فصلنامه مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار
شماره پنجاه و دو / پائیز ۱۴۰۱
نوع مقاله : علمی پژوهشی
صفحات : ۱۴۲-۱۲۱

رویکرد سیستم استنتاج عصبی فازی انطباقی (ANFIS) و راهبردهای ماتریس شبکه (GA) در بهینه‌سازی پورتفوی سرمایه‌گذاری در بورس اوراق بهادار تهران و فرابورس ایران

علی شیدایی‌نرمیقی[۱]
فریدون رهنمای‌رودپشتی[۲]
رضا رادفر[۳]

تاریخ دریافت مقاله : ۹۹/۰۷/۲۷ تاریخ پذیرش مقاله : ۹۹/۱۰/۰۶

چکیده

بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری فرآیندی است که طی آن سرمایه‌گذار به دنبال بیشینه کردن بازده سرمایه یا کمینه کردن ریسک است. یکی از موضوعات اصلی مشخص کردن روش بهینه‌سازی است که به تشکیل سبد سرمایه‌گذاری بهینه یعنی حداقل نمودن ریسک سرمایه‌گذاری و حداکثر کردن سود سرمایه‌گذاری می‌باشد. هدف پژوهش حاضر بررسی قابلیت سیستم استنتاج عصبی فازی انطباقی (ANFIS) و راهبردهای ماتریس شبکه (GA) در انتخاب و بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری از بین شرکت‌های بورس اوراق بهادار تهران و فرابورس ایران انتخاب شده است. گروه‌بندی سهام به‌وسیله ماتریس شبکه و دسته‌بندی شرکت‌ها بر اساس ارزش بازار آنها و استفاده از قانون چارک‌ها و در نهایت وزن‌دهی آنها متناسب با بازدهی پیش‌بینی ماه آینده آن سهم در نظرگرفته می‌شود. همچنین نسبت به طراحی و ارائه یک مدل بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری سهام با استفاده از سیستم استنتاج عصبی فازی انطباقی و ترکیب آن با الگوریتم ژنتیک پرداخته شده است که در آن از سه دسته مختلف متغیرهای سری زمانی، فنی و بنیادی به عنوان ورودی‌های مدل استفاده می‌شود. خروجی‌های تحقیق نشان می‌دهد این سیستم‌ها از توانایی لازم برای بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری سهام برخوردار می‌باشند.

کلمات کلیدی

بهینه‌سازی سبد سهام، الگوریتم ژنتیک، تجزیه و تحلیل شبکه (GA)، سیستم استنتاج عصبی فازی انطباقی (ANFIS)

۱-گروه مدیریت صنعتی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. shaidaye@yahoo.com
۲-گروه مدیریت مالی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران (نویسنده مسئول). Rahnama.roodposhti@gmail.com
۳-گروه مدیریت صنعتی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. radfar@gmail.com

مقدمه

امروزه سرمایه‌گذاری در بورس، بخش مهمی از اقتصاد کشور را تشکیل می‌دهد و بی‌تردید بیشترین مقدار سرمایه از طریق بازارهای سرمایه در تمام جهان مبادله می‌شود و اقتصاد ملی به شدت متاثر از عملکرد بورس است. به علاوه بورس برای سرمایه‌گذاران کلان و هم برای عموم مردم به عنوان یک ابزار سرمایه‌گذاری در دسترس شده است. روشن است که خصوصیت عدم اطمینان امر نامطلوبی است و از طرفی برای سرمایه‌گذارانی که بورس را به عنوان مکان سرمایه‌گذاری انتخاب نموده‌اند، این خصوصیت اجتناب ناپذیر است. بنابراین به طور طبیعی تمام تلاش سرمایـه‌گذاران به دنبال کاهـش عدم اطمینان است. با توجه به این بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری یکی از ابزارهای کاهش عدم اطمینان می‌باشد.

بهینه‌سازی پورتفوی (فرایند تخصیص ثروت بین چند دارایی) یک هدف اصلی در مدیریت ریسک قلمداد می‌شود. همچنین بازده‌های مورد انتظار و ریسک مهم‌ترین متغیرها در مساله بهینه‌سازی پورتفوی می‌باشند. عموما سرمایه‌گذاران ترجیح می‌دهند که بازده را بیشینه و ریسک را کمینه نمایند. با این وجود بازده‌های بالا معمولا ریسک بالایی هم دارند (دانگ و همکاران، ۲۰۱۲[1]).

یکی از راهبردهای مدیریت پورتفوی استفاده از ماتریس شبکه است که با استفاده از آن می توان پورتفوی با سهام تهاجمی، تدافعی و بی‌تفاوت (مطرح شده توسط جناب آقای دکتر رهنمای رودپشتی) استخراج نمود که دارای عملکرد بالاتری نسبت به شاخص بازار باشد و در چارچوب متغیرهای رشدی، ارزشی و رشدی-ارزشی در ماتریس ۳*۳ و متغیرهای تهاجمی، تدافعی و بی تفاوت در ماتریس ۳*۳ سعی می‌کند به دنبال عملکرد بالاتری نسبت به شاخص عملکرد بازار دست یابد.

مارکویتز در سال ۱۹۵۲ مدل پیشنهادی خود را برای انتخاب پورتفوی ارائه نمود. مدل میانگین واریانس مارکویتز مشهورترین و متداول‌ترین رویکرد مساله انتخاب سرمایه‌گذاری است. کاراترین ابزار برای انتخاب پورتفوی بهینه، مدل برنامه‌ریزی ریاضی مارکویتز می‌باشد.

در این پژوهش مدل‌سازی و مقایسه دو روش بهینه‌سازی پورتفوی سرمایه‌گذاری مبتنی بر شبکه با الگوریتم‌های فراابتکاری ترکیبی، که ترکیب شبکه فازی عصبی با الگوریتم ژنتیک است، انجام می‌گردد که سعی می‌کنند به دنبال عملکرد بالاتری نسبت به شاخص عملکرد بازار دست یابند. به عبارتی با توجه به بازده‌های متفاوت هر سهم، میزان وزن سرمایه‌گذاری در هر یک از دارایی‌ها و ترکیب دارایی‌ها از مسائل اساسی سرمایه‌گذاران است که در پژوهش حاضر به بررسی آن خواهیم پرداخت.

مبانی نظری و پیشینه پژوهش

انتخاب پورتفوی بهینه

بعد از اینکه مجموعه پورتفوی کارا از طریق مدل مارکویتز تعیین شد سرمایه‌گذاران باید از میان این مجموعه پورتفوی کارا، یک پورتفوی مناسب را انتخاب کنند. مدل مارکویتز یک پورتفوی بهینه را مشخص نمی‌کند بلکه مجموعه‌ای از پورتفوهای کارا را مشخص می‌کند. تمام پورتفوهای موجود در مجموعه کارا، دارایی ویژگی زیر هستند:

«پورتفوهای موجود در مجموعه کارا، با یک سطح خاصی از انحراف معیار، دارای بالاترین نرخ بازده مورد انتظار هستند».

برای دست آوردن پورتفوی حداقل واریانس، برای یک سطح مشخصی از بازده، لازم است مساله برنامه‌ریزی زیر حل شود:

$$\text{Min } z = \sigma_p^2$$

Subject to :

$$\bar{r}_p = \sum_{j=1}^{m} x_j \bar{r}_j$$

$$\sum_{j=1}^{m} x_j = 1$$

$$x_j \geq 1$$

در مدل برنامه‌ریزی فوق، هدف حداقل نمودن واریانس پورتفوی است و محدودیت‌های آن از سه رابطه تشکیل شده است: محدودیت اول، بازده مورد انتظار پورتفوی است که توسط سرمایه‌گذار تعیین می‌شود؛ محدودیت دوم، محدودیت وزن‌ها است که بیان می‌کند مجموعه وزن سهام موجود در پورتفوی، باید معادل یک باشد؛ محدودیت سوم، حداقل وزن هر سهم را در پورتفوی برابر صفر می‌داند و اعداد منفی را رد می‌نماید یعنی فروش استقراضی وجود ندارد.

مدل فوق را می‌توان به گونه‌ای دیگر نیز بیان نمود که طی آن بازده را برای سطح معینی از ریسک بیشینه نماید.

سیستم‌های استنتاج عصبی فازی تطبیق‌پذیر[۲]

سیستم‌های استنتاج عصبی فازی تطبیق‌پذیر که به صورت ANFIS یا انفیس خلاصه شده است

نوعی شبکه عصبی مصنوعی است که بر اساس سیستم فازی تاکاگی- سوگنو[۳] می‌باشد. این شیوه در اوایل ۱۹۹۰ ایجاد شده است (جانگ و شینگ،۱۹۹۱)[۴](جانگ،۱۹۹۳). از آنجایی که این سیستم، شبکه‌های عصبی و مفاهیم منطق فازی را یکی می‌کند، می‌تواند از امکانات هر دو آنها در یک قاب بهره برد. سیستم استنتاج[۵] آن مطابق با مجموعه قوانین فازی اگر- آنگاه است که قابلیت یادگیری برای تقریب زدن توابع غیرخطی را دارد (ابراهام، ۲۰۰۵). از این رو، ANFIS به عنوان یک برآورد جهانی[۶] مطرح شده است (جانگ، سان و میزیتانی، ۱۹۹۷)[۷] که به صورت یک درخت تصمیم‌گیری فازی برای دسته‌بندی داده‌ها به یکی از 2^n مدل رگرسیون خطی به نحوی که باعث مینیمم شدن جمع مربعات خطا (SSE) شود، عمل می‌کند.

یکی از مدل‌های فازی، مدل ساگنو[۸] است. انفیس از مدل فازی ساگنو که برای تولید قوانین فازی از یک مجموعه داده‌های ورودی - خروجی طراحی گردیده، استفاده می‌کند که فرمت یک قانون ساگنو به صورت زیر است:

$$If(x_1 isA_1)\ AND\ (x_2 isA_2)\ \dots AND\ (x_m isA_m)\ THEN_y = f(x_1, x_2, \dots x_m)$$

که در آن $x_1, x_2, \dots x_m$ متغیرهای ورودی، $A_1, A_2, \dots A_m$ در مقدم شرط مجموعه‌های فازی و y هم یک تابع کریسپ[۹] در تالی شرط است، که اگر y یک مقدار ثابت باشد، مدل فازی ساگنو از درجه صفر را خواهیم داشت و اگر y یک چند ی درجه اول، یعنی به صورت $y = k_0 + k_1 x_1 + \cdots + k_m x_m$ باشد آگاه مدل فازی ساگنو از درجه اول را داریم. پس در قوانین ساگنو مقدم شرط به صورت مجموعه‌های فازی ولی تالی به صورت کریسپ است. در صورتی که در مدل ممدانی[۱۰] ، مقدم و تالی شرط هر دو به صورت مجموعه‌های فازی هستند.

سیستم استنتاج فازی که در انفیس به کار گرفته شده، شامل مراحل زیر است:

۱- ویژگی‌های ورودی به توابع عضویت ورودی

۲- توابع عضویت ورودی به قوانین

۳- قوانین به مجموعه‌ای از ویژگی‌های خروجی

۴- ویژگی‌های خروجی به توابع عضویت خروجی

۵- توابع عضویت خروجی به یک خروجی تک مقداره یا تصمیم متناظر با آن

برای تشریح ساختار شبکه‌های عصبی با استنتاج فازی، یک شبکه تطبیقی ۶ لایه با دو ورودی x و y و یک خروجی z را در نظر می‌گیریم که ساختار کلی آن به صورت زیر است:

فرض‌کنید پایگاه قوانین، متشکل‌از دوقانون اگر- آنگاه فازی تاکاگی سوگنوباشد. در این صورت داریم:

$$Rule\ 1: if\ x\ is\ A_1\ and\ B_1\ then\ f_1 = p_1x + q_1y + r_1$$
$$Rule\ 2: if\ x\ is\ A_2\ and\ B_2\ then\ f_2 = p_2x + q_2y + r_2$$

نوع‌تابع عضویت گره‌های هر لایه، یکسان بوده که درادامه به تفضیل به هر کدام اشاره خواهیم داشت:

لایه اول (ورودی):

لایه دوم (فازی‌سازی):

لایه سوم (استنتاج فازی یا ضرب ورودی‌ها):

لایه چهارم (نرمالیزاسیون):

لایه پنجم (غیر فازی‌سازی):

برای محاسبه پارامترهای توابع عضویت لزومی به داشتن دانش پیشین درباره آنها نیست و انفیس به تنهایی می‌تواند این پارامترها را آموخته و توابع عضویت را تنظیم کند. همچنین انفیس از یک الگوریتم یادگیری ترکیبی که روش gradient descent و تخمین‌گر حداقل مربعات را با هم ترکیب می‌کند، استفاده می‌نماید (جمشیدیان، ۱۳۸۹).

اکنون یک شبکه تولید شده است که معادل سیستم استنتاج فازی سوگنو است. حال قرار است روش‌های آموزش چنین شبکه‌ای بررسی شود. برای این کار ابتدا در لایه ۱ تمام قوانین موجود را تشکیل می‌دهیم. به طور مثال اگر ۲ ورودی داشته باشیم که هر کدام ۳ تابع عضویت داشته باشد ۹ قانون باید تشکیل دهیم.

مروری بر پژوهش‌های گذشته

مساله انتخاب سبد سهام برای اولین بار با هدف رسیدن به پاسخی که حداقل دو هدف متضاد یعنی بازده بیشتر و ریسک کمتر را دنبال کند توسط مارکویتز تحت عنوان مدل میانگین- واریانس ارائه شد. بعد از مارکویتز تلاش‌های زیادی در جهت ارتقاء دادن این مدل صورت گرفت.

فاما و فرنچ در سال ۱۹۹۶ پژوهش مهمی راجع به سهام ارزشی و رشدی در سطح ۱۲ بازار مهم و در بازار امریکا طی دوره زمانی ۱۹۹۵- ۱۹۷۵ انجام دادند. آنها نسبت‌های B/M و P/E و C/P را به عنوان شاخص‌های ارزش برگزیدند و پرتفوی‌های مساوی را بر مبنای این نسبت‌ها درآغاز هر سال تشکیل داده و سپس بازده این پورتفوها را محاسبه کردند. سهام‌هایی که ارزش بالایی از این نسبت‌ها را داشتند به عنوان سهام ارزشی و سهام‌هایی را که دارای ارزش پایینی بودند را به عنوان سهام رشدی در نظر

گرفتند. نتایج بررسی آنها نشـان داد، در ۱۲ کشـور از ۱۳ کشور مورد بررسی، سهام ارزشی بازده‌های بالاتری را کسب کرده است. به عبارتی سهام ارزشـی شامل شرکت‌های با نسبت B/M بالا، قیمت به سود هر سهم بالا P/E و جریان نقدی به قیمت سهم بالا C/P بازده بسیار بیشتری نسبت به سهام شرکت‌های رشدی B/M پایین، P/E پـایین، C/P پایین ایجاد می‌نماید. (فاما و فرنچ[11] ۲۰۰۷).

در سال ۱۰۰۹ چانگ و همکاران در تحقیق انجام شده، بر این باور بودند که استفاده از برنامه‌ریزی‌های ریاضی برای حل مساله سبد سهم بهترین گزینه است. آن‌ها روش فراابتکاری را برای حل مساله بهینه‌سازی سبد سهام ارائه کردند که در آن الگوریتم ژنتیک، سبدهای مختلف که ریسک آنها به شیوه‌های متفاوتی محاسبه شده بود را به‌کار می‌گرفت. هدف اصلی آنها بررسی کارایی الگوریتم ژنتیک برای حل مساله بهینه‌سازی سبد سهام با مدل‌های متفاوت ریسک بود به ویژه سبدهای سهامی که محدودیت‌های عدد صحیح را مدنظر قرار می‌دادند و به این نتیجه رسیدند که سرمایه‌گذاران قادر خواهند بود که مرز کارایی را برای مقدار ثابتی از سرمایه خود بدست آورند. آن‌ها به این حقیقت دست یافتند که سبد سهامی با اندازه کوچک‌تر، کارایی بیشتری از اندازه بزرگ‌تر آن خواهد داشت.

در سال ۲۰۱۰ چن و ژانگ[12] در مقاله‌ای تحت عنوان انتخاب پورتفوی قابل قبول با در نظر گرفتن هزینه معاملات و با استفاده از الگوریتم PSO بهبود یافته مسئله انتخاب پورتفوی را با محدودیت‌های بیشترین و کمترین سهم هر دارایی در سبد و هزینه معالات مورد بحث قرار دادند. در این مدل نویسندگان از مدل میانگین- واریانس مارکویتز استفاده نمودند و یک الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات[13](PSO) بهبود یافته برای حل این مسئله ارائه نمودند. در نهایت با ارائه یک مثال نشان دادند که مدل ایشان سودآوری بالاتری را نسبت به مدل اصلی مارکویتز (بدون محدودیت) فراهم می‌نماید.

تای لیو[14] در سال ۲۰۱۱ در مقاله‌ای تحت عنوان یک مدل‌سازی فازی برای بهینه‌سازی پورتفوی، مسئله بهینه‌سازی فازی پورتفوی را مورد بحث قرار داد. بازده آتی دارایی‌ها که در ساخت سبد سهام بهینه استفاده می‌شود، مقادیر پیش‌بینی شده هستند. لذا یک عدم قطعیت در این زمینه وجود دارد. با توجه به این نکته، در مدل خود بازده دارایی‌ها را به صورت اعداد فازی در نظر گرفتند. همچنین برای کاهش محاسبات ناشی از تابع ریسک انحراف معیار مدل مارکویتز، تابع ریسک میانگین قدر مطلق انحرافات را به کار بردند. از آنجا که پارامترها فازی هستند، بازده سبدها نیز اعداد فازی هستند. برای محاسبه مرز بالا و پایین بازده پورتفوی، یک جفت برنامه‌ریزی دو سطحی فرمول‌بندی شدند. سپس با استفاده از تئوری دوگانه[15] و با بکاربردن تکنیک انتقال متغیر، این جفت برنامه‌های ریاضی دو سطحی، به یک جفت برنامه خطی ترتیبی تبدیل شدند تا مدلی قابل حل ایجاد شود. نتیجه تحقیق ایشان، تایید

این ایده مالی و اقتصادی بود که هر اندازه سرمایه‌گذار ریسک بالاتری را پذیرا باشد، پتانسل بازدهی نیز بالاتر خواهد بود.

دکتر رهنما و همکاران در پژوهش گروه‌بندی پورتفوی شرکت سرمایه‌گذاری گروه توسعه ملی بر اساس ماتریس شبکه و مقایسه عملکرد پورتفوی حاصل از این روش با استفاده از نسبت پتانسیل مطلوب نسبت به بررسی و مقایسه دو نوع از ماتریس شبکه می‌پردازد. ماتریس اول متشکل از سهام رشدی- ارزشی و ماتریس دوم متشکل از سهام تهاجمی- تدافعی (مطرح شده توسط جناب آقای دکتر رهنمای رودپشتی) که اولی توسط معیارهای P/E و P/B و دومی توسط معیار ریسک سیستماتیک بتا گروه‌بندی شده است که بر اساس نتایج آن پورتفوی متشکل از سهام تهاجمی و همچنین متشکل از سهام تدافعی عملکرد بالاتری نسبت به شاخص بازار و پورتفوی متشکل از سهام رشدی و همچنین متشکل از سهام ارزشی عملکرد بالاتری نسبت به شاخص بازار ندارد و همبستگی مثبت معناداری بین هر دو پورتفوی مشاهده می‌شود (دکتر رهنما و همکاران ۱۳۹۰).

بهنامیان، جواد و مشرفی، محمد (۱۳۹۵)، در بررسی خود با عنوان ارائه الگوی ترکیبی برای بهینه‌سازی چند هدفه سبد سهام به وسیله برنامه‌ریزی فازی، با در نظر گرفتن مفاهیم فازی در بحث بهینه‌سازی سبد سهام، عدم قطعیت موجود در مساله، مدل‌سازی شده است و با استفاده از روش بونیسون اولویت بین هر یک از سهم مشخص شده تا از آشفتگی در تصمیم‌گیری کاسته شود و در نهایت با ارائه نیز به دلیل پیچیدگی موجود در مساله، الگوریتم ترکیبی بر پایه الگوریتم‌های جستجوی همسایگی متغیر و ژنتیک، ارائه و برای اعتبارسنجی با سایر الگوریتم‌های حل مقایسه شده است.

بیات، علی و اسدی، لیلا (۱۳۹۶)، در مقاله خود با عنوان بهینه‌سازی پورتفوی سهام: سودمندی الگوریتم پرندگان و مدل مارکویتز، جهت انتخاب سهام از الگوریتم پرندگان و مدل مارکویتز استفاده شده است. نتایج پژوهش نشان می‌دهد الگوریتم پرندگان در مقایسه با مدل مارکویتز دارای خطای کمتری و در انتخاب سبد بهینه سرمایه‌گذاری می‌باشد.

مهرگان، محمدرضا و همکاران (۱۳۹۶)، در تحقیق خود تحت عنوان طراحی سیستم استنباط عصبی فازی تطبیقی (ANFIS) به منظور پیش‌بینی مصرف گاز طبیعی در ایران، در بررسی روش‌های مختلف، به این نتیجه رسیدند که روش‌های نروفازی با ابعاد بزرگ به میزان زیادی وابسته به حجم داده‌های ورودی می‌باشند. در صورتی که محقق قصد بررسی و پیش‌بینی پدیده‌ای با استفاده از یک یا چند متغیر محدود را داشته باشد بر اساس محاسبه تعداد مجهولات مساله که نبایستی از تعداد داده‌ها بیشتر باشد، می‌توان نتایج مطلوبی از سیستم استنباط فازی عصبی تطبیقی دریافت دارد.

آموزش ANFIS

برای بهینه‌سازی ساختار ANFIS آموزش انجام می‌گردد. در یک پروژه یک دیتاست وجود دارد که چندین هزار نمونه را شامل می‌شود و روش کار کردن در این پروژه به این صورت می‌باشد که منبع داده مورد نظر در مرحله اول بارگذاری می‌شود و عملیات فازی بر روی داده‌ها در مرحله دوم انجام می‌شود و در انتها نیز نتایج درون یک متغیر نگهداری خواهد شد. بعد از آن در قالب داده‌های آموزش[۱۶] و آزمایش[۱۷] همه داده‌ها تفکیک می‌شوند و داده‌های آموزشی توسط یک از روش‌های مختلف آموزش انفیس آموزش می‌بینند و در قالب نمودارهایی تمام خروجی‌های مربوطه مانند خطا، دقت ایجاد شده و میزان بهبود روش پیشنهاد شده را می‌توان مشاهده کرد. روش‌های مختلف آموزش ANFIS شامل روش‌های ترکیبی[۱۸]، گرادیان نزولی[۱۹]، لونبرگ[۲۰]، الگوریتم ژنتیک[۲۱] GA، الگوریتم ازدحام ذرات[۲۲] PSO ، الگوریتم کلونی مورچه[۲۳] ABC، الگوریتم کرم شب تاب[۲۴] FD است.

روش‌های آموزش ANFIS تحت عنوان مروری بر روش‌های آموزش ANFIS برای برنامه‌های کاربردی در تجارت و اقتصاد، توسط توسط صالح و حسین از دانشکده علوم کامپیوتر و فناوری اطلاعات مالزی در سال ۲۰۱۶ بررسی شده است که نتایج تحقیق نشان می‌دهد ANFIS از شبکه‌های عصبی مصنوعی (ANN) و انواع دیگر آن از جمله سیستم‌های استنتاج فازی بهتر عمل کرده است و به طور گسترده در تجارت و اقتصاد استفاده شده است. انفیس در انواع سیستم‌های استنتاج فازی مشهور است، زیرا درک آن آسان، انعطاف و سازگارپذیر است. با این حال هنگامی که تعداد ورودی‌ها افزایش می‌یابد درجه نمایی در تعدادی از نقش‌ها، باعث افزایش پیچیدگی و هزینه محاسباتی می‌گردد. علاوه بر این، دو محور اصلی الگوریتم یادگیری با استفاده از روش جستجوی گرادیان، از نظر محاسباتی گران و کم کارآمد است. برای جلوگیری از اشکالات در الگوریتم یادگیری ترکیبی اولیه ANFIS ، بسیاری از محققان، آموزش انفیس را استفاده از الگوریتم‌های استعاره مانند GA، PSO، ABC، CSO و انواع دیگر آنها انجام دادند که از بین آنها الگوریتم GA دارای دقت بیشتر می‌باشد.

در تحقیق دیگری که توسط ارسلان و همکارانش از دانشگاه مصطفی کمال ترکیه در سال ۲۰۱۷ با عنوان سیستم آموزش ANFIS در تحقیقات انجام دادند، خلاصه نتایج بدست آمده از یک تحقیق به شرح زیر است. در تحقیق فوق نتایج روش الگوریتم ژنتیک تایید شده است.

لذا با توجه ارزیابی‌های انجام شده، در پژوهش حاضر جهت آموزش سیستم استنتاج فازی عصبی انطباقی از الگوریتم ژنتیک استفاده شده است.

سوال پژوهش

سوال اصلی: آیا مدل‌های مبتنی بر ماتریس شبکه و الگوی ترکیبی فازی عصبی با الگوریتم ژنتیک می‌تواند در انتخاب پورتفوی بهینه سرمایه‌گذاری موثر عمل نماید؟

سوال فرعی۱: آیا میانگین بازده سرمایه‌گذاری در سبد سهام انتخاب و بهینه شده بر مبنای مدل شبکه دارای عملکرد بالاتری نسبت به عملکرد شاخص بازار دارد؟

سوال فرعی۲: آیا میانگین بازده سرمایه‌گذاری در سبد سهام انتخاب و بهینه شده بر مبنای مدل الگوی ترکیبی فازی عصبی با الگوریتم ژنتیک دارای عملکرد بالاتری نسبت به عملکرد شاخص بازار دارد؟

سوال فرعی۳: آیا میانگین بازده سرمایه‌گذاری در سبد سهام انتخاب و بهینه شده بر مبنای مدل شبکه و میانگین بازده سرمایه‌گذاری در سبد سهام انتخاب و بهینه شده بر مبنای مدل الگوی ترکیبی فازی عصبی با الگوریتم ژنتیک تفاوت معناداری دارد؟

روش و مراحل انجام پژوهش

شرکت‌های مورد آزمون

جامعه‌آماری این تحقیق شامل کلیه شرکت‌های پذیرفته شده درسازمان بورس و اوراق بهادار می‌باشد.

نمونه آماری با توجه به اعمال محدودیت‌های زیر از بین جامعه آماری انتخاب می‌گردند.

۱- کلیه شرکت‌هایی که تا پایان سال ۱۳۹۱ در بورس اوراق بهادار تهران و فرابورس ایران پذیرفته شده باشند و تا پایان سال ۱۳۹۸ همچنان در فهرست بورس قرار داشته باشند.

۲- سال مالی آن‌ها منتهی به پایان اسفند هر سال باشد.

۳- شرکت‌هایی که ماهیت آن‌ها شرکت‌های سرمایه‌گذاری نباشد. زیرا که قصد نداریم از سبد سهام، سبد سهام جدید تشکیل دهیم.

۴- اطلاعات مالی آن‌ها طی این دوره زمانی ۸ سال موجود باشد و دسترسی لازم به اطلاعات آن‌ها موجود باشد.

انتخاب بازه زمانی

کل مجموعه داده جمع‌آوری شده در این تحقیق شامل ۲۴۲ شرکت در محدوده زمانی ۷ سال (۸۴ ماه) از فروردین ۱۳۹۲ تا اسفند ۱۳۹۸ است. اطلاعات داده‌ها به صورت روزانه استخراج شده است. با توجه به بازده زمانی تجدید سبد سهام به صورت ماهیانه، از بین ۲۴۲ شرکت، فقط شرکت‌هایی برای شبیه‌سازی انتخاب شدند که در هر ماه حداقل یک نمونه داده روزانه وجود داشته باشد. با در نظر گرفتن

این فیلتر، تعداد ۱۰۷ شرکت که در تمامی ۸۴ ماه مورد مطالعه حداقل یک نمونه داده روزانه داشته‌اند، برای شبیه‌سازی در نظر گرفته شد.

انتخاب ورودی‌های مدل

در این مرحله، نیاز به سه دسته ورودی مختلف جهت ایجاد و اجرای مدل می‌باشد. که حاصل آن ۲۷ متغیر به شرح ذیل می‌باشند:

الف- سری زمانی: قیمت پایانی هر سهم در زمان ماه‌های اول تا ششم (t-1 و t-6) که به عنوان ورودی مدل انفیس جهت پیش‌بینی قیمت سهام در ماه هفت به کار می‌رود.

ب- ویژگی‌های بنیادی در ماه t-1 شامل:

۱- شاخص بازار
۲- قیمت سکه
۳- قیمت نفت
۴- قیمت یورو
۵- قیمت طلا
۶- قیمت دلار

ج- ویژگی تکنیکال در ماه t-1 شامل:

۱- بازدهی ماه فعلی
۲- تعداد دفعات معاملات
۳- حجم معاملات
۴- ارزش روز هر سهم
۵- نسبت $\frac{P}{E}$
۶- نسبت $\frac{P}{B}$
۷- ریسک سیستماتیک β
۸- ریسک σ
۹- شاخص قدرت نسبی (RSI)
۱۰- تغییرات شاخص قدرت نسبی
۱۱- میانگین متحرک ساده (SMA)

۱۲- تغییرات میانگین متحرک ساده
۱۳- شاخص واگرایی و همگرایی میانگین متحرک (MACD)
۱۴- تغییرات شاخص واگرایی و همگرایی میانگین متحرک
۱۵- قیمت پیش‌بینی شده ماه هفت

منبع: ورودی محاسبات پژوهش

پیاده‌سازی مدل

تنظیم پورتفوی سهام مبتنی بر الگوی ترکیبی فازی عصبی و الگوریتم ژنتیک

در این روش، از سیستم استنتاج عصبی فازی تطبیقی (ANFIS) برای پیش‌بینی قیمت هر سهم در سطح ماهیانه (پیش‌بینی میانگین قیمت یک ماه آینده هر سهم) استفاده می‌شود. برای آموزش ANFIS از الگوریتم ژنتیک برای تعیین بهینه وزن‌ها و پارامترهای آزاد سیستم استنتاج تاکاگی- سوگنو استفاده می‌شود. از جمله بحث‌های مهم در حین ارزیابی مدلی برای پیش‌بینی سری‌های زمانی معاملات، بحث سنجش عملکرد مدل پیشنهادی بر روی داده‌های معاملات سهام است که به آن پس آزمایی می‌گویند. از آنجایی که در این پیشنهاد از روش یادگیری ماشین هوشمند مبتنی بر سیستم فازی برای مدل‌سازی و تحلیل سری‌های زمانی معاملات سهام استفاده شده است، یکی از راه‌های ارزیابی عملکرد روش‌های یادگیری ماشین، روش تفکیک داده‌ها (معاملات سهام) به نمونه آزمایشی و تست می‌باشد. در این روش تمام معاملات سهام به دو مجموعه آموزشی و مجموعه تست تفکیک می‌شوند مجموعه آموزشی حاوی معاملاتی است که روش مبتنی بر تصمیم‌گیری فازی بر روی آنها آموزش داده می‌شود و برای آماده‌سازی مدل پیشنهادی به‌کار می‌رود و مجموعه تست حاوی معاملاتی است که صرفا برای ارزیابی روش پیشنهادی به‌کار می‌رود و مجموعه تست حاوی معاملاتی است که صرفا برای ارزیابی مدل پیشنهادی آموزش یافته با مجموعه آموزشی به‌کار می‌رود. به عبارتی دیگر روش مبتنی بر سیستم فازی با مجموعه معاملات موجود دربخش‌آموزشی، آموزش داده می‌شود و مجموعه تست با مراجعه به بخش آموزش یافته به تصمیمات سرمایه‌گذاری و پیش‌بینی قیمت سهام می‌پردازد. در این پژوهش برای بهبود تعمیم‌پذیری در فرآیند آموزش از روش K-Fold Cross Validation استفاده می‌شود. روش تقسیم‌بندی مجموعه داده آموزش با استفاده از روش K-Fold Cross Validation در شکل۱ نشان داده شده است. در این روش، هر بار آموزش شبکه بر روی چهار فولد انجام شده و تست آن بر روی فولد باقی مانده صورت می‌پذیرد. این فرآیند K بار تکرار می‌شود تا در نهایت نتیجه شبکه بر روی تمامی داده‌ها حاصل می‌شود.

برای تولید یک نمونه داده برای هر ماه، ورودی‌ها شامل سه دسته ویژگی‌های مختلف هستند:

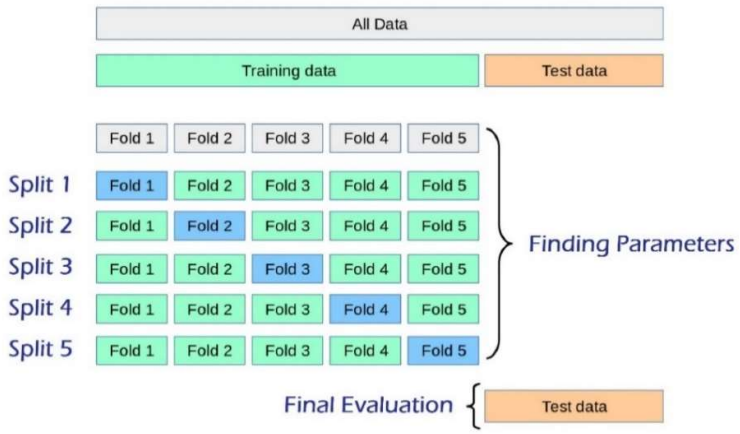
۱) سری زمانی قیمت هر سهم در ۶ ماه اخیر.

۲) ویژگی‌های فنی در ماه اخیر.

۳) ویژگی‌های بنیادی در ماه اخیر.

همچنین، قیمت میانگین سهم در ماه آینده به‌عنوان خروجی در نظر گرفته می‌شوند.

لازم به ذکر است که تعداد کل قوانین فازی در مدل ANFIS برابر با F^N است، که N تعداد ویژگی‌های ورودی و F تعداد قوانین فازی برای فازی‌سازی ورودی‌ها است (که برابر با ۳ در نظر گرفته می‌شود: کم، متوسط و زیاد). بنابراین پیچیدگی‌های محاسباتی ANFIS با افزایش تعداد ویژگی‌های ورودی به صورت نمایی افزایش می‌یابد. از طرفی، در این تحقیق، به منظور بهبود دقت پیش‌بینی، از ویژگی‌های مختلفی شامل سری زمانی قیمت و ویژگی‌های فنی و بنیادی استفاده شده است. بنابراین، به منظور حذف نویز، کاهش پیچیدگی‌های محاسباتی ANFIS و بهبود دقت پیش‌بینی، از الگوریتم تحلیل مولفه‌های اصلی (PCA) به منظور کاهش فضای ویژگی (قبل از آموزش و تست مدل) استفاده می‌کنیم.



شکل۱- روش تقسیم‌بندی مجموعه داده آموزش با استفاده از روش K-Fold Cross Validation

منبع: مدل پژوهش

پس از آموزش ANFIS با استفاده از الگوریتم ژنتیک، تنظیم مجدد پورتفوی سهام در بازه‌های تنظیم مجدد یک ماهه انجام می‌شود.

مراحل کلی تنظیم مجدد پورتفوی برای هر ماه به‌صورت ذیل است:

- پیش‌بینی میانگین ماهیانه قیمت هر سهم با استفاده از تست ANFIS
- محاسبه بازدهی پیش‌بینی ماه آینده هر سهم با مقایسه قیمت پیش‌بینی ماه آینده و قیمت واقعی ماه جاری
- فیلترینگ سهم‌ها برای حضور در پورتفوی: فقط سهم‌هایی که بازدهی پیش‌بینی آن‌ها بزرگ‌تر از بازدهی شاخص بازار در ماه جاری باشد، اجازه حضور در پورتفوی سهام را دارند.
- سرمایه کلی برای ماه آینده بین سهم‌هایی که از فیلترینگ عبور کرده‌اند تقسیم می‌شود، به گونه‌ای که وزن هر سهم در پورتفوی متناسب با بازدهی پیش‌بینی آن سهم در نظر گرفته می‌شود. هرچه بازدهی پیش‌بینی یک سهم بیشتر باشد، وزن بیشتری برای حضور در پورتفوی سهام خواهد داشت.

فرآیند فوق برای تمامی ماه‌ها (۷۸ ماه) تکرار می‌گردد و در هر ماه، تنظیم مجدد پورتفوی مطابق فرایند بالا انجام می‌شود. پس از آن معیارهای مختلف ارزیابی از جمله سود پورتفوی، ریسک پورتفوی، شاخص‌های شارپ، ترینر و بازده تعدیل شده بر حسب ریسک محاسبه می‌گردد.

تنظیم پورتفوی مبتنی بر ماتریس شبکه

در این روش، تنظیم پورتفوی سهام بر اساس ماتریس شبکه ۱ (ارزشی، ارزشی- رشدی، و رشدی)، و یا بر اساس ماتریس شبکه ۲ (تهاجمی، بی‌تفاوت، و تدافعی) قابل تنظیم است.

برای دسته‌بندی شرکت‌ها به شرکت‌های بزرگ، متوسط و کوچک، ابتدا تمام شرکت‌ها بر اساس ارزش بازار شرکت‌ها به‌ترتیب از بیشترین به کمترین مرتب می‌شوند و سپس بر اساس روش چارک، چارک اول به شرکت‌های بزرگ، چارک دوم و سوم به شرکت‌های متوسط و چارک چهارم به شرکت‌های کوچک اختصاص می‌یابد.

برای دسته‌بندی شرکت‌ها به شرکت‌های ارزشی، ارزشی- رشدی و رشدی، ابتدا تمام شرکت‌ها بر اساس نسبت P/E به‌ترتیب از بیشترین به کمترین مرتب می‌شوند و سپس بر اساس روش چارک، چارک اول به شرکت‌های رشدی، چارک دوم و سوم به شرکت‌های ارزشی- رشدی و چارک چهارم به شرکت‌های ارزشی اختصاص می‌یابد.

برای دسته‌بندی شرکت‌ها به شرکت‌های تهاجمی، بی‌تفاوت و تدافعی، از معیار ریسک سیستماتیک (بتا) استفاده می‌شود. شرکت‌هایی که بتای بزرگ‌تر از یک دارند به عنوان شرکت‌های تهاجمی، شرکت‌هایی که بتای حدود یک دارند به عنوان شرکت‌های بی‌تفاوت، و شرکت‌هایی که بتای کوچک‌تر از یک دارند به عنوان شرکت‌های تدافعی در نظر گرفته می‌شوند.

برای تنظیم پورتفوی سهام بر اساس ماتریس شبکه، فرضیه‌های مختلف (مثلا تنظیم پورتفوی فقط بر اساس شرکت‌های ارزشی بزرگ، یا تمام شرکت‌های تهاجمی، یا ...) بررسی می‌شوند. برای تنظیم پورتفوی سهام در هر ماه به ازای هر حالت خاص (مثلا برای تنظیم بر اساس شرکت‌های تهاجمی)، ابتدا ماتریس شبکه برای آن ماه محاسبه می‌شود. سپس کل سرمایه به صورت یکسان (با وزن‌های یکسان) بین تمام شرکت‌های تهاجمی تقسیم می‌شود.

فرآیند فوق برای تمامی ماه‌ها (۷۸ ماه) تکرار می‌گردد و در هر ماه، تنظیم مجدد پورتفوی مطابق فرایند بالا به ازای هر فرضیه مختلف انجام می‌شود. پس از آن معیارهای مختلف ارزیابی از جمله سود پورتفوی، ریسک پورتفوی، شاخص‌های شارپ، ترینر و بازده تعدیل شده بر حسب ریسک برای فرضیه‌های مختلف محاسبه می‌گردد.

روش ترکیبی برای تنظیم پورتفوی مبتنی بر ماتریس شبکه و الگوی عصبی فازی - ژنتیک

در روش تنظیم پورتفوی بر اساس ماتریس شبکه، برای هر فرضیه (مثلا شرکت‌های تهاجمی)، وزن تمام شرکت‌های آن فرضیه (مثلا تمام شرکت‌های تهاجمی) یکسان درنظر گرفته می‌شود. ایراد اصلی این روش این است که بازدهی فعلی و یا بازدهی پیش‌بینی تاثیری در وزن سهم‌های مختلف فرضیه (بین شرکت‌های مختلف تهاجمی) در نظر گرفته نمی‌شود. در روش ترکیبی پیشنهادی، مشابه روش ماتریس شبکه، تنظیم پورتفوی از بین شرکت‌های موجود در فرضیه (شرکت‌های تهاجمی) انجام می‌شود. تفاوت روش ترکیبی پیشنهادی با روش مبتنی بر ماتریس شبکه در دو نکته است:

۱) در روش پیشنهادی فقط شرکت‌هایی که بازدهی پیش‌بینی آن‌ها بیشتر از میانگین بازده فعلی بازار است، اجازه حضور در پورتفوی را دارند.

۲) در روش پیشنهادی وزن هر سهم در بین شرکت‌های موجود در فرضیه (شرکت‌های تهاجمی) متناسب با بازدهی پیش‌بینی ماه آینده آن سهم در نظر گرفته می‌شود.

فرآیند فوق برای تمامی ماه‌ها (۷۸ ماه) تکرار می‌گردد و در هر ماه، تنظیم مجدد پورتفوی مطابق فرایند بالا به ازای هر فرضیه مختلف انجام می‌شود. پس از آن معیارهای مختلف ارزیابی از جمله سود پورتفوی، ریسک پورتفوی، شاخص‌های شارپ، ترینر و بازده تعدیل شده بر حسب ریسک برای فرضیه‌های مختلف محاسبه می‌گردد.

کل این فرایند با استفاده از کدنویسی در برنامه MATLAB و ابزار ANFIS انجام شده است.

نتایج مدل‌های ارزیابی عملکرد پورتفوی

در پژوهش حاضر برای آزمون نرمال بودن داده‌ها از آزمون کالموگروف - اسمیرنف و جارکو - برا استفاده شده است. فرضیه صفر بیان‌گر این است که "توزیع متغیر مورد مطالعه نرمال است" و فرضیه مخالف نشان دهنده نرمال نبودن توزیع است. نرمال بودن دو دسته از اطلاعات پژوهش شامل ذیل بررسی شده است:

- بازده شاخص بورس تهران بر اساس راهبردهای سرمایه‌گذاری
- بازده‌های تعدیل شده بر حسب ریسک ماهیانه راهبردهای سرمایه‌گذاری

از آنجا که هدف اصلی این پژوهش ارائه سبد سهام بهینه با استفاده از تکنیک‌ها و راهبردهای هوشمند است، لذا در این بخش به حل مساله انتخاب سبد سهام می‌پردازیم. به منظور انتخاب یک سبد سهام بهینه، ابتدا تنظیم پورتفوی سهام مبتنی بر الگوی ترکیبی فازی عصبی و الگوریتم ژنتیک می‌پردازیم سپس تنطیم پورتفوی مبتنی بر ماتریس شبکه بر اساس متغیرهای نوین و سنتی تشکیل شده و در نهایت تنظیم پورتفوی بر اساس روش ترکیبی مبتنی بر راهبرد ماتریس شبکه و الگوی عصبی- فازی ژنتیک(ANFIS) انجام خواهدشد. دوره نگهداری پورتفوها یا تنظیم مجدد پورتفوها،۳۰ روزه خواهد بود.

در نهایت به منظور بررسی کارائی مدل تحقیق، بازده حاصل از هریک از سبدها براساس بازده تعدیل شده برحسب ریسک (معیار ریسک نسبی) را با یکدیگر و با بازده بازار (شاخص) مقایسه شده است.

نتایج ارزیابی عملکرد پورتفوی متشکل از سهام مدل الگوی ترکیبی فازی عصبی با الگوریتم ژنتیک، ماتریس شبکه بر اساس برخی از معیارهای ارزیابی عملکرد شامل شاخص شارپ، شاخص ترینر، شاخص جنسن و بازده تعدیل شده بر حسب ریسک، به شرح جدول ذیل می‌باشد. نرخ بازده بدون ریسک ۱۵ درصد در نظرگرفته شده است.

راهبردهای بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری بر اساس مدل پژوهش

در مدل‌سازی پژوهش انجام شده، تعداد ۲۰ راهبرد بهینه‌سازی سبد سهام استخراج شده است که انواع آن و نتایج شاخص‌های ارزیابی عملکرد پورتفوهای تشکیل شده به شرح ذیل می‌باشد:

۱- راهبرد سیستم استنتاجی فازی عصبی انطباقی (ANFIS[۲۵])
۲- راهبرد سیستم استنتاجی فازی عصبی انطباقی (ANFIS) با آموزش الگوریتم ژنتیک (GA[۲۶])
۳- راهبرد ماتریس شبکه[۲۷] - سهام ارزشی[۲۸]
۴- راهبرد ماتریس شبکه - سهام ارزشی و سیستم استنتاجی فازی عصبی انطباقی (ANFIS)

۵- راهبرد ماتریس شبکه - سهام ارزشی و سیستم استنتاجی فازی عصبی انطباقی (ANFIS) با آموزش الگوریتم ژنتیک (GA)

۶- راهبرد ماتریس شبکه و سهام رشدی- ارزشی[۲۹]

۷- راهبرد ماتریس شبکه - سهام رشدی - ارزشی و سیستم استنتاجی فازی عصبی انطباقی (ANFIS)

۸- راهبرد ماتریس شبکه - سهام رشدی - ارزشی و سیستم استنتاجی فازی عصبی انطباقی (ANFIS) با آموزش الگوریتم ژنتیک (GA)

۹- راهبرد ماتریس شبکه - سهام رشدی[۳۰]

۱۰- راهبرد ماتریس شبکه - سهام رشدی و سیستم استنتاجی فازی عصبی انطباقی (ANFIS)

۱۱- راهبرد ماتریس شبکه - سهام رشدی و سیستم استنتاجی فازی عصبی انطباقی (ANFIS) با آموزش الگوریتم ژنتیک (GA)

۱۲- راهبرد ماتریس شبکه - سهام تدافعی[۳۱]

۱۳- راهبرد ماتریس شبکه - سهام تدافعی و سیستم استنتاجی فازی عصبی انطباقی (ANFIS)

۱۴- راهبرد ماتریس شبکه - سهام تدافعی و سیستم استنتاجی فازی عصبی انطباقی (ANFIS) با آموزش الگوریتم ژنتیک (GA)

۱۵- راهبرد ماتریس شبکه - سهام بی تفاوت[۳۲]

۱۶- راهبرد ماتریس شبکه- سهام بی‌تفاوت و سیستم استنتاجی فازی عصبی انطباقی (ANFIS)

۱۷- راهبرد ماتریس شبکه- سهام بی‌تفاوت و سیستم استنتاجی فازی عصبی انطباقی (ANFIS) با آموزش الگوریتم ژنتیک (GA)

۱۸- راهبرد ماتریس شبکه - سهم تهاجمی[۳۳]

۱۹- راهبرد ماتریس شبکه - سهم تهاجمی و سیستم استنتاجی فازی عصبی انطباقی (ANFIS)

۲۰- راهبرد ماتریس شبکه - سهم تهاجمی و سیستم استنتاجی فازی عصبی انطباقی (ANFIS) با آموزش الگوریتم ژنتیک (GA)

علاوه بر راهبردهای فوق، می‌توان شرکت‌ها را بر اساس ارزش بازار آنها به شرکت‌های بزرگ، متوسط و کوچک تقسیم نمود و بر اساس ۲۰ استراتژی اشاره شده، بهینه‌سازی پورتفوی سهام را انجام داد.

منبع: خروجی شبیه‌سازی و بهینه‌سازی

تجزیه و تحلیل داده‌ها و نتایج پژوهش

نتایج نشان می‌دهد که شبکه تطبیقی عصبی فازی الگوریتم ژنتیک (ANFIS) و راهبرد ماتریس شبکه، می‌تواند راهبرد قابل قبول جهت بهینه‌سازی سبد سهام را ارائه دهد. زیرا نتیجه حاصل شده در مقایسه با بازده شاخص بازار، نتایج قابل قبول‌تری را داشته است که در ادامه آنها را بررسی می‌نماییم.

برای اینکه مشخص شود عملکرد پورتفوی مطلوب یا نامطلوب است یا عملکرد ناشی از شانس و اقبال بوده یا تخصص افراد، می‌توان نتایج شاخص‌های ارزیابی عملکرد پورتفوی را با هم مقایسه کرده که در تحقیق فوق با توجه به اینکه شاخص‌های شارپ، ترینر و جنسن، مقدار ریسک سیستماتیک را در نظر گرفته‌اند عملکرد آنها مثبت می‌باشد. در معیار بازده تعدیل شده بر حسب ریسک، بازده شاخص در نظر گرفته می‌شود و بازده پورتفوی با آن مقایسه شده است که در تحقیق حاضر بازده تعدیل شده بر حسب ریسک راهبرد عصبی فازی و ژنتیک بیشتر از همه می‌باشد.

بر اساس معیار شارپ، صرف ریسک بدست آمده توسط پورتفوی، نسبت به ریسکل کل تحمل شده را می‌سنجد و از جمله شاخص‌هایی است که بر مبنای تئوری بازار سرمایه استوار است که هرچه نسبت فوق بیشتر باشد نشان از آن دارد که پورتفوی به ازای ریسک تحمل شده، صرف ریسک بیشتری داشته و عملکرد بهتری از خود را نشان داده است.

در راهبردهای بهینه‌سازی شده بر اساس انفیس، انفیس و الگوریتم ژنتیک، ارزشی، ارزشی و انفیس، ترکیب ارزشی، انفیس و الگوریتم ژنتیک، ارزشی- رشدی و انفیس، ترکیب ارزشی- رشدی، انفیس و الگوریتم ژنتیک، رشدی و انفیس، ترکیب رشدی، انفیس و الگوریتم ژنتیک، تدافعی و انفیس، ترکیب تدافعی، انفیس و الگوریتم ژنتیک، بی‌تفاوت و انفیس، ترکیب بی‌تفاوت، انفیس و الگوریتم ژنتیک، تهاجمی و انفیس، ترکیب تهاجمی، انفیس و الگوریتم ژنتیک، معیار شارپ پورتفوهای تشکیل شده بزرگ‌تر از شیب خط CML است. پس خط تخصیص پورتفوی بالاتر از CML قرار دارد و به ازای کلیه سطوح ریسک این خط تخصیص بازدهی بالاتری را نسبت به CML ارائه می‌نماید، پس پورتفوی عملکرد بهتری نسبت به بازار داشته است. همچنین در پورتفوهای تشکیل شده بر اساس راهبردهای ارزشی- رشدی، رشدی، تدافعی، بی‌تفاوت، تهاجمی، معیار شارپ پورتفوهای تشکیل شده کوچک‌تر از شیب خط CML است پس خط تخصیص پورتفوی پایین‌تر از CML قرار دارد و به ازای کلیه سطوح ریسک این خط تخصیص بازدهی کمتری را نسبت به CML ارائه می‌نماید.

بر اساس معیار ترینر بازده مازاد هر واحد ریسک سیستماتیک تحمل شده را اندازه‌گیری می‌کند. این معیار صرف ریسک به‌دست آمده توسط پورتفوی را نسبت به ریسک سیستماتیک تحمل شده می‌سنجد

و از جمله شاخص‌هایی است که بر مبنای مدل قیمت‌گذاری دارایی‌های سرمایه‌ای استوار است. هر چه نسبت فوق بیشتر باشد نشان از آن دارد که پورتفوی به ازای ریسک سیتماتیک تحمل شده صرف ریسک بیشتری داشته و عملکرد بهتری را از خود نشان می‌دهد و شاخص مبنا برای مقایسه با معیار ترینر، شیب خط SML می‌باشد.

در کلیه راهبردهای بهینه‌سازی شده، معیار ترینر پورتفوی بزرگ‌تر از شیب خط SML است پس خط گذرنده از پورتفوی بالاتر از SML قرار دارد و به ازای کلیه سطوح ریسک سیستماتیک این خط بازدهی بالاتری‌را نسبت بهSML ارائه می‌نماید. پس پورتفوی عملکرد بهتری نسبت به بازار داشته است.

شاخص آلفای جنسن نیز مانند معیار ترینر یکی از مدل‌های ارزیابی عملکرد بر پایه مدل‌های قیمت‌گذاری دارایی‌های سرمایه‌ای است و شاخص ریسک سیستماتیک را مبنایی برای ارزیابی عملکرد پورتفوی قرار می‌دهد. این معیار بازدهی مازاد کسب شده نسبت به شرایط تعادلی (SML) می‌سنجد. هر چه میزان بازدهی کسب شده بیشتر باشد، پورتفوی عملکرد بهتری را نشان می‌دهد. معیار آلفای جنسن مثبت است (α_{J_P}) پس بازدهی تحقق یافته پورتفوی از بازده تعادلی بیشتر بوده و لذا پورتفوی عملکرد بهتری را نسبت به بازار از خود نشان داده است.

در راهبردهای بهینه‌سازی شده، معیار جنسن راهبردهای انفیس و الگوریتم ژنتیک، ارزشی-رشدی و انفیس، ارزشی - رشدی با ترکیب انفیس و الگوریتم ژنتیک بیشتر از پنج و راهبردهای دیگر می‌باشد. در نتیجه عملکرد پورتفوهای فوق بهتر می‌باشد.

بر اساس تحلیل بازده تعدیل شده بر حسب ریسک (معیار ریسک نسبی)، میزان مهارت مدل در جهت کسب بازده مازاد و بیشتر نسبت به بازده بازار را نشان می‌دهد. با توجه به گروه‌بندی‌های انجام شده بر اساس راهبردهای پژوهش معیار ریسک نسبی پورتفوهای تشکیل شده شامل سیستم استنتاج فازی عصبی انطباقی ۱,۱۶۰، سیستم استنتاج فازی عصبی انطباقی با آموزش الگوریتم ژنتیک ۱,۱۴۱، ماتریس شبکه ۰,۲۵۶، ترکیب ماتریس شبکه با سیستم استنتاج فازی عصبی انطباقی ۰,۷۷۹ و ترکیب ماتریس‌شبکه وسیستم استنتاج فازی عصبی انطباقی با آموزش شبکه ۰,۹۰۴ می‌باشد که نشان می‌دهد میزان مهارت‌راهبردسیستم استنتاج‌فازی‌عصبی‌انطباقی بیشترین و راهبردماتریس‌شبکه‌کمترین می‌باشد.

در گام آخر، مرز کارا با استفاده از رویکرد ترکیبی ANFIS به عنوان سنجه ریسک پورتفوی محاسبه و با مرکز کارای مستخرج از رویکرد ANFIS و شاخص بازار مقایسه شد. با توجه به مرز کارای دو مدل، ملاحضه شد که مرز کارای مستخرج از مدل ترکیبی عملکرد بهتری دارد.

لذا با توجه به ۲۰ راهبرد استخراج شده، پس آزمایی و برنامه و منابع مالی سرمایه‌گذاران، می‌توان بهینه‌سازی پورتفوی سرمایه‌گذاری را در جهت رسیدن به بازده و ریسک مناسب انجام داد.

پیشنهادهای اجرایی برگرفته از نتایج پژوهش

با توجه یافته‌های پژوهش حاضر، پیشنهادهای ذیل توصیه می‌شود:

۱- استفاده از الگوی فازی عصبی و ژنتیک (ANFIS) جهت بهینه‌سازی سبد سهام.

۲- استفاده از راهبرد ماتریس شبکه جهت بهینه‌سازی سبد سهام و تعیین استراتژی‌های بهینه‌سازی.

۳- استفاده از راهبرد ترکیبی فازی عصبی با الگوریتم ژنتیک و ماتریس شبکه جهت بهینه‌سازی سبد سهام.

۴- تولید و ارائه نرم‌افزارهای کاربردی جهت تولید و ارائه سبدهای سهام پیشنهادی با توجه به رویکردهای مختلف و ارائه عملکرد آن در گذشته

۵- ارزیابی مستمر بازده، ریسک و بازده تعدیل شده بر حسب ریسک سبد سرمایه‌گذاری‌های

۶- تقسیم‌بندی شرکت‌ها بر اساس ارزش بازار آنها به شرکت‌های بزرگ، کوچک و متوسط و انجام بهینه‌سازی پورتفوی سرمایه‌گذاری.

۷- اجرایی نمودن معاملات الگوریتمی در بازار سرمایه کشور.

منابع

۱) آذر، عادل و مومنی، منصور، (۱۳۸۹)، آمار و کاربرد آن در مدیریت، چاپ شانزدهم، سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه‌ها (سمت).

۲) اسلامی بیدگلی، غلامرضا. (۱۳۸۹). مباحثی در تئوری و مدیریت مالی، تهران؛ انتشارات ترمه.

۳) بشیر خداپرستی، رامین (۱۳۹۷)، کارایی مدل پنج عامل فاما و فرنچ در سهام تهاجمی و تدافعی، راهبرد مدیریت مالی، زمستان ۹۷.

۴) رهنمای رودپشتی و همکاران (۱۳۹۰)، گروه‌بندی پورتفوی سرمایه‌گذاری براساس ماتریس شبکه و مقایسه عملکرد پورتفوهای حاصل از این روش با استفاده از نسبت پتانسیل مطلوب، تحقیقات مالی دانشگاه تهران، شماره ۳۲ ، ۱۳۹۰.

۵) رهنمای رودپشتی و همکاران (۱۳۹۱)، مقایسه عملکرد پورتفوهای حاصل از گروه‌بندی سهام بوسیله مدل شبکه مبتنی بر متغیرهای نوین و سنتی با استفاده از شاخص‌های شارپ و ترینر، فصلنامه علمی و پژوهشی دانش سرمایه‌گذاری، پاییز ۱۳۹۲.

۶) سروش، البرز و همکاران (۱۳۹۵)، بهینه‌سازی سبد سهام با استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی مبتنی بر آموزش و یادگیری در بورس، تحقیقات مالی دانشکده مدیریت دانشگاه تهران، تابستان ۱۳۹۶.

۷) فشاری، مجید و مظاهری‌فر، پویا (۱۳۹۵)، مقایسه الگوریتم‌های پیش‌بینی و بهینه‌سازی پورتفوی در بورس اوراق بهادار تهران، فصلنامه سیاست‌گذاری و پیشرفت اقتصادی دانشگاه الزهرا، شماره ۱۱، تابستان ۱۳۹۵.

۸) مهرگان، محمدرضا و همکاران (۱۳۹۶)، طراحی سیستم استنباط عصبی فازی تطبیقی به منظور بهینه‌سازی مصرف گاز طبیعی ایران، رساله دکتری، دانشگاه تهران.

۹) وکیلی فرد و همکاران، (۱۳۹۳)، ارائه مدل جهت پیش‌بینی ورشکستگی شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از سیستم استنتاج فازی عصبی انطباق‌پذیر (ANFIS)، مجله مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار، شماره ۱۸، بهار ۱۳۹۳.

10) [1] Mustafa Turan Arslan and Derya Arslan, "TRAINING ANFIS SYSTEM WITH GENETIC ALGORITHM", Technological Applied Sciences, 2018.13.4.2A0159.

11) Chen, Z, and Liu, J. Multi-period robust measures and portfolio selection models with regime-switching. Optimization Online Links-Optimization related societies, 2015.

12) DeMiguel, V. and Nogales, F. J. (2009) Portfolio selection with robust estimation. Operations Research 57(3):560-577

13) Fabozzi, F. J. , Huang, D., and Zhou, G. (2010) Robust portfolios: contributions from operations research and _nance. Annals of Operations Research 176(1):191-220.

14) Goldfarb, D. and Iyengar, G. (2003) Robust portfolio selection problems. Mathematics of Operations Research 28(1):1-38.

15) Ledoit, O, and Wolf, M. A well-conditioned estimator for large-dimensional covariance matrices. Journal of Multivariate Analysis, 88:365-411, 2004.

Liu J, Chen Z. Regime-dependent robust risk measures with application in portfolio selection. Procedia Computer Science 31:344-350, 2014.

17) Markowitz, H. (1952) Portfolio selection. Journal of Finance 7(1):77-91

18) Mohd Najib Mohd Salleh and Kashif Hussain, "A Review of Training Methods of ANFIS for Applications in Business and Economics", International Journal of u- and e- Service, Science and Technology Vol.9, No. 7 (2016), pp.165-172.

19) Oh, Kyong Joo; Kim, Tae Yoon; Min, Sung-Hwan; Lee, Hyoung Yong. Portfolio algorithm based on portfolio beta using genetic algorithm. Exper Systems With Applicatins, Volume 30, 2006, 527-534.

یادداشت‌ها:

1- Dang
2- Adaptive neuro-fuzzy inference system
3- Takagi-Sugeno
4- Jang, Shing
5- Inference
6- Universal estimator
7- Jang, Sun, Mizutani
8- Sugeno
9- Crisp
10- Mamdani
11- Fama and French
12- Chen & Zhang
13- Particle Swarm Optimization
14- Shiang-Tai Liu
15- Duality
16- Train
17 -Test
18- Hybrid
19- Gradient Descent
20- Levenberg-Marquardt
21- Genetic Algorithm
22- Particle Swarm Optimization
23- Ant Bee Colony
24- Firefly Algorithm
25 Adaptive-Network-based Fuzzy Inference Systems
26- Genetic Algorithm
27- Grid Analysis
28- Value stocks
29- Value - growth stocks
30- Growth stocks
31- Defensive stocks
32- Ineffective stocks
33- Offensive stocks