فصلنامــه علمی پژوهشی دانش سرمایه‌گـذاری
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 تشکیل‌شده 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 تشکیل‌شده بیشتر و بزرگ‌تر باشد، برتری عملکرد الگوریتم ژنتیک بر روش خطی قابل‌ملاحظه‌تر می‌شود.

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

Archive of SID
www.SID.ir

۱- مقدمه

رشد اقتصادی بدون توسعه مالی امکان‌پذیر نیست. توسعه مالی شـامل ابـزار، مؤسسـات و بازارهـای مالی است. مؤسسات مالی بخش اساسی بازار مالی را تشکیل می‌دهند. در واقع این مؤسسات زمینه‌سـاز رشد ابزار و بازار مالی هستند. همچنین، مؤسسات و ابزارهای مالی، رابطـه‌ای مثبـت بـا توسـعه و رشـد اقتصادی دارند و اغلب، رشد مالی را مقدمه‌ای برای ایجاد جهش در فرآیند توسعه اقتصادی می‌داننـد. از این رو برای جذب و مشارکت سرمایه‌گذاران باسـلیقه‌هـای مختلـف، طراحـی و ارائـه طیـف وسـیعی از ابزارهای مالی ضروری است و باید ابزارهای متناسب با ریسک‌پذیری و ریسـک گریـزی سـرمایه‌گـذاران ایجاد شود؛ لذا بدیهی است وجود انواع مختلف صندوق‌های سرمایه‌گذاری مشترک بـا دامنـه وسـیعی از اهداف سرمایه‌گذاری از محافظه‌کارانه تا جسورانه (متهورانه)، حق انتخـاب و انعطـاف‌پـذیری بـالایی بـه سرمایه‌گذاران می‌دهد که این امر موجب ایجاد انگیزه برای مشارکت سـرمایه‌گـذاران در بـازار سـرمایه، تخصیص بهینه منابع مالی و افزایش ثروت خواهد شد.

از دیدگاه کلی نوسان‌های بازده و قیمت سهام تحت تأثیر عوامـل سیسـتماتیک و غیرسیسـتماتیک بسیاری است و حساسیت هر سهم به این عوامل متفاوت اسـت؛ از ایـن رو یکـی از راهکارهـای اصـلی و مهم پیشنهادی در مباحث مالی، تشکیل سبدی از دارایی‌ها بـرای حـذف نوسـان‌هـای ناشـی از عوامـل غیرسیستماتیک است؛ در واقع یکی از ابزار مدیریت ریسک برای پرتفوی سرمایه‌گذاری عبـارت اسـت از راهبُرد متنوع سازی که توسط مارکویتز ارائه شد. مدل مارکویتز بر اساس شاخصه‌های بـازده منتظـره و ریسک اوراق بهادار و متنوع سازی سبد اوراق بهادار بنانهاده شده است که در اصل یک چارچوب نظـری برای تحلیل گزینه‌های ریسک و بازده می‌باشد. مارکویتز در فرمول‌بندی معیار ریسک- بـازده خـود بـه هدف سرمایه‌گذاری توجه خاص داشت. به نظـر وی سـرمایه‌گـذار عاقـل بـه دنبـال سـرمایه‌گـذاری در طرح‌هایی است که بازدهی بیشتر و ریسک کمتری داشته باشد.

از سویی با توجه به پیچیده شدن و سرعت عوامل تأثیرگذار، تشـکیل پرتفـوی بهینـه بـا روش‌هـای 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، تـأثیر بسـزایی در بررسـی آینده سهام و اتخاذ تصمیم مناسب دارد. اخیراً روش‌های ابتکاری جدیدی برای حـل ایـن‌گونـه مسـائل مدنظر قرار گرفته است. یکی از این روش‌ها، الگوریتم ژنتیک[1] است که به عنوان یک روش جستجوی کارا کاربرد وسیعی یافته است (مدرس و محمدی، ۱۳۸۶).

Archive of SID
www.SID.ir

این مطالعه در تلاش برای ایجاد پرتفوی بهینه از میان سهام صندوق‌های سرمایه‌گذاری مشترک با استفاده از الگوریتم ژنتیک است. از دیگر اهداف این پژوهش مقایسه سبدهای تشکیل‌شده با استفاده از الگوریتم ژنتیک به عنوان روش غیرخطی با روش سنتی است و همچنین در این مقایسه تأثیر اندازه سبد سرمایه‌گذاری نیز مورد آزمون قرار گرفته است. این امر در راستای کاربرد سایر علوم در مباحث مالی و سرمایه‌گذاری می‌باشد و به نوبه‌ی 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 مارکویتز ارائه شد. وی مسئله را به صورت یک برنامه‌ریزی 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 فرمول‌های ریاضی و از طریق یک معادله درجه دوم قابل حل است (مدرس و محمدی، ۱۳۸۶).

در واقع نظریه‌های مالی نوین بر اساس مدل انتخاب پرتفوی مارکویتز پایه‌ریزی شده‌اند و بنابراین همه آن‌ها مبتنی بر فرض وجود رفتار میانگین- واریانس در بازار می‌باشند (سعیدی و صفدری پور، ۱۳۸۷). بهینه‌سازی پرتفوی عبارت است از انتخاب بهترین ترکیب از دارایی‌ها به نحوی که باعث شود تا حد امکان بازده پرتفوی سرمایه‌گذاری حداکثر و خطرپذیری پرتفوی حداقل شود. ایده اساسی نظریه مدرن پرتفوی این است که اگر در دارایی‌هایی که به طور کامل با یکدیگر همبستگی ندارند، سرمایه‌گذاری شود، خطرپذیری آن دارایی‌ها یکدیگر را خنثی می‌کنند. در این صورت می‌توان یک بازده ثابت را با خطرپذیری کمتر به دست آورد. به عبارتی سرمایه‌گذارانی که نظریه پرتفوی را پذیرفته‌اند و به کار می‌برند، بر این باورند که حریف بازار نیستند؛ بنابراین، انواع گوناگونی از اوراق بهادار را نگهداری می‌کنند تا بازده‌شان با متوسط بازده بازار برابر شود.

همچنین مارکویتز مفهوم پرتفوی کارا[۲] را نیز مطرح نمود. سرمایه‌گذاران منطقی به دنبال پرتفوی کارا هستند؛ زیرا این‌گونه پرتفوی‌ها باعث حداکثر شدن بازده مورد انتظار برای سطح معینی از ریسک، یا حداقل ریسک برای سطح معینی از بازده مورد انتظار می‌شود. بنابراین مطلوبیت سرمایه‌گذاران، تابعی است از بازده مورد انتظار و ریسک که این دو عامل، پارامترهای اساسی تصمیم‌های مربوط به

Archive of SID
www.SID.ir

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

۱) سرمایه‌گذاران ریسک گریزند و برای سطح معینـی از ریسـک، بـازده بیشـتری را تـرجیح 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 اسـت، زیـرا می‌توان بازده اوراق بهادار را بر اساس میانگین توزیع و ریسک را بر اساس واریـانس اوراق بهادار محاسبه نمود.

الگوریتم ژنتیک[۳] و مزایای آن

الگوریتم ژنتیک یکی از روش‌های جستجوی غیرخطی می‌باشد که به صـورت تصـادفی جهـت‌دهـی شده جواب مسئله را پیدا می‌کند. این الگوریتم که در دسته الگوریتم‌های آزمون و خطا جای می‌گیـرد و اولین بار توسط جان هالند[۴] و همکارانش ارائه شد. از قابلیت‌هـای الگـوریتم ژنتیـک تطبیـق‌پـذیری بـا 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 ژنتیـک اسـتفاده مـی‌شـود. مسئله انتخاب بهینه سبد سهام از این نوع مسائل به شمار می‌آید (دهقانی و وفایی، ۱۳۸۷).

از سویی اکثر روش‌های سنتی بهینه‌یابی دارای این اشکال عمده هستند که بـه محـض رسـیدن بـه اولین نقطه‌ی بهینه‌ی موضعی[۵] (محلی) متوقف‌شده و توانایی خـروج از ایـن نقطـه و حرکـت بـه سـوی 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 خـود جـواب‌هـا (بـر اساس این قابلیت، احتمال دستیابی به جواب‌های کامل و دقیق‌تر نسبت به جـواب‌هـای 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 می‌کننـد نـه از مشـتق یـا اطلاعات کمکی دیگر.

۴) الگوریتم‌های ژنتیک قواعد احتمالی را استفاده می‌نمایند نه قواعد قطعی را (منجمعـی و همکاران، ۱۳۸۸).

Archive of SID
www.SID.ir

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 قابل‌توجه 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 در 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 تعیین‌شده است.

Archive of SID
www.SID.ir

۳- فرضیه پژوهش

این پژوهش به دنبال پاسخگویی به فرضیه ذیل است:

انتخاب پرتفوی متشکل از سهام صندوق‌های سرمایه‌گذاری مشترک با اســتفاده از الگـوریتم ژنتیـک 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 پـژوهش‌هـای کـاربردی اسـت. از لحاظ طبقه‌بندی پژوهش بر حسب روش، از نوع پژوهش‌های توصیفی می‌باشد و از میان انواع پـژوهش-های توصیفی، از نوع پژوهش‌های پس رویدادی است.

جامعه آماری این پژوهش شامل تمامی صندوق‌هـای سـرمایه‌گـذاری مشـترک پذیرفتـه‌شـده نـزد سازمان بورس و اوراق بهادار می‌باشد. با توجه به اینکه صندوق‌هـای سـرمایه‌گـذاری مشـترک در بـازار سرمایه ایران تازه تأسیس بوده و تعدادشان محدود می‌باشد از نمونه‌گیری صرف‌نظر شده است؛ بـر ایـن اساس از اطلاعات ماهانه ۳۰ صندوق سرمایه‌گذاری مشترک که قبل از سال ۱۳۸۹ تأسیس‌شده و داده-های مورد نیاز آن در طی دوره ۱۳۸۹-۱۳۹۱در دسترس بوده، استفاده شده است.

داده‌های مورد نیاز این پژوهش نیز از طریق بانک اطلاعـاتی سـازمان بـورس و اوراق بهـادار، سـایت اختصاصی متعلق به هر صندوق سرمایه‌گـذاری مشـترک و سـایت www.fipiran.com گـردآوری شـده است. ورودی‌های مورد نیاز برای این پژوهش به شرح ذیل می‌باشند:

۱- بازده مورد انتظار پرتفوی؛ بازده مورد انتظار هر پرتفوی از طریق میـانگین وزنـی بـازده مـورد انتظار هر یک از اوراق بهادار محاسبه می‌شود:

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

که در آن: $\bar{r}_p$ بازده مورد انتظار پرتفوی، x_i درصد وجوه قابل سرمایه‌گذاری که در دارایی i سرمایه-گذاری شده است و مجموع آن برابر ۱۰۰ درصـد اسـت، $\bar{r}_i$ بـازده مـورد انتظـار هـر یـک از دارایـی‌هـا می‌باشد.

۲- ریسک پرتفوی؛ ریسک توسط انحراف معیار بازده پرتفوی اندازه‌گیری می‌شـود. در ایـن قسـمت است که اساس نظریه مدرن پرتفوی ظاهر می‌شود، بازده مورد انتظار پرتفوی عبـارت اسـت از میـانگین وزنی بازده‌های مورد انتظار تک‌تک اوراق بهادار موجود در پرتفوی، درحالی‌که ریسک به تنهـایی شـامل

Archive of SID
www.SID.ir

میانگین وزنی ریسک تک‌تک اوراق بهادار موجود در پرتفوی نیست و دقیقاً بـه خـاطر همـین نـابرابری است که سرمایه‌گذاران می‌توانند ریسک پرتفوی را کاهش دهند:

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

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

۳-کوواریانس؛ معیار مطلقی برای بیان میزان ارتباط میان بازده‌های هـر جفـت اوراق بهـادار اسـت. کوواریانس میزان تغییرات دو متغیر را در طول زمان نشان می‌دهد (جونز، ۱۳۸۹). در مدل فـوق وقتـی اوراق بهاداری به پرتفوی اضافه می‌شود، متوسط کوواریانس میان این اوراق بهـادار و سـایر اوراق بهـادار 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 ریسـک پرتفوی را کاهش داد. بنابراین هرچه همبستگی مثبت، کوچک‌تر باشد بهتر اسـت؛ و در نهایـت مـدل کلی مورد استفاده به شرح ذیل می‌باشد:

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

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

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

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

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 بـازده مـورد انتظـار، انحـراف معیـار و کوواریـانس اوراق بهادار مورد بررسی، وزن تنها متغیری است که برای حل مدل می‌توان آن را تغییر داد. همچنین بـرای

Archive of SID
www.SID.ir

تشکیل سبدهای بهینه متشکل از سهام صندوق‌های سـرمایه‌گـذاری مشـترک بـه روش غیرخطـی از الگوریتم ژنتیکی با مشخصات ذیل استفاده شده است:

۱- جمعیت اولیه و تابع برازش؛ اندازه جمعیت اولیـه معمـولاً بـه وسـیله‌ی سـعی و خطـا مشـخص می‌شود. جمعیت اولیه در مطالعه حاضر ۱۰۰ در نظر گرفتـه شـده اسـت. همچنـین هـدف از الگـوریتم طراحی‌شده در این پژوهش، انتخاب پرتفویی اسـت کـه عـلاوه بـر دسـتیابی بـه بیشـترین بـازده، دارای کمترین ریسک نیز باشد و از سوی دیگر ضریب همبستگی بین دارایی‌های انتخاب‌شده نیز در کمتـرین سطح خود قرار داشته باشد. نبودن همبستگی بین دارایی‌های موجود در یک سبد از نکات مهمـی اسـت که لزوم توجه به آن در فرآیند انتخاب، ضروری است. حرکت هم‌جهت سهام با یکـدیگر بـه خصـوص 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 عنـوان یکـی از قیـود مسـئله استفاده شود (مدرس و محمدی، ۱۳۸۶).

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

۳- عملگر تقاطعی؛ عملگر اصلی جهت تولیـد کرومـوزوم‌هـای جدیـد در الگـوریتم ژنتیـک، عملگـر تقاطعی است. این عملگر مشابه همتای خود در طبیعت، افراد جدیدی تولید می‌نماید کـه اجـزای (ژن-های) آن از والدینش تشکیل می‌شود. به عبارت دیگر این عملگر، دو کروموزوم انتخاب‌شـده را از محلـی معین قطع می‌کند و بخش قبل یا بعد از محل تقاطع را باهم عوض می‌کند. نرخ تقاطع استفاده‌شـده در این پژوهش برابر با ۰,۸۰ است.

۴- عملگر جهش؛ جهش یک فرآیند تصادفی است که در آن محتـوای یـک ژن بـا ژن دیگـر جهـت تولید یک ساختار ژنتیک جدید جایگزین می‌شود. به عبارت دیگر ایـن عملگـر از بـین کرومـوزوم‌هـای جمعیت، چند مورد را انتخاب و ارقامی از آن‌ها را به صورت تصادفی تغییر می‌دهـد. ایـن عملگـر باعـث جنبش و حرکت در فضای جستجو و ذخیره اطلاعات از دست رفته جمعیت می‌شود. نرخ جهش برابر بـا 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 صـندوق‌هـای سـرمایه‌گـذاری مشـترک 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 شـده اسـت. این نسبت معیاری ترکیبی از عملکرد پرتفوی است که بر پایه نظریه بازار سرمایه استوار می‌باشد. معیـار

Archive of SID
www.SID.ir

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 سبدی با تعداد ۳ صندوق سرمایه‌گذاری مشترک به صورت تصادفی انتخاب و سپس سبدی ۳ سهمی جدید و بدون جایگذاری انتخاب می‌شود و این روال تا جایی ادامه می‌یابد که دیگر نتوان سبدی 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 سبد تصادفی با اندازه‌های متفاوت و بدون جایگذاری تشکیل شده است. در مرحله انتهایی نیز توسط روش‌های خطی و غیرخطی به بهینه‌سازی سبدهای فوق پرداخته و در نهایت برای ارزیابی عملکرد هر یک از سبدهای بهینه از معیار شارپ استفاده می‌شود.

Archive of SID
www.SID.ir

۵-۲- نتایج آزمون فرضیه

در ابتدا متوسط معیار ارزیابی عملکرد سبدهای بهینه برای هـر یـک از روش‌هـای خطـی و غیرخطـی 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 ایجادی توسط الگوریتم ژنتیک دارای عملکرد بهتری نسـبت بـه سـبدهای روش سنتی است. حال به منظور تعیین معنی‌دار بودن تفاوت بین میانگین معیـار ارزیـابی عملکـرد شـارپ از آزمون زوجی استفاده شده است. این آزمون معمولاً برای پژوهش‌های تجربـی و نشـان دادن تـأثیر یـک نوع مداخله[۱۰] به‌کاربرده می‌شود. آماره t در ایـن آزمـون دارای درجـه آزادی $n-1$ بـوده و از رابطـه ذیـل 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 تشـکیل‌شـده بـه روش‌هـای خطی و غیرخطی در جدول (۲) نشان داده شده است:

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

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

Archive of SID
www.SID.ir

مطابق جدول فوق، در سطح اطمینان ۰,۹۵ می‌توان نتیجه گرفت که مشاهدات دلالت کافی بر تأیید *H0* ندارد و لذا *H1* پذیرفته می‌شود. در نتیجه فرضیه پژوهش مبنی بر 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، تأیید می‌گردد.

به عبارت دیگر تفاوت معنی‌داری بین معیار ارزیابی عملکرد (شارپ) سبدهای بهینه تشکیل‌شده به روش خطی و غیرخطی وجود دارد. همچنین الگوریتم ژنتیک می‌تواند جهت انتخاب سبد متشکل از سهام صندوق‌های مشترک به کار رود و سبدهای تشکیل‌شده با استفاده از الگوریتم ژنتیک نسبت به روش سنتی مطلوب‌تر است. بنابراین الگوریتم ژنتیک روش مناسبی برای ایجاد پرتفوی بهینه متشکل از سهام صندوق‌های سرمایه‌گذاری مشترک است. الگوریتم ژنتیک دارای ویژگی‌های منحصربه‌فردی هستند که مورد تأیید پژوهشگران بسیاری بوده است و در قسمت مبانی نظری به برخی از آن‌ها اشاره شد.

۵-۳- بررسی تأثیر اندازه سبد سرمایه‌گذاری

اکنون به بررسی تأثیر اندازه سبد متشکل از سهام صندوق‌های سرمایه‌گذاری مشترک می‌پردازیم. در این قسمت سبدهای بهینه تشکیل‌شده به روش‌های 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 بزرگ‌تر از آن می‌باشد. اکنون با استفاده از آزمون زوجی به بررسی عملکرد سبدهای تشکیل‌شده با استفاده از هر دو روش خطی و غیرخطی در اندازه‌های مختلف می‌پردازیم:

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

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

Archive of SID
www.SID.ir

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

تفاوت جفت					آماره T	درجه آزادی	سطح معنی‌داری
میانگین	انحراف معیار	میانگین خطای استاندارد	اختلاف در فاصله اطمینان ۹۵٪				
			پایین	بالا			
-۰,۶۶۳۴۷	۰,۷۵۰۵۷	۰,۲۰۸۱۷	-۱,۱۱۷۰۴	-۰,۲۰۹۹	-۳,۱۸۷	۱۲	۰,۰۰۸

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

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

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 تشکیل‌شده توسط روش الگوریتم ژنتیک دارای عملکرد بهتری می‌باشند. ضمناً هرچه تنوع سبد سرمایه‌گذاری بیشتر و بزرگ‌تر باشد، برتری عملکرد الگوریتم ژنتیک بر روش خطی قابل‌ملاحظه‌تر 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.

Archive of SID
www.SID.ir

به این منظور ابتدا با استفاده از روش‌های الگوریتم ژنتیک و روش سنتی مارکویتز تعداد ۶۶ سبد بهینه مجزا و در اندازه‌های متفاوت تشکیل شد؛ سپس جهت ارزیابی عملکرد سبدهای تشکیل داده‌شده از معیار شارپ استفاده گردید. 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 تشکیل‌شده با استفاده از الگوریتم ژنتیک نسبت به روش سنتی مطلوب‌تر است.

بنابراین الگوریتم ژنتیک، روش مناسبی برای ایجاد پرتفوی بهینه متشکل از سهام صندوق‌های سرمایه‌گذاری مشترک است. نتیجه فوق با نتایج به دست آمده در پژوهش‌های مافود و مانی (۱۹۹۶)، لاوز و همکاران (۲۰۰۰)، یانگ (۲۰۰۶)، لین و لی‌یو (۲۰۰۸)، آرانا و آیبا (۲۰۰۹)، چانگ و همکاران (۲۰۰۹)، تسانگ و همکاران (۲۰۱۱) در خارج از کشور و همچنین عبدالعلی‌زاده (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 انجام‌شده است مطابقت دارد. الگوریتم ژنتیک با نگاه به گذشته و با استفاده از قیاس، به پیش‌بینی اطلاعات آینده می‌پردازد و بدین ترتیب اطلاعات تاریخی را در کنار عدم اطمینان موجود در خصوص وقایع آینده، جهت تخمین بازده دارایی مورد استفاده قرار می‌دهد. این قابلیت به میزان قابل‌توجه و معنی‌داری توان تخمین بازده مورد انتظار را بالا می‌برد و منجر به برتری و کارایی قابل‌توجه مدل در مقایسه با روش‌های کلاسیک می‌گردد (گرکز و همکاران، ۱۳۸۹).

همچنین ایجاد پرتفوی بهینه از میان صندوق‌های مشترک به نوعی همان کارکردهای یونیت صندوق مشترک چند صندوقی را دارد؛ لذا علیرغم اینکه در بازار سرمایه ایران صندوق چند صندوقی[11] وجود ندارد؛ لذا سرمایه‌گذاران علاقمند به سرمایه‌گذاری در صندوق‌های فوق، می‌توانند با ایجاد پرتفویی از صندوق‌های سرمایه‌گذاری 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 سرمایه‌گذاری، سبدهای بهینه تشکیل‌شده به روش‌های 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 می‌باشد که این نتیجه مطابق با یافته‌های گرکز و همکاران (۱۳۸۹) است. ضمناً هرچه تنوع سبد تشکیل‌شده بیشتر و بزرگ‌تر باشد، برتری عملکرد الگوریتم ژنتیک بر روش خطی قابل‌ملاحظه‌تر می‌شود. از سویی چانگ و همکاران (۲۰۰۹) به این نتیجه دست یافتند که سبدهای سرمایه‌گذاری با اندازه کوچک تر کارایی بیشتری از اندازه بزرگ تر آن خواهد داشت.

Archive of SID
www.SID.ir

در کل، نتایج حاکی از کارایی بالای الگوریتم ژنتیک در حل مسـئله بهینـه‌سـازی سـبد متشـکل 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 بهتـری می‌باشند. توانایی بالای الگوریتم ژنتیک در به دست آوردن نقـاط بهینـه، ایـن اطمینـان خـاطر را بـرای سرمایه‌گذار ایجاد می‌نماید که نقطه بهینه به دست آمده، نقطه بهینه اصـلی مـی‌باشـد و مسـئله 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، تکتم؛ 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.

Archive of SID
www.SID.ir

* مدرس، احمد؛ محمدی استخری، نازنین (۱۳۸۶)."انتخاب یک سبد 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، سید امیرحسین؛ 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)

Archive of SID
www.SID.ir