



فصلنامه علمی پژوهشی دانش سرمایه‌گذاری
سال سوم / شماره دوازدهم / زمستان ۱۳۹۳

بهینه‌سازی پرتفوی متشکل از سهام صندوق‌های سرمایه‌گذاری مشترک بورس اوراق بهادار تهران با رویکرد الگوریتم ژنتیک

فریدون رهنمای رودپشتی

استاد و عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات و عضو موسس و هیئت مدیره انجمن‌های مهندسی مالی و
حسابداری مدیریت ایران

کاظم چاوشی

استادیار و عضو هیئت علمی دانشگاه علوم اقتصادی تهران
chavoshi@ues.ac.ir

ابراهیم صابر

دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مدیریت مالی دانشگاه علوم اقتصادی تهران
ebrahim.saber14@gmail.com

تاریخ دریافت: ۹۳/۱/۲۷ تاریخ پذیرش: ۹۳/۵/۱۵

چکیده

گسترش و پیچیدگی روزافزون بازارهای مالی، تصمیم‌گیری در خصوص انتخاب نوع دارایی را برای سرمایه‌گذاران دشوار نموده است؛ از سویی بر اساس نظریه مدرن پرتفوی، متنوع سازی سرمایه‌گذاری‌ها می‌تواند منجر به کاهش نوسان‌ها در عین حفظ متوسط بازده گردد. همچنین با توجه به پیچیده شدن و سرعت عوامل تأثیرگذار، تشکیل پرتفوی بهینه با روش‌های سنتی کار دشواری است. هدف این پژوهش بهینه‌سازی پرتفوی متشکل از سهام صندوق‌های سرمایه‌گذاری مشترک با استفاده از الگوریتم ژنتیک و مقایسه آن با روش سنتی می‌باشد و همچنین تأثیر اندازه سبد سرمایه‌گذاری نیز مورد بررسی قرار گرفته است. برای این منظور، داده‌های ۳۰ صندوق سرمایه‌گذاری مشترک فعال در بازار سرمایه ایران در طی سال‌های ۱۳۸۹ الی ۱۳۹۱ گردآوری شده است. نتایج حاکی از آن است که الگوریتم ژنتیک می‌تواند جهت انتخاب سبد متشکل از سهام صندوق‌های مشترک به کار رود و با استفاده از آزمون زوجی مشخص شد که سبدهای تشکیل شده با استفاده از الگوریتم ژنتیک نسبت به روش سنتی مطلوب‌تر می‌باشند. همچنین اندازه سبد تأثیر چندانی بر نتایج نداشته و در تمام سطوح، الگوریتم ژنتیک دارای عملکرد بهتری است. ضمناً هرچه تنوع سبد تشکیل شده بیشتر و بزرگ‌تر باشد، برتری عملکرد الگوریتم ژنتیک بر روش خطی قابل‌ملاحظه‌تر می‌شود.

واژه‌های کلیدی: پرتفوی، صندوق سرمایه‌گذاری مشترک، الگوریتم ژنتیک.

۱- مقدمه

رشد اقتصادی بدون توسعه مالی امکان‌پذیر نیست. توسعه مالی شامل ابزار، مؤسسات و بازارهای مالی است. مؤسسات مالی بخش اساسی بازار مالی را تشکیل می‌دهند. در واقع این مؤسسات زمینه‌ساز رشد ابزار و بازار مالی هستند. همچنین، مؤسسات و ابزارهای مالی، رابطه‌ای مثبت با توسعه و رشد اقتصادی دارند و اغلب، رشد مالی را مقدمه‌ای برای ایجاد جهش در فرآیند توسعه اقتصادی می‌دانند. از این رو برای جذب و مشارکت سرمایه‌گذاران باسلیقه‌های مختلف، طراحی و ارائه طیف وسیعی از ابزارهای مالی ضروری است و باید ابزارهای متناسب با ریسک‌پذیری و ریسک‌گریزی سرمایه‌گذاران ایجاد شود؛ لذا بدیهی است وجود انواع مختلف صندوق‌های سرمایه‌گذاری مشترک با دامنه وسیعی از اهداف سرمایه‌گذاری از محافظه‌کارانه تا جسورانه (متهورانه)، حق انتخاب و انعطاف‌پذیری بالایی به سرمایه‌گذاران می‌دهد که این امر موجب ایجاد انگیزه برای مشارکت سرمایه‌گذاران در بازار سرمایه، تخصیص بهینه منابع مالی و افزایش ثروت خواهد شد.

از دیدگاه کلی نوسان‌های بازده و قیمت سهام تحت تأثیر عوامل سیستماتیک و غیرسیستماتیک بسیاری است و حساسیت هر سهم به این عوامل متفاوت است؛ از این رو یکی از راهکارهای اصلی و مهم پیشنهادی در مباحث مالی، تشکیل سبدی از دارایی‌ها برای حذف نوسان‌های ناشی از عوامل غیرسیستماتیک است؛ در واقع یکی از ابزار مدیریت ریسک برای پرتفوی سرمایه‌گذاری عبارت است از راه‌برد متنوع‌سازی که توسط مارکویتز ارائه شد. مدل مارکویتز بر اساس شاخصه‌های بازده منتظره و ریسک اوراق بهادار و متنوع‌سازی سبد اوراق بهادار بنانهاده شده است که در اصل یک چارچوب نظری برای تحلیل گزینه‌های ریسک و بازده می‌باشد. مارکویتز در فرمول‌بندی معیار ریسک-بازده خود به هدف سرمایه‌گذاری توجه خاص داشت. به نظر وی سرمایه‌گذار عاقل به دنبال سرمایه‌گذاری در طرح‌هایی است که بازدهی بیشتر و ریسک کمتری داشته باشد.

از سویی با توجه به پیچیده شدن و سرعت عوامل تأثیرگذار، تشکیل پرتفوی بهینه با روش‌های سنتی کار دشواری است. رفتار سهام در بازار مانند بسیاری از پدیده‌های طبیعی، رفتاری غیرخطی است. روش‌های خطی از تشخیص صحیح رفتار غیرخطی عاجز بوده و تنها می‌توانند بخش خطی رفتار را خوب تشخیص دهند. بنابراین نیاز به الگوهای غیرخطی برای شناسایی رفتار سهام، تأثیر بسزایی در بررسی آینده سهام و اتخاذ تصمیم مناسب دارد. اخیراً روش‌های ابتکاری جدیدی برای حل این‌گونه مسائل مدنظر قرار گرفته است. یکی از این روش‌ها، الگوریتم ژنتیک^۱ است که به عنوان یک روش جستجوی کارا کاربرد وسیعی یافته است (مدرس و محمدی، ۱۳۸۶).

این مطالعه در تلاش برای ایجاد پرتفوی بهینه از میان سهام صندوق های سرمایه گذاری مشترک با استفاده از الگوریتم ژنتیک است. از دیگر اهداف این پژوهش مقایسه سبدهای تشکیل شده با استفاده از الگوریتم ژنتیک به عنوان روش غیرخطی با روش سنتی است و همچنین در این مقایسه تأثیر اندازه سبد سرمایه گذاری نیز مورد آزمون قرار گرفته است. این امر در راستای کاربرد سایر علوم در مباحث مالی و سرمایه گذاری می باشد و به نوبه ی خود منجر به توسعه نهادها و ابزارهای مالی در کشور شده و نیز گامی در راستای کاهش مشکل تخصیص نامناسب منابع، و بهبود مدیریت و کنترل ریسک پرتفوی است.

۲- مبانی نظری و مروری بر پیشینه پژوهش مسئله انتخاب پرتفوی

برای اولین بار در سال ۱۹۵۲ راه حل مسئله انتخاب پرتفوی بهینه توسط هری مارکوویتز ارائه شد. وی مسئله را به صورت یک برنامه ریزی کوادراتیک باهدف کمینه سازی واریانس پرتفوی با این شرط که بازده مورد انتظار با یک مقدار ثابت برابر باشد، مطرح کرد؛ به عبارت دیگر از لحاظ مبانی نظری، موضوع انتخاب سبد سهام در حالت حداقل نمودن ریسک در صورت ثابت در نظر داشتن بازده، با استفاده از فرمول های ریاضی و از طریق یک معادله درجه دوم قابل حل است (مدرس و محمدی، ۱۳۸۶).

در واقع نظریه های مالی نوین بر اساس مدل انتخاب پرتفوی مارکوویتز پایه ریزی شده اند و بنابراین همه آن ها مبتنی بر فرض وجود رفتار میانگین- واریانس در بازار می باشند (سعیدی و صفدری پور، ۱۳۸۷). بهینه سازی پرتفوی عبارت است از انتخاب بهترین ترکیب از دارایی ها به نحوی که باعث شود تا حد امکان بازده پرتفوی سرمایه گذاری حداکثر و خطرپذیری پرتفوی حداقل شود. ایده اساسی نظریه مدرن پرتفوی این است که اگر در دارایی هایی که به طور کامل با یکدیگر همبستگی ندارند، سرمایه گذاری شود، خطرپذیری آن دارایی ها یکدیگر را خنثی می کنند. در این صورت می توان یک بازده ثابت را با خطرپذیری کمتر به دست آورد. به عبارتی سرمایه گذارانی که نظریه پرتفوی را پذیرفته اند و به کار می برند، بر این باورند که حریف بازار نیستند؛ بنابراین، انواع گوناگونی از اوراق بهادار را نگهداری می کنند تا بازده شان با متوسط بازده بازار برابر شود.

همچنین مارکوویتز مفهوم پرتفوی کارا^۲ را نیز مطرح نمود. سرمایه گذاران منطقی به دنبال پرتفوی کارا هستند؛ زیرا این گونه پرتفوی ها باعث حداکثر شدن بازده مورد انتظار برای سطح معینی از ریسک، یا حداقل ریسک برای سطح معینی از بازده مورد انتظار می شود. بنابراین مطلوبیت سرمایه گذاران، تابعی است از بازده مورد انتظار و ریسک که این دو عامل، پارامترهای اساسی تصمیم های مربوط به

سرمایه‌گذاری هستند (جونز، ۱۳۸۹). بر این اساس نظریه مارکویتز دارای فرضیات اصلی به شرح ذیل می‌باشد:

- ۱) سرمایه‌گذاران ریسک‌گریزند و برای سطح معینی از ریسک، بازده بیشتری را ترجیح می‌دهند و یا با پذیرفتن ریسک کمتر به بازده مشخصی اکتفا می‌کنند.
- ۲) معمولاً بازده اوراق بهادار دارای پراکندگی (توزیع) عادی است. این فرض مهم است، زیرا می‌توان بازده اوراق بهادار را بر اساس میانگین توزیع و ریسک را بر اساس واریانس اوراق بهادار محاسبه نمود.

الگوریتم ژنتیک^۲ و مزایای آن

الگوریتم ژنتیک یکی از روش‌های جستجوی غیرخطی می‌باشد که به صورت تصادفی جهت‌دهی شده جواب مسئله را پیدا می‌کند. این الگوریتم که در دسته الگوریتم‌های آزمون و خطا جای می‌گیرد و اولین بار توسط جان هالند^۴ و همکارانش ارائه شد. از قابلیت‌های الگوریتم ژنتیک تطبیق‌پذیری با تغییرات محیط است. به عبارت دیگر با وجود تغییرات محیطی (مثلاً تغییر مقادیر داده‌ها) می‌توان جواب بهینه را بدون تغییر در جمعیت و یا پارامترها با اجرای الگوریتم در چندین نسل به دست آورد. از این رو برای حل مسائلی که نیاز به بهینه‌سازی متوالی جواب دارند از الگوریتم‌های ژنتیک استفاده می‌شود. مسئله انتخاب بهینه سبد سهام از این نوع مسائل به شمار می‌آید (دهقانی و وفايي، ۱۳۸۷).

از سویی اکثر روش‌های سنتی بهینه‌یابی دارای این اشکال عمده هستند که به محض رسیدن به اولین نقطه‌ی بهینه‌ی موضعی^۵ (محلی) متوقف شده و توانایی خروج از این نقطه و حرکت به سوی نقطه‌ی بهینه مطلق^۶ (کلی) را ندارند (مؤمنی، ۱۳۹۲). همچنین الگوریتم‌های ژنتیک تفاوت‌های اساسی با سایر روش‌های بهینه‌سازی متداول دارند که عبارت است از:

- ۱) الگوریتم‌های ژنتیک با کدی از مجموعه جواب‌ها کار می‌کنند نه با خود جواب‌ها (بر اساس این قابلیت، احتمال دستیابی به جواب‌های کامل و دقیق‌تر نسبت به جواب‌های اولیه در آن وجود خواهد داشت).
- ۲) الگوریتم‌های ژنتیک در جمعیتی از جواب‌ها جستجو می‌کنند، نه در یک جواب منفرد.
- ۳) این الگوریتم‌ها تنها از اطلاعات مورد نیاز تابع هدف استفاده می‌کنند نه از مشتق یا اطلاعات کمکی دیگر.
- ۴) الگوریتم‌های ژنتیک قواعد احتمالی را استفاده می‌نمایند نه قواعد قطعی را (منجمعی و همکاران، ۱۳۸۸).

مروری بر پیشینه پژوهش

لاوز^۷ و همکاران (۲۰۰۰) از الگوریتم ژنتیک و شبکه‌های عصبی مصنوعی برای انتخاب پرتفوی استفاده نمودند و به این نتیجه رسیدند که بازدهی سبد اداره شده حاصل از مدل فوق به میزان زیادی مشابه شاخص بازار و حتی در برخی موارد از آن بیشتر است.

چانگ^۸ و همکاران (۲۰۰۹) به بررسی کارایی الگوریتم ژنتیک برای حل مسئله بهینه‌سازی سبد سهام پرداختند. نتایج آن‌ها حاکی از آن است که سبدهای سرمایه‌گذاری با اندازه کوچک‌تر کارایی بیشتری از اندازه بزرگ‌تر آن خواهند داشت.

تسانگ^۹ و همکاران (۲۰۱۱) به بررسی الگوریتم‌های ژنتیک جهت سرمایه‌گذاری در صندوق‌های سرمایه‌گذاری مشترک با استفاده از شاخص روند جهانی پرداختند. نتیجه آن‌ها نشان‌دهنده این است که این روش نسبت به سایر روش‌های ارزیابی می‌تواند سود بیشتری را نصیب سرمایه‌گذار نماید. از آنجا که در زمینه تشکیل پرتفوی بهینه متشکل از سهام صندوق‌های سرمایه‌گذاری مشترک با استفاده از الگوریتم ژنتیک پژوهشی در ایران انجام نشده است؛ در ادامه به برخی از تحقیقات انجام‌شده در مورد تشکیل پرتفوی بهینه در سهام مختصراً اشاره می‌شود:

مدرس و محمدی (۱۳۸۶) به انتخاب یک سبد سهام از بین سهام شرکت‌های پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از مدل بهینه‌سازی الگوریتم ژنتیک پرداختند. هدف آن‌ها انتخاب یک سبد بهینه بود به طوری که ضمن بیشینه نمودن بازده، ریسک سرمایه‌گذاری را نیز کمینه نماید. نتایج آن‌ها حاکی از وجود برتری قابل توجه بازده سبدهای روش الگوریتم ژنتیک نسبت به بازدهی سبدهای روش مارکویتز و روش تصادفی بود.

رضایی و همکاران (۱۳۹۰) در پژوهشی از الگوریتم ژنتیک برای انتخاب پرتفوی بهینه با اهداف غیرخطی در ۵۰ شرکت برتر بورس اوراق بهادار تهران استفاده کردند. مطابق نتایج آن‌ها اگر چه بازدهی پرتفوی حاصل از الگوریتم ژنتیک کمتر از مدل‌های دیگر است اما کاهش بازده با کاهش میزان ریسک جبران شده و معیارهای تعدیل‌شده بر مبنای ریسک نشان از بهتر بودن جواب حاصل از الگوریتم ژنتیک دارند.

جباری و همکاران (۱۳۹۰) در پژوهشی به ارزیابی عملکرد و انتخاب پرتفوی از صندوق‌های سرمایه‌گذاری مشترک پرداختند. در این راستا ابتدا با استفاده از معیارهای شارپ، ترینر، جنسن عملکرد صندوق‌های سرمایه‌گذاری را ارزیابی نمودند؛ در نهایت نسبت سرمایه‌گذاری در هر صندوق با ارائه مدل برنامه‌ریزی خطی خاکستری برنامه‌ریزی عدد صحیح تعیین شده است.

۳- فرضیه پژوهش

این پژوهش به دنبال پاسخگویی به فرضیه ذیل است:
انتخاب پرتفوی متشکل از سهام صندوق‌های سرمایه‌گذاری مشترک با استفاده از الگوریتم ژنتیک در مقایسه با روش‌های سنتی منجر به بهبود معنی‌داری در عملکرد پرتفوی می‌شود.

۴- روش‌شناسی پژوهش

مطالعه حاضر از لحاظ طبقه‌بندی پژوهش بر مبنای هدف، از نوع پژوهش‌های کاربردی است. از لحاظ طبقه‌بندی پژوهش بر حسب روش، از نوع پژوهش‌های توصیفی می‌باشد و از میان انواع پژوهش‌های توصیفی، از نوع پژوهش‌های پس‌رویدادی است.

جامعه آماری این پژوهش شامل تمامی صندوق‌های سرمایه‌گذاری مشترک پذیرفته‌شده نزد سازمان بورس و اوراق بهادار می‌باشد. با توجه به اینکه صندوق‌های سرمایه‌گذاری مشترک در بازار سرمایه ایران تازه تأسیس بوده و تعدادشان محدود می‌باشد از نمونه‌گیری صرف‌نظر شده است؛ بر این اساس از اطلاعات ماهانه ۳۰ صندوق سرمایه‌گذاری مشترک که قبل از سال ۱۳۸۹ تأسیس شده و داده‌های مورد نیاز آن در طی دوره ۱۳۸۹-۱۳۹۱ در دسترس بوده، استفاده شده است.

داده‌های مورد نیاز این پژوهش نیز از طریق بانک اطلاعاتی سازمان بورس و اوراق بهادار، سایت اختصاصی متعلق به هر صندوق سرمایه‌گذاری مشترک و سایت www.fipiran.com گردآوری شده است. ورودی‌های مورد نیاز برای این پژوهش به شرح ذیل می‌باشند:

۱- بازده مورد انتظار پرتفوی؛ بازده مورد انتظار هر پرتفوی از طریق میانگین وزنی بازده مورد انتظار هر یک از اوراق بهادار محاسبه می‌شود:

$$\bar{r}_p = x_1 \bar{r}_1 + x_2 \bar{r}_2 + \dots + x_n \bar{r}_n = \sum_{i=1}^n x_i \bar{r}_i$$

که در آن: \bar{r}_p بازده مورد انتظار پرتفوی، x_i درصد وجوه قابل سرمایه‌گذاری که در دارایی i سرمایه‌گذاری شده است و مجموع آن برابر ۱۰۰ درصد است، \bar{r}_i بازده مورد انتظار هر یک از دارایی‌ها می‌باشد.

۲- ریسک پرتفوی؛ ریسک توسط انحراف معیار بازده پرتفوی اندازه‌گیری می‌شود. در این قسمت است که اساس نظریه مدرن پرتفوی ظاهر می‌شود، بازده مورد انتظار پرتفوی عبارت است از میانگین وزنی بازده‌های مورد انتظار تک‌تک اوراق بهادار موجود در پرتفوی، درحالی‌که ریسک به تنهایی شامل

میانگین وزنی ریسک تک‌تک اوراق بهادار موجود در پرتفوی نیست و دقیقاً به خاطر همین نابرابری است که سرمایه‌گذاران می‌توانند ریسک پرتفوی را کاهش دهند:

$$\sigma_p^2 = x_1 x_1 \sigma_{11} + x_2 x_2 \sigma_{22} + \dots + x_n x_n \sigma_{nn} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n x_i x_j \sigma_{ij}$$

که در آن: σ_p^2 واریانس بازده پرتفوی و برای محاسبه ریسک از آن جذر گرفته می‌شود، x_i درصد وجوه قابل سرمایه‌گذاری که در دارایی i سرمایه‌گذاری شده است، σ_{ij} کوواریانس بین بازده دارایی‌های i و j .

۳- کوواریانس؛ معیار مطلق برای بیان میزان ارتباط میان بازده‌های هر جفت اوراق بهادار است. کوواریانس میزان تغییرات دو متغیر را در طول زمان نشان می‌دهد (جونز، ۱۳۸۹). در مدل فوق وقتی اوراق بهاداری به پرتفوی اضافه می‌شود، متوسط کوواریانس میان این اوراق بهادار و سایر اوراق بهادار موجود در پرتفوی خیلی مهم تر از ریسک خود اوراق بهادار است:

$$\sigma_{ij} = \sum_{k=1}^n h_k [r_{i,k} - \bar{r}_i] * [r_{j,k} - \bar{r}_j]$$

آنچه مشخص است با ترکیب اوراق بهاداری که همبستگی مثبت آن‌ها کمتر است می‌توان ریسک پرتفوی را کاهش داد. بنابراین هرچه همبستگی مثبت، کوچک‌تر باشد بهتر است؛ و در نهایت مدل کلی مورد استفاده به شرح ذیل می‌باشد:

$$\text{Min} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n x_i x_j \sigma_{ij}$$

$$\text{s. t.} \quad \bar{r}_p = \sum_{i=1}^n x_i \bar{r}_i$$

$$\sum_{i=1}^n x_i = 1$$

$$x_i \geq 0 \quad (i = 1, 2, \dots, n)$$

باید توجه داشت که در این مدل درصد وجوه قابل سرمایه‌گذاری در هر یک از اوراق بهادار تعیین می‌شود. به عبارت دیگر با داشتن ورودی‌های بازده مورد انتظار، انحراف معیار و کوواریانس اوراق بهادار مورد بررسی، وزن تنها متغیری است که برای حل مدل می‌توان آن را تغییر داد. همچنین برای

تشکیل سبدهای بهینه متشکل از سهام صندوق‌های سرمایه‌گذاری مشترک به روش غیرخطی از الگوریتم ژنتیکی با مشخصات ذیل استفاده شده است:

۱- جمعیت اولیه و تابع برازش؛ اندازه جمعیت اولیه معمولاً به وسیله‌ی سعی و خطا مشخص می‌شود. جمعیت اولیه در مطالعه حاضر ۱۰۰ در نظر گرفته شده است. همچنین هدف از الگوریتم طراحی شده در این پژوهش، انتخاب پرتفویی است که علاوه بر دستیابی به بیشترین بازده، دارای کمترین ریسک نیز باشد و از سوی دیگر ضریب همبستگی بین دارایی‌های انتخاب شده نیز در کمترین سطح خود قرار داشته باشد. نبودن همبستگی بین دارایی‌های موجود در یک سبد از نکات مهمی است که لزوم توجه به آن در فرآیند انتخاب، ضروری است. حرکت هم‌جهت سهام با یکدیگر به خصوص در بازارهایی با سطوح کارایی پایین از عواملی است که می‌تواند روند صعودی یا نزولی بازدهی سبد را شدت بخشد. بنابراین لازم است به منظور خنثی کردن این عامل از این شرط به عنوان یکی از قیود مسئله استفاده شود (مدرس و محمدی، ۱۳۸۶).

۲- عملگر انتخاب؛ این عملگر، کروموزوم‌هایی از جمعیت را برای تولیدمثل انتخاب می‌کند. برای عملگر انتخاب از روش چرخه رولت استفاده شده است. در این روش هر چه کروموزوم شایسته‌تر باشد، احتمال انتخاب آن بیشتر خواهد بود.

۳- عملگر تقاطعی؛ عملگر اصلی جهت تولید کروموزوم‌های جدید در الگوریتم ژنتیک، عملگر تقاطعی است. این عملگر مشابه همتای خود در طبیعت، افراد جدیدی تولید می‌نماید که اجزای (ژن-های) آن از والدینش تشکیل می‌شود. به عبارت دیگر این عملگر، دو کروموزوم انتخاب شده را از محلی معین قطع می‌کند و بخش قبل یا بعد از محل تقاطع را باهم عوض می‌کند. نرخ تقاطع استفاده شده در این پژوهش برابر با ۰,۸۰ است.

۴- عملگر جهش؛ جهش یک فرآیند تصادفی است که در آن محتوای یک ژن با ژن دیگر جهت تولید یک ساختار ژنتیک جدید جایگزین می‌شود. به عبارت دیگر این عملگر از بین کروموزوم‌های جمعیت، چند مورد را انتخاب و ارقامی از آن‌ها را به صورت تصادفی تغییر می‌دهد. این عملگر باعث جنبش و حرکت در فضای جستجو و ذخیره اطلاعات از دست رفته جمعیت می‌شود. نرخ جهش برابر با ۰,۱۰ است.

۵- شرط توقف؛ هنگامی است که در ۱۰۰ نسل متوالی بهبودی حاصل نشود.

در ادامه به ارزیابی عملکرد سبدهای بهینه متشکل از سهام صندوق‌های سرمایه‌گذاری مشترک می‌پردازیم؛ به عبارتی آخرین مرحله در فرآیند سرمایه‌گذاری، ارزیابی عملکرد سبد سرمایه‌گذاری است. برای ارزیابی عملکرد سبدهای بهینه از نسبت پاداش به تغییرپذیری (معیار شارپ) استفاده شده است. این نسبت معیاری ترکیبی از عملکرد پرتفوی است که بر پایه نظریه بازار سرمایه استوار می‌باشد. معیار

شارپ از شاخص مبنایی بر اساس خط بازار سرمایه تاریخی، به عنوان معیار ریسک استفاده می‌نماید. این معیار به صورت ذیل تعریف می‌شود (رهنمای رودپشتی و همکاران، ۱۳۹۰):

$$RVAR = SR_p = \frac{\bar{r}_p - \bar{r}_f}{\sigma_p}$$

صورت معادله فوق بازده مازاد پرتفوی یا بازده بالاتر از نرخ بدون ریسک را اندازه‌گیری می‌کند که به آن صرف ریسک نیز گفته می‌شود. همچنین، در مورد معیار شارپ باید موارد ذیل را در نظر داشت:

(۱) $RVAR$ بازده مازاد هر واحد از ریسک کل را اندازه‌گیری می‌کند.

(۲) هر چه میزان $RVAR$ بیشتر باشد عملکرد پرتفوی به همان اندازه بهتر خواهد بود.

نکته دیگری که از نسبت شارپ می‌توان استخراج نمود، به صرفه بودن سرمایه‌گذاری انجام شده در مقایسه با سرمایه‌گذاری بدون ریسک در اوراق مشارکت می‌باشد. بدین معنا که منفی بودن نسبت شارپ نشان می‌دهد که بازده انتظاری مورد نظر از بازده بدون ریسک اوراق مشارکت کمتر بوده و لذا سرمایه‌گذاری مزبور توجه پذیر به نظر نمی‌رسد.

۵- یافته‌های پژوهش

۵-۱- سبدهای بهینه

در پژوهش حاضر به منظور تعیین سبدهای بهینه متشکل از سهام صندوق‌های سرمایه‌گذاری مشترک بر اساس روش خطی و غیرخطی از نرم‌افزار *Matlab* استفاده شده است. برای تعیین سبدهای خطی و غیرخطی به این صورت عمل شده است که در ابتدا سبدهای با تعداد ۳ صندوق سرمایه‌گذاری مشترک به صورت تصادفی انتخاب و سپس سبدهای ۳ سهمی جدید و بدون جایگذاری انتخاب می‌شود و این روال تا جایی ادامه می‌یابد که دیگر نتوان سبدهای ۳ سهمی تشکیل داد و در مرحله بعد سبدهای تصادفی ۴ سهمی و سپس ۵ سهمی و غیره به همین ترتیب تشکیل می‌شود؛ در نهایت تعداد ۶۶ سبدهای تصادفی با اندازه‌های متفاوت و بدون جایگذاری تشکیل شده است. در مرحله انتهایی نیز توسط روش-های خطی و غیرخطی به بهینه‌سازی سبدهای فوق پرداخته و در نهایت برای ارزیابی عملکرد هر یک از سبدهای بهینه از معیار شارپ استفاده می‌شود.

۵-۲- نتایج آزمون فرضیه

در ابتدا متوسط معیار ارزیابی عملکرد سبدهای بهینه برای هر یک از روش‌های خطی و غیرخطی تعیین شده است:

جدول (۱): مقایسه معیار ارزیابی عملکرد (معیار شارپ)

میانگین	سبدهای خطی	سبدهای غیرخطی
	۰,۲۶۹۷	۰,۸۴۷۸

مطابق جدول (۱) مشخص می‌شود که به طور متوسط سبدهای بهینه متشکل از سهام صندوق‌های سرمایه‌گذاری مشترک ایجاد می‌شود توسط الگوریتم ژنتیک دارای عملکرد بهتری نسبت به سبدهای روش سنتی است. حال به منظور تعیین معنی‌دار بودن تفاوت بین میانگین معیار ارزیابی عملکرد شارپ از آزمون زوجی استفاده شده است. این آزمون معمولاً برای پژوهش‌های تجربی و نشان دادن تأثیر یک نوع مداخله^۱ به کار برده می‌شود. آماره t در این آزمون دارای درجه آزادی $n-1$ بوده و از رابطه ذیل محاسبه می‌شود:

$$t = \frac{\bar{d} - \mu_d}{S_{\bar{d}}}$$

$$S_{\bar{d}} = \frac{S_d}{\sqrt{n}}$$

نتایج آزمون مقایسه زوجی به منظور ارزیابی عملکرد سبدهای بهینه تشکیل شده به روش‌های خطی و غیرخطی در جدول (۲) نشان داده شده است:

جدول (۲): آزمون زوجی (سبدهای خطی - سبدهای غیرخطی)

سطح معنی‌داری	درجه آزادی	T آماره	تفاوت جفت				
			اختلاف در فاصله اطمینان ۹۵٪		میانگین خطای استاندارد	انحراف معیار	میانگین
			بالا	پایین			
۰,۰۰۰	۶۵	-۷,۳۱۶	-۰,۴۸۹۵۷	-۰,۸۵۷۲۵	۰,۰۹۲۰۵	۰,۷۴۷۸۳	-۰,۶۷۳۴

مطابق جدول فوق، در سطح اطمینان ۰,۹۵ می توان نتیجه گرفت که مشاهدات دلالت کافی بر تأیید H_0 ندارد و لذا H_1 پذیرفته می شود. در نتیجه فرضیه پژوهش مبنی بر انتخاب پرتفوی متشکل از سهام صندوق های سرمایه گذاری مشترک با استفاده از الگوریتم ژنتیک در مقایسه با روش های سنتی منجر به بهبود معنی داری در عملکرد پرتفوی می شود، تأیید می گردد.

به عبارت دیگر تفاوت معنی داری بین معیار ارزیابی عملکرد (شارپ) سبدهای بهینه تشکیل شده به روش خطی و غیرخطی وجود دارد. همچنین الگوریتم ژنتیک می تواند جهت انتخاب سبد متشکل از سهام صندوق های مشترک به کار رود و سبدهای تشکیل شده با استفاده از الگوریتم ژنتیک نسبت به روش سنتی مطلوب تر است. بنابراین الگوریتم ژنتیک روش مناسبی برای ایجاد پرتفوی بهینه متشکل از سهام صندوق های سرمایه گذاری مشترک است. الگوریتم ژنتیک دارای ویژگی های منحصربه فردی هستند که مورد تأیید پژوهشگران بسیاری بوده است و در قسمت مبانی نظری به برخی از آن ها اشاره شد.

۵-۳- بررسی تأثیر اندازه سبد سرمایه گذاری

اکنون به بررسی تأثیر اندازه سبد متشکل از سهام صندوق های سرمایه گذاری مشترک می پردازیم. در این قسمت سبدهای بهینه تشکیل شده به روش های خطی و غیرخطی را به سبدهای کوچک، متوسط و بزرگ تقسیم نموده و سپس تأثیر اندازه سبد مورد آزمون قرار گرفته است. در این مطالعه سبدهای بهینه با اندازه کوچک شامل سبدهای ۳ سهمی تا سبدهای ۱۰ سهمی و سبدهای متوسط برابر با سبدهای ۱۱ سهمی تا سبدهای ۲۰ سهمی و سبدهای در اندازه بزرگ برابر با سبدهای ۲۱ سهمی و بزرگ تر از آن می باشد. اکنون با استفاده از آزمون زوجی به بررسی عملکرد سبدهای تشکیل شده با استفاده از هر دو روش خطی و غیرخطی در اندازه های مختلف می پردازیم:

جدول (۳): آزمون زوجی (سبدهای خطی کوچک - سبدهای غیرخطی کوچک)

سطح معنی داری	درجه آزادی	آماره T	تفاوت جفت				
			اختلاف در فاصله اطمینان ۹۵٪		میانگین خطای استاندارد	انحراف معیار	میانگین
			پایین	بالا			
۰,۰۰۰	۴۴	-۵,۶۳۲	-۰,۲۷۶۵۹	-۰,۵۸۴۸۷	۰,۰۷۶۴۸	۰,۵۱۳۰۶	-۰,۴۳۰۷۳

جدول (۴): آزمون زوجی (سبدهای خطی متوسط - سبدهای غیرخطی متوسط)

سطح معنی‌داری	درجه آزادی	آماره T	تفاوت جفت				
			اختلاف در فاصله اطمینان ۹۵٪		میانگین خطای استاندارد	انحراف معیار	میانگین
			بالا	پایین			
۰,۰۰۸	۱۲	-۳,۱۸۷	-۰,۲۰۹۹	-۱,۱۱۷۰۴	۰,۲۰۸۱۷	۰,۷۵۰۵۷	-۰,۶۳۴۷

جدول (۵): آزمون زوجی (سبدهای خطی بزرگ - سبدهای غیرخطی بزرگ)

سطح معنی‌داری	درجه آزادی	آماره T	تفاوت جفت				
			اختلاف در فاصله اطمینان ۹۵٪		میانگین خطای استاندارد	انحراف معیار	میانگین
			بالا	پایین			
۰,۰۰۰	۷	-۴۹,۹۹۸	-۱,۹۵۷۴۸	-۲,۱۵۱۸۳	۰,۰۴۱۰۹	۰,۱۱۶۲۳	-۲,۰۵۴۶۵

مطابق جداول ۳، ۴ و ۵، الگوریتم ژنتیک مورد استفاده قابلیت بهینه‌سازی سبدهای در اندازه‌های مختلف را دارا می‌باشد؛ همچنین در انواع سبدهای بهینه کوچک، متوسط و بزرگ، روش الگوریتم ژنتیک تفاوت معنی‌داری با روش سنتی دارد و سبدهای بهینه تشکیل شده توسط روش الگوریتم ژنتیک دارای عملکرد بهتری می‌باشند. ضمناً هرچه تنوع سبد سرمایه‌گذاری بیشتر و بزرگ‌تر باشد، برتری عملکرد الگوریتم ژنتیک بر روش خطی قابل ملاحظه‌تر می‌شود به نحوی که در سبدهای کوچک، میانگین این اختلاف حدود ۴۳٪، در سبدهای متوسط ۶۶٪ و در سبدهای بزرگ این عدد به ۲۰۵٪ می‌رسد.

۶- نتیجه‌گیری و بحث

رفتار پویای سهام در بازار و پیچیدگی‌های خاص بازار سهام از یک سو و توانایی الگوریتم ژنتیک در پدید آوردن ساختارهایی بهینه از سوی دیگر، باعث شده است تلاش‌هایی در جهت مدل‌سازی این الگوریتم در بازارهای مالی و تشکیل سبدهای بهینه صورت گیرد (گرکز و همکاران، ۱۳۸۹). هدف این مطالعه بهینه‌سازی پرتفوی متشکل از سهام صندوق‌های سرمایه‌گذاری مشترک با استفاده از الگوریتم ژنتیک و مقایسه آن با روش سنتی می‌باشد و همچنین تأثیر اندازه سبد سرمایه‌گذاری نیز مورد بررسی قرار گرفته است.

به این منظور ابتدا با استفاده از روش های الگوریتم ژنتیک و روش سنتی مارکویتز تعداد ۶۶ سبد بهینه مجزا و در اندازه های متفاوت تشکیل شد؛ سپس جهت ارزیابی عملکرد سبدهای تشکیل داده شده از معیار شارپ استفاده گردید. نتایج حاکی از آن است که الگوریتم ژنتیک می تواند جهت انتخاب سبد متشکل از سهام صندوق های مشترک به کار رود و با استفاده از آزمون زوجی مشخص شد که سبدهای تشکیل شده با استفاده از الگوریتم ژنتیک نسبت به روش سنتی مطلوب تر است.

بنابراین الگوریتم ژنتیک، روش مناسبی برای ایجاد پرتفوی بهینه متشکل از سهام صندوق های سرمایه گذاری مشترک است. نتیجه فوق با نتایج به دست آمده در پژوهش های مافود و مانی (۱۹۹۶)، لاوز و همکاران (۲۰۰۰)، یانگ (۲۰۰۶)، لین و لیو (۲۰۰۸)، آرانو و آریبا (۲۰۰۹)، چانگ و همکاران (۲۰۰۹)، تسانگ و همکاران (۲۰۱۱) در خارج از کشور و همچنین عبدالعلی زاده (۱۳۸۲)، مدرس و محمدی (۱۳۸۶)، گرکز و همکاران (۱۳۸۹)، رضایی و همکاران (۱۳۹۰) در داخل کشور که در زمینه تشکیل پرتفوی بهینه با استفاده از الگوریتم ژنتیک انجام شده است مطابقت دارد. الگوریتم ژنتیک با نگاه به گذشته و با استفاده از قیاس، به پیش بینی اطلاعات آینده می پردازد و بدین ترتیب اطلاعات تاریخی را در کنار عدم اطمینان موجود در خصوص وقایع آینده، جهت تخمین بازده دارایی مورد استفاده قرار می دهد. این قابلیت به میزان قابل توجه و معنی داری توان تخمین بازده مورد انتظار را بالا می برد و منجر به برتری و کارایی قابل توجه مدل در مقایسه با روش های کلاسیک می گردد (گرکز و همکاران، ۱۳۸۹).

همچنین ایجاد پرتفوی بهینه از میان صندوق های مشترک به نوعی همان کارکردهای یونیت صندوق مشترک چند صندوقی را دارد؛ لذا علی رغم اینکه در بازار سرمایه ایران صندوق چند صندوقی^{۱۱} وجود ندارد؛ لذا سرمایه گذاران علاقمند به سرمایه گذاری در صندوق های فوق، می توانند با ایجاد پرتفویی از صندوق های سرمایه گذاری مشترک به این هدف دست یابند که به نوعی باعث ایجاد ابزار مالی نوینی در بازار سرمایه کشور خواهد شد.

در قسمت انتهایی نیز جهت بررسی تأثیر اندازه سبد سرمایه گذاری، سبدهای بهینه تشکیل شده به روش های خطی و غیرخطی را به سبدهای کوچک، متوسط و بزرگ تقسیم نموده و سپس تأثیر اندازه سبد مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج حاکی از آن است اندازه سبد تأثیر چندانی بر نتایج نداشته و در تمام سطوح، الگوریتم ژنتیک دارای عملکرد بهتری می باشد که این نتیجه مطابق با یافته های گرکز و همکاران (۱۳۸۹) است. ضمناً هرچه تنوع سبد تشکیل شده بیشتر و بزرگ تر باشد، برتری عملکرد الگوریتم ژنتیک بر روش خطی قابل ملاحظه تر می شود. از سویی چانگ و همکاران (۲۰۰۹) به این نتیجه دست یافتند که سبدهای سرمایه گذاری با اندازه کوچک تر کارایی بیشتری از اندازه بزرگ تر آن خواهد داشت.

در کل، نتایج حاکی از کارایی بالای الگوریتم ژنتیک در حل مسئله بهینه‌سازی سبد متشکل از سهام صندوق‌های سرمایه‌گذاری مشترک سهام می‌باشد، به طوری که اندازه سبد تأثیر چندانی بر نتایج پژوهش نداشته است و در تمام سطوح، سبدهای تشکیلی توسط الگوریتم ژنتیک دارای عملکرد بهتری می‌باشند. توانایی بالای الگوریتم ژنتیک در به دست آوردن نقاط بهینه، این اطمینان خاطر را برای سرمایه‌گذار ایجاد می‌نماید که نقطه بهینه به دست آمده، نقطه بهینه اصلی می‌باشد و مسئله در دام نقاط بهینه محلی گرفتار نشده است.

فهرست منابع

- * جباری، رامین؛ صالحی صدقیانی، جمشید؛ امیری، مقصود (۱۳۹۰). "ارزیابی عملکرد و انتخاب پرتفوی از صندوق‌های سرمایه‌گذاری سهام"، مجله پژوهش در عملیات و کاربردهای آن، شماره ۱ (پیاپی ۳۲).
- * جونز، چالز پی (۱۳۸۹). "مدیریت سرمایه‌گذاری"، ترجمه و اقتباس: رضا تهرانی و عسگر نوربخش، انتشارات نگاه دانش.
- * دهقانی، تکتیم؛ وفایی جهان، مجید (۱۳۸۷). "روشی نوین در حل مسئله انتخاب بهینه سبد سهام با استفاده از الگوریتم ژنتیک و تبرید تدریجی"، چهاردهمین کنفرانس ملی سالانه انجمن رایانه ایران.
- * راعی، رضا؛ پویان فر، احمد (۱۳۸۹). "مدیریت سرمایه‌گذاری پیشرفته"، انتشارات سمت.
- * رضایی پندری، عباس؛ آذر، عادل؛ رعیتی شوازی، علیرضا (۱۳۹۰). "به‌کارگیری الگوریتم ژنتیک برای انتخاب پرتفوی بهینه‌ای با اهداف غیرخطی"، فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی ایران، شماره ۴۸.
- * رهنمای رودپشتی، فریدون؛ نیکو مرام، هاشم؛ شاهوردیانی، شادی (۱۳۹۰). "مدیریت مالی راهبردی (ارزش آفرینی)"، نشر حکیم‌باشی.
- * سعیدی، علی؛ صفدری پور، اعظم (۱۳۸۷). "ارزیابی مقایسه‌ای عملکرد معیارهای ریسک نامطلوب و عملکرد معیارهای متعارف ریسک در پیش‌بینی میانگین بازده مازاد سهام (بورس اوراق بهادار تهران)"، فصلنامه بورس اوراق بهادار، شماره ۴.
- * گرکز، منصور؛ عباسی، ابراهیم؛ مقدسی، مطهره (۱۳۸۹). "انتخاب و بهینه‌سازی سبد سهام با استفاده از الگوریتم ژنتیک بر اساس تعاریف متفاوتی از ریسک"، فصلنامه مدیریت صنعتی، شماره ۱۱.

- * مدرس، احمد؛ محمدی استخری، نازنین (۱۳۸۶). "انتخاب یک سید سهام از بین سهام شرکت‌های پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از مدل بهینه‌سازی الگوریتم ژنتیک"، مجله توسعه و سرمایه، شماره ۱.
- * منجمی، سیدامیرحسین؛ ابزری، مهدی؛ رعیتی شوازی، علیرضا (۱۳۸۸). "پیش‌بینی قیمت سهام در بازار بورس اوراق بهادار با استفاده از شبکه‌ی عصبی فازی و الگوریتم‌های ژنتیک و مقایسه‌ی آن با شبکه‌ی عصبی مصنوعی"، فصلنامه اقتصاد مقداری، شماره ۳.
- * مؤمنی، منصور (۱۳۹۲). "مباحث نوین پژوهش در عملیات"، نشر مؤلف.
- * Aranha, c., & Iba, H. (2009). "The Memetic Tree-based Genetic Algorithm and its application to Portfolio Optimization". Springer: Memetic Comp. , pp: 139-151.
- * Chang, T. J., Yang, S. C., & Chang, K. (2009). "Portfolio optimization problems in different risk measures using genetic algorithm". Expert System with Applications , vol.36, pp:10529–10537 .
- * Lazo, J.G.;Maria, M.; Vellasco, R.;Auelio,M.; C.Pacheco. (2000). "A hybrid Genetic-Neural System for portfolio selection and management". Engineering Application of Neural networks. Kingstone upon Thames.
- * Lin, C.-C., & Liu, Y.-T. (2008). "Genetic algorithms for portfolio selection problems with minimum transaction lots". European Journal of Operational Research , vol. 185,pp: 393-404.
- * Mahfoud, S.; G., Mani. (1996). "Financial Forecasting Using Genetic Algorithms, Applied Artificial Intelligence". Taylor & Francis , vol. 10, pp: 543-566.
- * Markowitz, H. (1952). "Portfolio selection". Journal of Finance , pp: 77-91.
- * Tsung, J. T.; Chang, B. Y.; Yung, H. P. (2011). "Genetic algorithms for investment of the mutual fund with global" . Expert Systems with Applications , pp:1697-1701.
- * Yang, X. (2006). "Improving portfolio efficiency: a Genetic Algorithm Approach". Computational Economics , pp: 1-14

یادداشت‌ها

1. Genetic Algorithm
2. Efficient Portfolio
3. Genetic Algorithm
4. Jahn Holland
5. Local
6. Global
7. Lazo
8. Chang
9. Tsung
10. Intervention
11. Multi Fund Funds (Fund Of Funds)