگان و مدل مارکوئیتز را در ۶۵ شرکت بورس اوراق بهادار تهران در دوره زمانی ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۲ موردبررسی قراردادند. با در نظر گرفتن هشت متغیر نرخ بازده دارایی، سود هر سهم، نسبت قیمت به سود، سود تقسیمی هر سهم، آخرین قیمت سهام، جریان‌های نقد عملیاتی، سهام شناور و بازده با دو مدل الگوریتم پرندگان و مدل مارکوئیتز به

بهینه‌سازی پرتفوی پرداخته‌شده که نتایج حاکی از آن است الگوریتم پرندگان در مقایسه با مدل مارکوئیتز دارای خطای کمتری در انتخاب سبد بهینه سرمایه‌گذاری می‌باشد[۲].

تقی زاده و همکاران (۱۳۹۵) انتخاب پرتفوی بهینه با استفاده از برنامه‌ریزی فرا آرمانی و برنامه‌ریزی آرمانی ترتیبی توسعه‌یافته در پنجاه شرکت بورس اوراق بهادار تهران از سال ۱۳۹۳ تا ۱۳۹۴ با متغیرهای بازده، ریسک، ریسک سیستماتیک و نقد شوندگی موردبررسی قراردادند. نتایج نشان‌دهنده این است که بازدهی کل پرتفوی در مدل برنامه‌ریزی آرمانی ترتیبی توسعه‌یافته ۲۱/۶۷۸ در صد و در برنامه‌ریزی فرا آرمانی ۲۰/۱۷۲ درصد می‌باشد[۸].

فلاح‌پور و همکاران (۱۳۹۳) انتخاب پرتفوی با استفاده از ترکیب روش برنامه‌ریزی ترجیحات فازی لگاریتمی و پرومته را در پنجاه شرکت از سیزده صنعت مختلف بورس اوراق بهادار تهران در بازه زمانی ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۰ با متغیرهای نرخ رشد سود هر سهم، نرخ رشد سود عملیاتی، نرخ رشد بالقوه، سود هر سهم، حاشیه سود خالص، نسبت سود تقسیمی، بازده حقوق صاحبان سهام، نسبت ارزش بازار به ارزش دفتری، نسبت قیمت به سود هر سهم، نسبت قیمت به فروش، ریسک سیستماتیک، ریسک تجاری، ریسک مالی، نسبت جاری، نسبت آنی و نسبت نقدی موردبررسی قراردادند. نتیجه پژوهش نشان می‌دهد که بین میانگین معیار شارپ ماهانه پرتفوی‌های سه، پنج و پنجاه سهمی مدل پیشنهادی و مدل مارکوئیتز تفاوت معناداری وجود دارد. ولی بین میانگین معیار شارپ ماهانه پرتفوی ده سهمی مدل پیشنهادی و مدل مارکوئیتز تفاوت معناداری وجود ندارد[۱۷].

پور زرندی و کیخا (۱۳۹۳) بهینه‌سازی سبد سهام با استفاده از روش **K-means** و الگوریتم ژنتیک در صد شرکت بورس اوراق بهادار تهران از سال ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۰ موردبررسی قراردادند. متغیرهای این تحقیق، بازده و ارزش در معرض خطر می‌باشند. نتایج تحقیق حاکی از آن است که طبقه‌بندی داده‌ها و سپس اجرای الگوریتم ژنتیک روی طبقه‌ی بهینه موجب دستیابی به پورتفویی می‌شود که نسبت به پرتفوی‌های حاصل از اجرای ژنتیک به‌تنهایی، دارای ریسک کمتر و بازدهی بیشتر است. همچنین در مورد سبدهای با اندازه کوچک‌تر، الگوریتم ژنتیک خودبه‌خود سبدی را انتخاب می‌کند که در طبقه بهینه‌ی انتخابی الگوریتم طبقه‌بندی جای گرفته است[۵].

فضل زاده و همکاران (۱۳۹۱) توانایی مدل‌های تک شاخص شارپ و تحلیل پوششی داده‌ها در انتخاب پرتفوی کارا در ۸۸ شرکت بورس اوراق بهادار تهران در بازه زمانی ۱۳۸۵ تا ۱۳۸۷ با متغیرهای بازده مورد انتظار سهام، ریسک سهام، بازده مورد انتظار پرتفوی و ریسک پرتفوی موردبررسی قراردادند. مدل مارکوئیتز به‌عنوان مدل پایه و توانایی مدل شارپ و مدل تحلیل پوششی داده‌ها نسبت به این مدل مورد آزمون قرار گرفتند. نتایج حاکی از توانایی مدل شارپ و ناتوانی مدل تحلیل پوششی داده‌ها در تشکیل پرتفوی کارا می‌باشد[۱۶].

فرضیه

یادگیری کم‌عمق مانند ماشین‌های بردار پشتیبان، شبکه‌های عصبی معمولی و غیره، الگوها و معادلات کشف ارتباط داده توسط خود کاربر انجام می شودکه با چالش‌های قابل‌توجهی مثل ناسازگاری داده‌ها و

خطای زیاد مواجه است. اما در مدل یادگیری عمیق خود سیستم به کشف الگوها می‌پردازد و به‌کارگیری تکنیک‌های آن امکان تحلیل مسائل پیچیده را حتی در مقادیر بسیار زیاد داده فراهم می‌کند[۲۱]. مدل مارکوئیتز به لحاظ اینکه در بهینه‌سازی پرتفوی سهام فقط دو معیار ریسک و بازده را مدنظر می‌گیرد موردانتقاد می‌باشد[۱]. با توجه به موارد ذکرشده فرضیه پژوهش به شرح زیر می‌باشد.

مدل یادگیری عمیق دارای توانایی بالاتری نسبت به مدل مارکوئیتز در تشکیل پرتفوی بهینه سهام می‌باشد.

روش پژوهش

این پژوهش ازنظر نوع، مدل‌سازی و ازنظر روش (نحوه گردآوری داده‌ها)، توصیفی و ازنظر هدف، کاربردی می‌باشد. قلمرو موضوعی این تحقیق کاربرد مدل یادگیری عمیق و مدل مارکوئیتز در تشکیل پرتفوی بهینه می‌باشد. جامعه آماری این پژوهش، شرکت‌های موردبررسی در بورس اوراق بهادار تهران در بازه زمانی ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۸ می‌باشد.

پس از گردآوری داده‌های موردنیاز و انجام محاسبات لازم در اکسل، مدل‌های یادگیری عمیق و مدل مارکوئیتز موردنظر در نرم‌افزار آناکوندا زبان برنامه‌نویسی پای تون مورد آزمون قرارگرفته‌اند و سپس توانایی هریک از مدل‌ها در تشکیل پرتفوی بهینه سهام توسط معیارهای ارزیابی بازده پرتفوی، شاخص ترینر و شاخص جنسن تعیین گردید. نحوه محاسبه این شاخص‌ها در جدول زیر اشاره گردیده است:

جدول ۱. معیارهای ارزیابی پرتفوی

عنوان معیار	نحوه محاسبه	توضیحات
بازده پرتفوی (R_p)	$\sum R_i X_i$	R_i: بازده سهام X: وزن سهام در پرتفوی
ترینر	$\frac{R_p - R_f}{\beta_p}$	R_p : بازده پرتفوی R_f: نرخ بازده بدون ریسک β_p :شاخص ریسک سیستماتیک
جنسن	$-\{R_f + \beta_p(R_m - R_f)\}R_p$	R_p : بازده پرتفوی R_f: نرخ بازده بدون ریسک β_p :شاخص ریسک سیستماتیک R_m :نرخ بازده بازار

جامعه آماری پژوهش ۳۴۸ شرکت در ۴۰ صنعت بورس اوراق بهادار تهران از سال ۱۳۸۹ الی ۱۳۹۸ می‌باشد که با در نظر گرفتن معیارهای زیر حجم نمونه مشخص می‌شود:

- اطلاعات مالی موردنیاز آن‌ها برای انجام تحقیق در دسترس باشد.
- طی دوره موردبررسی توقف عملیات نداشته باشند.

- جزو شرکت‌های سرمایه‌گذاری و واسطه‌گری مالی نباشند (زیرا این شرکت‌ها ماهیت و طبقه‌بندی اقلام صورت‌های مالی متفاوتی دارند).

با توجه به این معیارها تعداد ۱۵۶ شرکت شرایط فوق را دارا بوده که همگی آن‌ها موردبررسی قرار گرفتند. برای تشکیل پرتفوی بهینه با استفاده از مدل مارکوئیتز دو معیار ریسک و بازده مورداستفاده قرارگرفته است. با توجه به پیشینه تحقیق و سه معیار عملکردی، نقد شوندگی و ریسک تعداد نوزده متغیر مستقل و تأثیرگذار در تشکیل پرتفوی جهت مدل یادگیری عمیق انتخاب شدند که به نحوه محاسبه آن‌ها در جدول زیر اشاره می‌شود:

جدول ۲. متغیرهای ورودی جهت تشکیل پرتفوی بهینه و نحوه محاسبه آن‌ها

معیار	ردیف	متغیر	نحوه محاسبه
عملکردی	۱	سود هر سهم (**EPS**)	سود سهام ممتاز − سود خالص / میانگین تعداد سهام عادی
	۲	نسبت قیمت به سود (**P/E**)	قیمت سهام / سود هر سهم
	۳	نسبت قیمت به فروش (**P/S**)	قیمت سهام / فروش
	۴	نسبت ارزش بازار به ارزش دفتری سهام (**MTB**)	قیمت سهام / حقوق صاحبان سهام / تعداد سهام عادی
	۵	حاشیه سود خالص (**CM**)	سود خالص / فروش خالص

	۶	نرخ بازده دارایی (**ROA**)	$\frac{\text{سود خالص}}{\text{کل دارایی}}$
	۷	بازده حقوق صاحبان سهام (**ROE**)	$\frac{\text{سود خالص}}{\text{حقوق صاحبان سهام}}$
	۸	بازده سهام**(R)**	$\frac{\text{سود تقسیمی هر سهم} + \text{قیمت سهام اول سال} - \text{قیمت سهام پایان سال}}{\text{قیمت سهام اول سال}}$
	۹	جریان نقد عملیاتی**(OCF)**	$\frac{(\text{وجوه نقد پرداختی بابت خرید کالا و خدمات و هزینه ها}) - (\text{وجوه نقد دریافتی بابت فروش کالا و خدمات و سایر درآمدها})}{\text{جمع کل دارایی ها}}$
	۱۰	نسبت گردش جمع دارایی‌ها	$\frac{\text{فروش}}{\text{میانگین جمع دارایی عملیاتی}}$
نقد شوندگی	۱۱	نسبت آنی **(QR)**	$\frac{\text{حساب دریافتنی} + \text{اوراق بهادار کوتاه مدت} + \text{وجه نقد}}{\text{بدهی جاری}}$
	۱۲	سود تقسیمی هر سهم**(DPS)**	$\frac{\text{کل سود قابل تقسیم}}{\text{تعداد سهام عادی}}$
	۱۳	نقد شوندگی (شاخص معکوس نقد شوندگی آمیهود) **(ILIQ)**	$\frac{\text{بازده روزانه سهم}}{\text{حجم معاملات روزانه سهم}}$
	۱۴	سهم صنعت سهم از بازار (**HHI**)	$\boldsymbol{HHI = S_1^2 + S_2^2 + S_3^2 + \cdots + S_n^2}$
ریسک	۱۵	ریسک سیستماتیک (**β**)	$\frac{\boldsymbol{cov}\ (\text{بازدهی بازار و بازدهی سهم})}{\textbf{var}\ (\text{بازدهی بازار})}$

	۱۶	بدهی بلندمدت به حقوق صاحبان سهام(**D/E**)	بدهی بلند مدت / حقوق صاحبان سهام
	۱۷	مومنتوم قیمت سهام (**MSP**)	قیمت سهم یک ماه پیش / قیمت سهم یک سال پیش در همان ماه
	۱۸	هم‌زمانی قیمت سهام (**SYNCH**)	$\mathbf{SYNCH} = \mathbf{Log}(\frac{r^2}{1-r^2})$
	۱۹	ریسک سقوط قیمت سهام (**CRASH**)	**W=Ln(1+€)**

جهت محاسبه بازده سهام و بازده باقی‌مانده سهام فرمول هم‌زمانی قیمت سهام و ریسک سقوط سهام از رابطه زیر استفاده‌شده است:

$$R=\alpha+\beta_{ij}R_{mtd}+\beta_{ij}R_{mtd-1}+Y_{ij}R_{jtd}+Y_{ij}R_{jtd-1}+€ \quad (۱)$$

که در این رابطه R_{mtd}: بازده روزانه بازار، R_{mtd-1}: بازده روزانه بازار یک روز قبل، R_{jtd}: بازده روزانه صنعت و R_{jtd-1}: بازده روزانه صنعت یک روز قبل می‌باشد.

ریسک سقوط قیمت سهام به‌صورت متغیر مجازی در نظر گرفته‌شده است، که چنانچه شرکتی ریسک سقوط قیمت سهام داشته باشد یک و در غیر این صورت صفر خواهد بود و ملاک تعیین ریسک سقوط سهام بدین‌صورت است که بازده ماهانه خاص شرکت ۳/۲ انحراف معیار کمتر از میانگین بازده ماهانه خاص آن باشد؛ یعنی در محدوده مثبت ۳/۲ و منفی ۳/۲ باشد عادی و در غیر این صورت غیرعادی تلقی می‌شود [۲۷].

در فرمول سهم صنعت سهم از بازار، S_i سهم بازار شرکت **i** ام می‌باشد. یعنی چنانچه در صنعتی فقط یک شرکت وجود داشته باشد صد در صد سهم بازار را دارد.

تجزیه‌وتحلیل داده‌ها و آزمون فرضیه

به‌منظور بررسی مشخصات عمومی متغیرها و تجزیه‌وتحلیل دقیق آن‌ها اطلاعات مربوط به شاخص‌های مرکزی نظیر میانگین، میانه، کمینه و بیشینه و همچنین اطلاعات مربوط به شاخص‌های پراکندگی همچون انحراف معیار ۱۵۶ شرکت در بازه زمانی سال‌های ۱۳۸۹ الی ۱۳۹۸ به شرح جدول زیر ارائه گردیده است. با در نظر گرفتن تعداد شرکت ۱۵۶، دوره زمانی پژوهش ده سال مالی و نوزده متغیر، ۲۹۶۴۰داده مورد تجزیه‌وتحلیل قرارگرفته‌اند. همان‌گونه که مشاهده می‌شود بیشترین میزان میانگین و پراکندگی به ترتیب مربوط به متغیر سود هر سهم و سود تقسیمی هر سهم می‌باشد.

جدول ۳. آمار توصیفی

ردیف	متغیر	بیشینه	کمینه	میانگین	انحراف معیار	میانه
۱	سود هر سهم	۹۹۱۷/۸۴	-۸۳۴۷/۱۵	۷۱۶/۸۳	۱۲۸۷/۰۹	۴۲۷/۲۱
۲	نسبت قیمت به سود	۹۵۶/۱۵	-۶۲۳/۰۰	۱۸/۹۴	۸۱/۸۶	۶/۲۰
۳	سود تقسیمی هر سهم	۹۰۰۰/۰۰	۰/۰۰	۶۱۶/۹۹	۱۰۰۵/۴۹	۲۵۰/۰۰
۴	نسبت قیمت به فروش	۱/۱۷	۰/۰۰	۰/۰۲	۰/۰۷	۰/۰۰
۵	نسبت ارزش بازار به ارزش دفتری سهام	۸۷/۰۷	-۲۷۷/۲۴	۱/۷۶	۱۰/۰۸	۱/۹۳
۶	بدهی بلندمدت به حقوق صاحبان سهام	۸۹/۶۰	-۳۵/۷۵	۱/۳۳	۴/۳۹	۰/۷۷
۷	مومنتوم قیمت	۱۵۰/۰۳	۰/۰۹	۱/۸۶	۷/۳۵	۱/۰۶
۸	حاشیه سود خالص	۱۲/۶۱	-۶/۱۸	۰/۱۷	۰/۵۹	۰/۱۲
۹	نرخ بازده دارایی	۲/۴۹	-۲/۴۴	۰/۱۰	۰/۱۷	۰/۰۹
۱۰	نسبت آنی	۹/۷۷	۰/۰۱	۰/۸۴	۰/۷۱	۰/۷۴
۱۱	بازده حقوق صاحبان سهام	۱۸/۷۴	-۱۶/۰۴	۰/۳۰	۱/۰۲	۰/۲۷
۱۲	بازده سهام	۸/۱۰	-۰/۹۰	۰/۳۱	۰/۸۹	۰/۰۴
۱۳	نقد شوندگی	۰/۷۰	-۰/۳۰	۰/۰۰	۰/۰۲	۰/۰۰
۱۴	ریسک سیستماتیک	۱/۷۳	-۱/۹۱	-۰/۰۲	۰/۴۹	۰/۰۰
۱۵	جریان نقد عملیاتی	۱/۰۵	-۰/۳۰	۰/۱۳	۰/۱۴	۰/۱۱
۱۶	گردش جمع دارایی	۳۶/۰۲	۰/۰۱	۲/۸۴	۳/۱۰	۱/۹۹
۱۷	سهم صنعت سهم از بازار	۰/۳۸	۰/۰۵	۰/۱۵	۰/۰۸	۰/۱۳
۱۸	هم‌زمانی قیمت سهام	۱/۷۹	-۳/۰۰	-۱/۰۴	۰/۶۷	-۱/۰۳
۱۹	ریسک سقوط قیمت سهام	۱/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۲	۰/۱۳	۰/۰۰

مدل مارکوئیتز

برای پیاده‌سازی مدل مارکوئیتز از داده‌های بازده سهام ۱۵۶ شرکت در مدت نه سال از سال ۱۳۸۹ الی ۱۳۹۸ استفاده‌شده و پرتفوی بهینه انتخابی در سال ۱۳۹۸ مورد ارزیابی قرارگرفته است.

متغیرهایی که برای رسیدن به پرتفوی بهینه سهام با استفاده از مدل مارکوئیتز مورداستفاده قرارگرفته به شرح زیر است:

w=بردار وزن هر سهام

r = بردار میانگین بازده برای هر سهام

Sigma = ماتریس کوواریانس بازده سهام

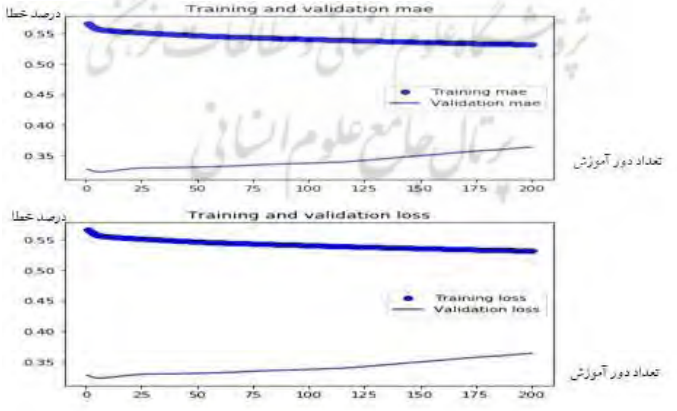
برای محاسبه واریانس در یک پرتفوی، برای هر سهم مربع وزن سرمایه‌گذاری در آن سهم، در واریانس سالانه‌اش ضرب می‌شود و حاصل آن‌ها باهم جمع و در مرحله بعد، مقدار حاصل با دو برابر ضرب وزن دارایی‌های ضرب شده با کوواریانس دارایی‌ها اضافه می‌شود.

$$W_1^2 \times VAR + W_2^2 \times VAR + (2 \times W_1^2 \times W_2^2 \times \text{COVAR}) \qquad (۲)$$

که در این رابطه **W** وزن سرمایه، **VAR** واریانس سالانه، **COVAR** کوواریانس می‌باشد.

مدل شبکه عصبی کانولوشن یادگیری عمیق (CNN)

برای پیاده‌سازی مدل یادگیری عمیق از داده‌های مالی ۱۵۶ شرکت در مدت ده سال استفاده‌شده است. این داده‌ها شامل نوزده ویژگی از اطلاعات مربوط به این شرکت‌ها می‌باشد. برای آموزش مدل‌های شبکه عصبی استفاده‌شده در یادگیری عمیق، داده‌های نه سال اول موردتوجه قرارگرفته و در هرسال ده شرکت برتر ازنظر بازده سهام را فیلتر، که درمجموع نود نمونه حاصل‌شده است. داده شرکت‌ها در سال دهم به‌عنوان داده‌ی تست عملکرد مدل در نظر گرفته‌شده همچنین پیش‌بینی ده شرکت برتر در بازده سهام نیز توسط همین داده‌ها انجام‌گرفته است. داده‌ی سال دهم شامل ۱۵۶ نمونه با نوزده ویژگی می‌باشد. پس از تغذیه داده‌های آموزش و تست نتیجه به‌صورت شکل زیر حاصل گردیده است.



شکل۱. ارزیابی عملکرد مدل شبکه عصبی کانولوشن یادگیری عمیق

همان‌گونه که شکل‌های ارزیابی نیز مشخص است میزان خطا الگوریتم نزدیک به صفر می‌باشد که این نتیجه، یادگیری و پیش‌بینی دقیق الگوریتم را نشان می‌دهد. شبکه‌های عصبی یادگیری عمیق با استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی شیب نزولی تصادفی آموزش داده می‌شوند. به‌عنوان بخشی از الگوریتم بهینه‌سازی، خطا برای وضعیت فعلی مدل باید بارها تخمین زده شود. این امر نیاز به انتخاب یک تابع خطا دارد، تا بتوان وزن‌ها را به‌روز کرد تا خطا را کاهش دهد. برای ارزیابی عملکرد این دو مدل از تابع خطای میانگین قدر مطلق خطا استفاده‌شده است؛ که این مقدار خطا برای شبکه عصبی کانولوشن یادگیری عمیق ۰/۳۳ درصد می‌باشد و بسیار پایین و نزدیک به صفر می‌باشد.

$$MAE = \frac{\in (y_i - y\hat{}_i)}{n} \quad (۳)$$

پارامتر $\mathbf{n}$ تعداد کل مشاهدات برای دوره پیش‌بینی، $y\hat{}_i$ و y_i به ترتیب ارزش پیش‌بینی‌شده در زمان i و ارزش واقعی در زمان i می‌باشد.

نتایج پیش‌بینی مدل‌ها

پس از آموزش مدل یادگیری عمیق، داده‌های تست به‌عنوان ورودی به مدل تغذیه‌شده تا هرکدام مقدار بازده سهام برای هر نمونه را پیش‌بینی نمایند. آنگاه نتیجه حاصل به‌صورت نزولی مرتب می‌شود که درنتیجه بازده سهام بیشتر در بالای لیست پیش‌بینی قرار می‌گیرد. از این لیست شاخص ده آیتم اول استخراج می‌شود این شاخص‌ها شماره ردیف در جدول تست می‌باشند و آنگاه ستون نام شرکت برای این ده شاخص چاپ می‌شود که نتیجه به‌صورت زیر می‌باشد.

جدول ۴. نتیجه پرتفوی ده سهمی مدل شبکه عصبی کانولوشن یادگیری عمیق

ردیف	شرکت	صنعت	بازده
۱	سرما آفرین	ماشین‌آلات و تجهیزات	-۰/۱۱۵
۲	سینا دارو	دارویی	-۰/۰۹۶
۳	گل گهر	استخراج کانه‌های فلزی	۰/۷۴۲
۴	فولاد مبارکه اصفهان	فلزات اساسی	۱/۲۲۱
۵	ملی صنایع مس ایران	فلزات اساسی	۰/۴۱۱
۶	ایران‌خودرو	خودرو و ساخت قطعات	۰/۰۱۹
۷	گلوکوزان	محصولات غذایی و آشامیدنی به‌جز قند و شکر	-۰/۴۸۹
۸	پتروشیمی خارک	محصولات شیمیایی	۰/۸۹۳
۹	معدنی املاح ایران	محصولات شیمیایی	۰/۲۷۴
۱۰	نفت بهران	فرآورده‌های نفتی، کک و سوخت هسته‌ای	۰/۲۵۴

جهت تشکیل پرتفوی ده سهمی با استفاده از مدل مارکوئیتز ابتدا با نرخ بازده مورد انتظار ۱/۵، طبق خروجی مدل به سه شرکت جهت تشکیل پرتفوی وزن اختصاص داده‌شده و مابقی شرکت‌ها وزن صفر داشتند. با نرخ بازده مورد انتظار ۰/۵۵ طبق خروجی مدل به ده شرکت وزن اختصاص داده‌شده و مابقی شرکت‌ها وزن صفر داشتند. سرانجام نرخ بازده مورد انتظار ۰/۲۸ (نرخ بازده بازار) گذاشته شد که به ۱۵۶ شرکت وزن داده‌شده و چهار شرکت نیز وزن صفر دارند.

در همه حالت‌های مختلف نرخ بازده مورد انتظار، جمع وزن شرکت‌های انتخابی مدل برابر با یک می‌باشد. از بین وزن ۱۵۶ شرکت با نرخ بازده مورد انتظار ۰/۲۸، ده شرکت که بالاترین وزن رادارند به‌عنوان پرتفوی ده سهمی مدل مارکوئیتز انتخاب شدند. وزن شرکت‌ها به نسبت ده شرکت به شرح جدول زیر تعدیل شدند که جمع وزن شرکت‌های پرتفوی برابر با یک شود.

جدول ۵. نتیجه پرتفوی ده سهمی مدل مارکوئیتز

ردیف	نام شرکت	نام صنعت	وزن (۱۵۶ شرکت)	وزن (۱۰ شرکت)	بازده
۱	مرجان کار	سایر محصولات کانی غیرفلزی	۰/۱۹۶	۰/۲۶۲	-۰/۰۷۵
۲	فنرسازی خاور	خودرو و ساخت قطعات	۰/۱۵۸	۰/۲۱۱	۰/۲۹۱
۳	شیشه دارویی رازی	سایر محصولات کانی غیرفلزی	۰/۰۸۷	۰/۱۱۶	-۰/۵۰۷
۴	دوده صنعتی پارس	محصولات شیمیایی	۰/۰۶۴	۰/۰۸۵	۰/۳۹۷
۵	لوله و ماشین‌سازی	فلزات اساسی	۰/۰۳۸	۰/۰۵۱	-۰/۲۶۹
۶	قند نیشابور	قند و شکر	۰/۰۵۲	۰/۰۷۰	۰/۵۹۱
۷	قند مرودشت	قند و شکر	۰/۰۵۴	۰/۰۷۳	۰/۴۷۴
۸	معادن بافق	استخراج کانه‌های فلزی	۰/۰۵۷	۰/۰۷۶	۰/۰۶۵
۹	کشت و صنعت پیاذر	محصولات غذایی و آشامیدنی به‌جز قند و شکر	۰/۰۲۴	۰/۰۳۲	-۰/۵۳۶
۱۰	فولاد امیرکبیر کاشان	فلزات اساسی	۰/۰۱۴	۰/۰۱۹	-۰/۴۲۱

پس از تشکیل پرتفوی ده سهمی با استفاده از دو مدل شبکه عصبی کانولوشن یادگیری عمیق و مدل مارکوئیتز، پرتفوی تشکیل‌شده با معیارهای بازده پرتفوی، شاخص ترینر و شاخص جنسن مورد ارزیابی قرار گرفتند که نتایج آن به شرح زیر می‌باشد:

جدول ۶. ارزیابی عملکرد پرتفوی ده سهمی تشکیل‌شده مدل شبکه عصبی کانولوشن یادگیری عمیق و مدل مارکوئیتز

شرح	بازده پرتفوی	ترینر	جنسن
پرتفوی ده سهمی مدل شبکه عصبی کانولوشن یادگیری عمیق	۰/۶۹۷	۴/۵۴۱	۰/۴۸۰
پرتفوی ده سهمی مدل مارکوئیتز	۰/۰۵۸	۱/۶۴۸ -	۰/۱۵۸ -

همان‌گونه که مشاهده می‌شود در پرتفوی ده سهمی مدل شبکه عصبی کانولوشن یادگیری عمیق؛ نرخ بازده پرتفوی۰/۶۹۷، شاخص ترینر ۴/۵۴۱ و شاخص جنسن ۰/۴۸۰ می‌باشد. در پرتفوی ده سهمی مدل مارکوئیتز؛ نرخ بازده پرتفوی ۰/۰۵۸، شاخص ترینر ۱/۶۴۸- و شاخص جنسن ۰/۱۵۸- می‌باشد.

سرمایه‌گذاران با تشکیل پرتفوی به دنبال سودآوری بیشتر هستند بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که مدل شبکه عصبی کانولوشن یادگیری عمیق توانایی بالاتری نسبت به مدل مارکوئیتز در تشکیل پرتفوی بهینه دارد و فرضیه پژوهش مورد تائید قرار می‌گیرد. به لحاظ تنوع، پرتفوی هر دو مدل شبکه عصبی کانولوشن یادگیری عمیق و مدل مارکوئیتز دارای تنوع مناسبی می‌باشند ولی به لحاظ حضور شرکت‌های بنیادی در پرتفوی، مدل شبکه عصبی کانولوشن یادگیری عمیق نسبت به مدل مارکوئیتز ارجحیت دارد.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

هدف این پژوهش بررسی توانایی مدل یادگیری عمیق و مدل مارکوئیتز در تشکیل پرتفوی بهینه سهام بود. با توجه به نتایج ارزیابی بازده پرتفوی، شاخص ترینر و جنسن و اینکه در همه معیارها نتایج به‌دست‌آمده پرتفوی ده سهمی مدل شبکه عصبی کانولوشن یادگیری عمیق بالاتر از پرتفوی ده سهمی مدل مارکوئیتز بوده است، می‌توان گفت مدل شبکه عصبی کانولوشن یادگیری عمیق دارای توانایی بالاتری نسبت به مدل مارکوئیتز در تشکیل پرتفوی بهینه سهام می‌باشد.

با توجه به پیچیدگی و تنوع عوامل مؤثر بر تعیین پرتفوی شرکت‌ها، تصمیم‌گیری در این مورد مسئله بسیار پیچیده‌ای می‌باشد و فرآیند بهینه‌سازی کاملاً بدون ساختار بوده و مجموعه ثابتی از معیارها برای ارزیابی وجود ندارد. اگرچه مدل‌های کلاسیک تا حدودی توانسته‌اند پاسخگوی نیازهای اطلاعاتی سرمایه‌گذاران باشند اما زمانی که عوامل اثرگذار بر بازار سرمایه محدود باشند می‌توانند مفید واقع شوند. ولی درواقع عوامل متعددی بر بازار سرمایه تأثیر می‌گذارند که غیرخطی و پیچیده هستند و با استفاده از معادلات ریاضی و کامپیوترهای پیشرفته قابل‌حل می‌باشند. صدها سهم برای انتخاب در بازار سرمایه وجود

دارد و تجزیه‌وتحلیل آن‌ها کار بسیار دشواری است؛ اما با استفاده از مدل یادگیری عمیق می‌توان در مدت‌زمان بسیار کوتاهی داده‌ها را جمع‌آوری کرد و صدها سهم را در یک بازه زمانی واقعی رصد کرد و بهترین ایده‌ها را از این فرآیند دریافت کرد. یادگیری عمیق می‌تواند میلیون‌ها داده‌ای را که در زمان واقعی اتفاق می‌افتد، تجمیع کند و بسیاری از همبستگی‌ها که با روش سنتی نمی‌توان به دست آورد، با استفاده از آن به‌راحتی به دست آورد. مزیت مدل یادگیری عمیق آن است که می‌تواند قواعد را بدون آنکه فرمول‌بندی شده باشد، استخراج نماید. با توجه به اینکه مدل یادگیری عمیق توانایی تشکیل پرتفوی بهینه را دارا می‌باشد سرمایه‌گذاران می‌توانند با استفاده از این الگو به تشکیل پرتفوی و کسب سود در بازار سرمایه اقدام نمایند. نتیجه این پژوهش با نتایج پژوهش‌های مهلوات و همکاران (۲۰۱۸)، ژو و همکاران (۲۰۱۸) اسید و همکاران (۲۰۱۸)، اریو و همکاران (۲۰۱۷) و ژو و ایکس یو (۲۰۱۷) هم راستا می‌باشد.

این پژوهش محدودیت‌هایی نیز داشته است. هرچه تعداد داده‌ها بیشتر باشد دقت مدل نیز افزایش می‌یابد. با توجه به متغیرهای ورودی و اطلاعات پیوسته موردنیاز شرکت‌های پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران جمع‌آوری داده‌های بسیار زیاد، امکان‌پذیر نبود.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

فهرست منابع

۱. اسلامی بیدگلی، غلامرضا و علیرضا سارنج. (۱۳۸۷). "انتخاب پرتفوی با استفاده از سه معیار میانگین بازدهی، انحراف معیار بازدهی و نقد شوندگی در بورس اوراق بهادار تهران". **بررسی‌های حسابداری و حسابرسی**، دوره ۱۵، شماره ۵۳، صص ۱۶-۳.

۲. بیات، علی و لیدا اسدی. (۱۳۹۶). "بهینه‌سازی پرتفوی سهام: سودمندی الگوریتم پرندگان و مدل مارکوئیتز". **مجله مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار**، دوره ۸، شماره ۳۲، صص ۸۵-۶۳.

۳. پارسائیان، علی و بهروز خدا رحمی. (۱۳۹۴). **تئوری‌های نوین سرمایه‌گذاری**، انتشارات ترمه، چاپ سوم، ص ۶.

۴. پارسائیان، علی. (۱۳۸۸). **تئوری حسابداری مالی**، انتشارات ترمه، چاپ دوم، ص ۱۲۲.

۵. پور زرندی، ابراهیم و مینا کیخا. (۱۳۹۳). "بهینه‌سازی سبد سهام با استفاده از روش K-meams و الگوریتم ژنتیک". **مجله مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار**، شماره ۱۹، صص۱۵۱-۱۳۱.

۶. پور زمانی، زهرا و اکرم روحانی. (۱۳۹۴). " رابطه میان کیفیت گزارشگری مالی و سرعت با استفاده از معیارهای ترکیبی عملکرد پرتفلیو". **فصلنامه پژوهش‌های حسابداری مالی و حسابرسی**، دوره ۸، شماره ۲۹، صص ۱۶۳-۱۴۹.

۷. پیمانی فرو شانی، م سلم، امیرح سین ار ضاء، مریم حمیدی زاده و مهدی ا صغر زاده. (۱۳۹۸). "بهینه سازی پرتفوی به روش تسلط تصادفی در بورس اوراق بهادار تهران". **فصلنامه علمی مطالعات مدیریت صنعتی**، دوره ۱۷، شماره ۵۵، صص ۲۰۷-۱۸۵.

۸. تقی زاده یزدی، محمدرضا، سعید فلاح‌پور و محمد احمدی مقدم. (۱۳۹۵). "انتخاب پرتفوی بهینه با استفاده از برنامه‌ریزی فرا آرمانی و برنامه‌ریزی آرمانی ترتیبی توسعه‌یافته". **مجله تحقیقات مالی**، دوره ۴، شماره ۱۸، ۶۱۲-۵۹۱.

۹. تهرانی، رضا، محمد هندیجانی زاده و عیسی نوروزیان لکوان. (۱۳۹۴). "ارائه رویکردی جدید برای مدیریت فعال پرتفوی و انجام معاملات هوشمند سهام با تأکید بر نگرش انتخاب ویژگی". **دانش سرمایه‌گذاری**، دوره ۱۳، شماره ۱۴، صص ۱۲۵-۱۰۷.

۱۰. تهرانی، رضا و عسگر نوربخش. (۱۳۹۴). **مدیریت سرمایه‌گذاری**، انتشارات نگاه دانش، چاپ سیزدهم، ص ۱۷۵.

۱۱. حسینی، معصومه، شهناز مشایخ و مریم فلاح جوشقانی. (۱۳۹۴). "راهبرد سرمایه‌گذاری معکوس: مروری بر ادبیات بازار بورس". **فصلنامه سیاست‌های مالی و اقتصادی**، دوره ۳، شماره ۹، صص ۲۱۰-۱۹۵.

۱۲. دارابی، رویا. (۱۳۹۹). "توان توضیح دهندگی بازده‌های سهام به‌وسیله نوسانات نامتعارف (ریسک غیر سیستماتیک)". **تحقیقات حسابداری و حسابرسی**، انجمن حسابداری ایران، شماره ۴۵، صص ۱۷۰-۱۴۷.

۱۳. رهنمای رود پشتی، فریدون، کاظم چاووشی و ابراهیم صابر. (۱۳۹۳). "بهینه‌سازی پرتفوی متشکل از سهام صندوق‌های سرمایه‌گذاری مشترک بورس اوراق بهادار تهران با رویکرد الگوریتم ژنتیک". **فصلنامه علمی و پژوهشی دانش سرمایه‌گذاری**، دوره ۳، شماره ۱۲، صص ۲۳۱-۲۱۷.

۱۴. رضایی، مهدی، محمود باغجری و پوریا مظاهری فر. (۱۳۹۸). "مقایسه شبکه عصبی، سیستم فازی عصبی و مدل AR در پیش‌بینی بازده اوراق بهادر و الگوریتم جستجوی موجودات همزیست با ممتیک آن در بهینه‌سازی پرتفوی". **دانش مالی تحلیل اوراق بهادار**، دوره ۱۲، شماره ۴۳، صص ۱۱۹-۱۰۹.

۱۵. فرید، داریوش، حیدر میر فخرالدینی و علیرضا رجبی پور میبدی. (۱۳۸۹). "کاربست VAR و انتخاب پرتفوی بهینه با استفاده از تکنیک شبیه‌سازی مونت‌کارلو (MCS) در بورس اوراق بهادار تهران". **مجله دانش و توسعه**، دوره ۱۸، شماره ۳۱، صص ۱۱۸-۹۶.

۱۶. فضل زاده، علیرضا، رضا رنج پور و رسول توحیدی. (۱۳۹۱). "بررسی توانایی مدل‌های تک شاخص شارپ و تحلیل پوششی داده‌ها در انتخاب پرتفوی کارا در بورس اوراق بهادار تهران". **فصلنامه بورس اوراق بهادار**، دوره ۵، شماره ۱۸، صص ۵۹-۳۹.

۱۷. فلاح‌پور، سعید، حسین صفری و نادر عمرانی. (۱۳۹۳). "انتخاب پرتفوی با استفاده از ترکیب روش برنامه‌ریزی ترجیحات فازی لگاریتمی و پرومترگ". **مجله علوم اجتماعی و اقتصادی**، دوره ۲، شماره ۵، صص ۱۲۰-۱۰۳.

۱۸. قاضی فینی، رضا و حسین پناهیان. (۱۳۹۸). "پیش‌بینی و مدل سازی تلاطم بازدهی سهام در بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از مدل‌های CARCH". **تحقیقات حسابداری و حسابرسی**، انجمن حسابداری ایران، شماره ۴۳،صص ۷۰-۵۵.

۱۹. کیقبادی، امیررضا و محمد احمدی. (۱۳۹۵). " مقایسه کارایی روش‌های GARCH و ARCH در پیش‌بینی ارزش در معرض ریسک جهت انتخاب پرتفولیوی بهینه". **فصلنامه پژوهش‌های حسابداری مالی و حسابرسی**، دوره ۸، شماره ۳۲، صص ۸۲-۶۳.

۲۰. کیقبادی، امیررضا، سمیه فتحی و سمیرا سیف. (۱۳۹۴). " رتبه‌بندی میزان تأثیر اقلام کلیدی ترازنامه‌ای و نسبت‌های سودآوری در انتخاب پرتفوی بهینه (با استفاده از تکنیک‌های داده‌کاوی)". **فصلنامه پژوهش‌های حسابداری مالی و حسابرسی**، دوره ۷، شماره ۲۸، صص ۸۶-۷۵.

۲۱. لطف الهی، محمد، رامین شیرالی حسین زاده، مهدی جعفری سیاوشانی و محمد صادق صابریان. (۱۳۹۵). **"کاربرد یادگیری عمیق در تشخیص ترافیک شبکه‌های کامپیوتری"**. بیست و دومین کنفرانس ملی انجمن کامپیوتر ایران.

۲۲. میرزایی، حمیدرضا، احمد خدامی پور و امید پور حیدری. (۱۳۹۵). "بررسی کاربرد الگوریتم ژنتیک چند هدفه در بهینه سازی سهام با استفاده از شاخص‌های تکنیکال". **مجله مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار**، دوره ۲۹، صص ۸۴-۶۴.

23. Arel, I. Rose, D.C. Karnowski, T.p. (2010). "Deep Machine Learning - A New Frontier in Artificial Intelligence Research [Research Frontier]". **IEEE Computational Intelligence Magazine**, 5: 13-18.

24. Chen CH. LuiCHyLinnCHin(2020)li“An intelligence approach for group stock portfolio optimization with a trading mechanism”. **Knowledge and Information Systems**, 62: 287-316.

25. Deng, D. Yu, D. (2013). "Deep Learning: Methods and Applications Found". **Trends Signal Process**,7(4): 197–387.
26. Essid, H. Ganouati, J. Vigeant, S. (2018). "A mean-maverick game cross-efficiency approach to portfolio selection: an application to Paris stock exchange**". Expert system with applications**,1-45.
27. Hutton, A.P. Marcus, A.J. Tehranian, H. (2009). "Opaque Financial Reports, R2, and Crash Risk". **Journal of Financial Economics**, (94), 67-86.
28. Iorio, C. Frasso, G. Dambrosio, A. Siciliano, R. (2017). "A P-Spline based clustering approach for portfolio selection". **Expert Systems with Applications**, 14: 1-34.
29. Jones, C. P. (2002). **Investment Management and Analysis**, (8th ed). NewYork, John Wiley & Sons.
30. Markowitz, H. (1952). "Portfolio selection". **J. Finance**, 7 (1) 77–91.
31. Markowitz, H. (1959). **Portfolio Selection: Efficient Diversification of Investment**s, John Wiley & Sons.
32. Mehlawat, M. Kumar, A. Yadav, S. Chen, W. (2018). "Data envelopment analysis based fuzzy multi-objective portfolio selection model involving higher moments". **Information Sciences**, 460–461:128–150.
33. Thakur, G. Bhattacharyya, R. Sarkar, S. (2017). "Stock portfolio selection using dempster-shafer evidence theory". **Journal of king saud university computer and information science**,1-13.
34. Wilmott, P. (2007). **Paul Wilmott introduces quantitative finance,** John Wiley & Sons.
35. Zhou,W. Xu, Zeshui. (2017). "Portfolio selection and risk investment under the hesitant fuzzy environment". **Knowledge-Based Systems**, P 1-37.
36. Zhou, X. Wang, J. Yang, X. Lev, V. Tu, Y. Wang, SH. (2018). "Portfolio selection under different attitudes in fuzzy environment". **Information Sciences**, 462: 278-2.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

Accounting & Auditing Researches, Spring 2023, No. 57. pp. 47-68

Evaluation of Deep learning and Markowitz Models Ability in Optimal Stock Portfolio Formation

Mohammad Sarchami
Phd student accounting, Department of accounting, Faculty of Literature and Humanities, Kerman branch, Islamic Azad University, Kerman, Iran

Ahmad khodamipour(PhD) [1]©
Prof. Department of accounting, Faculty of Management and Economics, Shahid Bahonar University, Kerman, Iran

Majid Mohammadi(PhD)
Associate Prof. Department of Computer, Faculty of Engineering, Shahid Bahonar University, Kerman, Iran

Hadis Zeinali(PhD)
Assistant Prof. Department of accounting, Faculty of Literature and Humanities, Kerman branch, Islamic Azad University, Kerman, Iran

(Received: May 10, 2021; Accepted: December 20, 2021)

Stock selection and optimal stock portfolio formation depends on various factors which lead to complicate making decision. Investors can maximize investment return and minimize their risk by choosing the optimal stock portfolio. Therefore always they are used to advanced financial algorithms to form the optimal stock portfolio. This study tries to find machine learning and Markowitz models ability in optimal stock portfolio formation and their efficiency comparison. The statistical sample of the present study includes 156 companies listed on the Tehran Stock Exchange during 2010 to 2019. After collecting the data, the deep learning and the Markowitz models were tested using Anaconda software and Python programming language, and then the ability of each model were determined in formation of optimal stock portfolio by portfolio return evaluation criteria, trenors and jensens index.In the ten-share portfolio of the deep learning model; Return of portfolio 0.697, trenors index of 4.541 and Jensens index of 0.480 and in ten-share portfolio of Markowitz model; Portfolio returns of 0.058, trenors index of -1.648 and Jensens index of -0.158 have been calculated. According to the results of the portfolio evaluation, it was concluded that the deep learning model has a higher ability than the Markowitz model in the formation of optimal stock portfolio.

Keywords: Stock Portfolio, Markowitz Model, Machine Learning Model.

[1] khodamipour@uk.ac.ir © (Corresponding Author)