

انتخاب و بهینه‌سازی سبد سهام با استفاده از روش میانگین واریانس مارکویتز با بهره‌گیری از الگوریتم‌های مختلف

جمال بحری ثالث^۱

عسگر پاک‌مرام^۲

مصطفی ولی‌زاده^۳

تاریخ پذیرش: ۹۵/۰۹/۰۱

تاریخ دریافت: ۹۵/۰۵/۲۹

چکیده

بورس مکانیزمی را فراهم می‌کند تا از طریق آن پس‌اندازهای اندک جامعه به سرمایه‌گذاری‌های کلان اقتصادی تبدیل شود، توسعه متناسب دو بخش اصلی اقتصاد یعنی بخش مالی و واقعی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. کشورهای توسعه یافته همواره بازار پول و سرمایه قدرتمندی داشته و دارند. عدم توسعه مناسب بازار سرمایه به عنوان زیر مجموعه مهمی از بخش مالی علاوه بر ایجاد فشار مضاعف بر سیستم پولی کشور، باعث شده که واحدهای تولیدی و خدماتی از مزایای یک بازار سرمایه فعال و پویا محروم گردند. در پژوهش حاضر، انتخاب و بهینه‌سازی سبد سهام با استفاده از سه الگوریتم، شامل الگوریتم ژنتیک، فرهنگی و ازدحام ذرات و اطلاعات ۱۰۶ شرکت پذیرفته شده بورس اوراق بهادار تهران، در طی دوره زمانی ۱۳۸۶ الی ۱۳۹۳، صورت گرفته است. در این پژوهش برای رسم مرز کارا و تشکیل پرتفوی بهینه، از واریانس به عنوان عامل اصلی خطر پذیری استفاده شده است.

نتایج مطالعه از بررسی تفاوت بین میانگین بازده سرمایه‌گذاری در سبدهای منتخب براساس سه روش نشان از عدم وجود اختلاف معنادار بین سه الگوریتم دارد. از طرفی به منظور مقایسه الگوریتم‌ها و بررسی برتری الگوریتم‌ها، دو روش بهینه‌سازی از دو بعد تابع هدف و نسبت بازده و ریسک مورد مقایسه قرار گرفت. از آنجایی که الگوریتم ازدحام ذرات مقدار تابع هدف کمتری داشته یا به عبارتی با کمترین خطا به بهترین نتیجه رسیده است، نسبت به الگوریتم‌های دیگر بهتر عمل کرده است و نشان دهنده برتری نسبی این الگوریتم در انتخاب سبد سهام بهینه است.

واژه‌های کلیدی: الگوریتم ژنتیک، الگوریتم ازدحام ذرات، الگوریتم فرهنگی، بهینه‌سازی سبد سهام.

۱- استادیار گروه حسابداری، واحد ارومیه، دانشگاه آزاد اسلامی، ارومیه، ایران (نویسنده مسئول) j.bahri@iaurmia.ac.ir

۲- استادیار گروه حسابداری، واحد بناب، دانشگاه آزاد اسلامی، بناب، ایران

۳- کارشناس ارشد حسابداری، واحد مرند، دانشگاه آزاد اسلامی، مرند، ایران

۱- مقدمه

در ایران تاکنون تحقیقات کاملی در این زمینه انجام نشده است. در زمینه انتخاب پرتفوی بهینه با استفاده از سایر الگوریتم‌های تکاملی، عبدالعلی زاده شهیر و عشقی (۱۳۸۲)، تحقیقی را در زمینه بهینه‌سازی پرتفوی بوسیله الگوریتم ژنتیک^۲ انجام دادند. تقوی فرد و همکاران (۱۳۸۶)، نیز با افزودن محدودیت‌های دیگری به الگوی قبلی نشان دادند که با استفاده از الگوریتم ژنتیک می‌توان مرز کارایی را بدست آورد که به مقدار زیادی تخمین زنده مرز کارایی بدست آمده بوسیله روش‌های برنامه‌ریزی ریاضی است. محدودیت‌هایی که آنها به مسأله اضافه کردند، محدودیت عدد صحیح بودن تعداد سهام موجود در پرتفوی و هم‌چنین محدودیت حد بالای اوزان دارایی‌ها بود. راعی و همکاران (۱۳۸۹)، روش جستجوی هارمونی را در جهت یافتن پرتفوی بهینه در ایران ارائه دادند.

این پژوهش ایجاد سبد بهینه از منظر مدل مارکویتز، که باعث پیشرفت بازارهای مالی می‌باشد را بررسی می‌کند. الگوریتم‌ها یکی از روش‌های ابتکاری هستند که می‌تواند مسأله بهینه‌سازی سبد سهام با لحاظ نمودن سطوح متفاوت ریسک را با موفقیت انجام دهند. با استفاده از الگوریتم‌ها می‌توان در عرض چند دقیقه سبد بهینه ایجاد کرد که این موضوع باعث می‌شود که در بازار سرمایه تحول ایجاد شود و به کارایی بازار سرمایه کمک بسزایی خواهد داشت.

۲- مبانی نظری و مروری بر پیشینه پژوهش

در بهینه‌سازی پرتفوی، مسأله اصلی انتخاب بهینه دارایی‌ها و اوراق بهاداری است که با مقدار مشخصی سرمایه می‌توان تهیه کرد. اگرچه کمینه کردن خطر پذیری و پیشینه کردن بازده سرمایه گذاری بنظر ساده می‌رسد، اما در عمل روش‌های متعددی برای تشکیل پرتفوی بهینه بکار گرفته می‌شود. مارکویتز (۱۹۵۲)، نظریه مدرن پرتفوی را به عنوان یک روش کلاسیک بصورت فرمول ریاضی بیان کرد. قبل از مارکویتز سرمایه‌گذاران با مفاهیم ریسک و بازده آشنا بودند.

طی سده اخیر تلاش‌های بسیاری در راستای هدایت سرمایه‌گذاران به نحوه سرمایه‌گذاری مناسب صورت گرفته و مدل‌های بی‌شماری عرضه شده است. مفاهیم بهینه‌سازی سبد سهام و تنوع بخشی به مثابه ابزاری در راستای توسعه و فهم بازارهای مالی و تصمیم‌گیری درآمده اند. از زمانی که مارکویتز مدل خود را منتشر کرد، این مدل تغییرات و بهبودهای فراوانی را در شیوه نگرش مردم به سرمایه‌گذاری و سبد سهام ایجاد کرد و به عنوان ابزاری کارا برای بهینه‌سازی سبد سهام به کار گرفته شد.

اما تئوری پرتفوی مارکویتز، تنها راه حلی برای تخصیص سرمایه بدست می‌دهد. در بازارهای سرمایه که صدها نوع سرمایه مختلف با کیفیت خیلی خوب تا خیلی بد وجود دارد، سرمایه‌گذار با هجوم اطلاعاتی روبرو است که انتخاب را برای وی دشوار می‌نماید. مدل مارکویتز با استفاده از مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی قابل حل می‌باشد، ولی وقتی محدودیت‌های مقادیر وزنی سهام و غیره به آن اضافه می‌شود، فضای جستجوی آن بسیار بزرگ و ناپیوسته می‌گردد، که عملاً استفاده از مدل‌های ریاضی را ناممکن می‌سازد از این‌روست که الگوریتم‌های ژنتیک، شبکه‌های عصبی، الگوریتم مورچگان و... جایگاه ویژه‌ای می‌یابند.

اگر پس اندازه‌های افراد با مکانیسم صحیح به بخش تولید هدایت شوند، علاوه بر بازدهی که برای صاحبان سرمایه به ارمغان می‌آورد، می‌توانند به عنوان مهم‌ترین عامل تأمین سرمایه، برای راه‌اندازی طرحهای اقتصادی جامعه نیز مفید باشند و در صورتی که به جریان‌های ناسالم اقتصادی راه پیدا کنند، آثار نامناسبی را برای جامعه خواهند داشت. بنابر عقیده صاحب نظران، یکی از دلایل توسعه نیافتگی کشورهای در حال توسعه، پایین بودن سطح سرمایه‌گذاری ثابت در این کشورها می‌باشد. از طرفی اهمیت مشارکت فعال سرمایه‌گذاران در بورس اوراق بهادار به حدی است که ماهیت وجود بورس اوراق بهادار به سرمایه‌گذاری افراد وابسته است (شهمیرزادی، ۱۳۸۸).

اوراق بهادار به تعداد مشخص (ضریبی از یک ضریب معاملاتی حداقلی) معامله می‌شوند.

یانگ^۷ (۲۰۰۶)، در تحقیقی با عنوان بهبود کارایی سبد سهام، الگوریتم ژنتیک را در کنار یک سیستم پویای بهینه‌سازی پرتفوی، جهت توسعه کارایی سبد سهام بکار برد. در کنار مدل‌های G-A و M-V، محقق از روش سومی به نام رویکرد بی‌زین^۸ نیز استفاده نموده و یکی از عمومی‌ترین مدل‌هایی است که بحث در نظر گرفتن ریسک برآوردی را در انتخاب پرتفوی مطرح کرده است. یافته‌های تحقیق نشان می‌دهد، که نتایج مدل الگوریتم ژنتیک در مقایسه با دو روش دیگر دارای بازده بالاتر و به طور هم زمان ریسک کمتری می‌باشد.

لین و ژن^۹ (۲۰۰۷)، در تحقیقی یک الگوریتم ژنتیک دو مرحله‌ای را برای حل مسأله بهینه‌سازی سبد سهام چند منظوره بکار بردند. در این پژوهش، عملگر تقاطع^{۱۰} یک نقطه برش، عملگر جهش الحاقی و عملگر انتخاب چرخ رولت^{۱۱} بود. نتایج تحقیق نشان داد اعتبار و کارایی الگوریتم مربوطه در بهینه‌سازی سبد سهام وجود دارد.

فرناندز و گومز^{۱۲} (۲۰۰۷)، الگوی مارکوویتز را با افزودن محدودیت‌های حد بالا و پایین برای متغیرها، اصلاح کردند و الگوی CCMV یا «میانگین-واریانس با مولفه‌های مقید» را به وجود آوردند؛ در حالی که محدودیت مربوط به تعداد دارایی‌ها نیز به مسأله فوق اضافه شد.

لین و لیو^{۱۳} (۲۰۰۸)، مدل مارکوویتز را با محدودیت حداقل نمودن مقدار خرید به سه طریق ارائه نمودند. الگوریتم‌های ژنتیکی که برای حل مسأله انتخاب سهام پیشنهاد می‌شود، بوسیله مدل‌ها فرموله بندی شدند. نتایج مطالعات نهایی نشان داد که الگوریتم ژنتیک برای این مدل‌ها می‌تواند نقطه نزدیک به بهینه در حداقل زمان قابل قبول را بدست آورد. راه‌حل‌های بدست آمده نه تنها قابل اجرا در عمل می‌باشند، بلکه بالاترین کارایی میانگین - واریانس را به نمایش می‌گذارند.

ولی معمولاً نمی‌توانستند آن را اندازه‌گیری کنند. سرمایه‌گذاران از قبل می‌دانستند که ایجاد تنوع مناسب است و نباید «همه تخم مرغ‌هایشان را در یک سبد بگذارند». او بصورت کمی نشان داد که چرا و چگونه تنوع سازی پرتفولیو می‌تواند باعث کاهش ریسک پرتفولیو (مجموعه سرمایه‌گذاری) شود.

الگوی میانگین-واریانس طراحی شده بوسیله وی میانگین بازده مورد انتظار را نشان می‌دهد و واریانس بیانگر خطر پذیری پرتفوی می‌باشد. بعد از الگوی مارکوویتز افراد زیادی سعی در توسعه و اصلاح این الگو داشته‌اند؛ از جمله خود مارکوویتز که بعدها اظهار می‌کند که تحلیل‌های مبتنی بر نیم واریانس نسبت به آن‌هایی که به واریانس متکی هستند؛ سبدهای سهام بهتری ایجاد می‌کنند. رفتار سهام در بازار، مانند بسیاری از پدیده‌های طبیعی، رفتار غیر خطی است. مدل‌های خطی از تشخیص صحیح رفتار غیرخطی عاجز هستند و تنها می‌توانند بخش خطی رفتار را خوب تشخیص دهند. بنابراین، نیاز به الگوها و مدل‌های غیرخطی برای شناسایی رفتار سهام تأثیر بسزایی در پیش‌بینی آتی سهام و اتخاذ تصمیم مناسب دارد.

بنابراین، با توجه به عدم اطمینانی که بر بورس اوراق بهادار حاکم است و هم چنین، در نظر داشتن گرایش‌ها و ترجیحات مختلف سرمایه‌گذاران، یافتن روشی برای انتخاب یک مجموعه مناسب از اوراق بهادار که از طریق آن بتوان بر عدم اطمینان‌ها و ترجیحات مختلف افراد غلبه کرد، ضروری بنظر می‌رسد.

به عقیده کونویامازاکی^۳ (۱۹۹۱)، الگوی میانگین-انحراف مطلق‌ها (MAD) بیانگر خطرپذیری می‌باشد. این الگوها به دلیل عدم توجه به محدودیت‌های کارکردی در بسیاری شرایط پاسخگوی نیازهای سرمایه‌گذاران نمی‌باشند. مانسیری و اسپرنزا^۴ (۱۹۹۹)، در این رابطه خاطر نشان می‌کنند که بیشتر الگوهای انتخاب پرتفوی تقسیم‌پذیری سرمایه‌گذاری را بی‌نهایت فرض می‌کنند؛ درحالی که در دنیای واقعی

محاسبه شده بود را بکار می‌گرفت. آن‌ها نشان دادند که اگر میانگین-واریانس، نیمه واریانس، انحراف مطلق از میانگین و واریانس با انحراف به عنوان مدل‌های محاسبه ریسک به کار گرفته شوند، مسائل بهینه سازی سبد سهام می‌توانند به راحتی با الگوریتم ژنتیک حل شوند.

لئونگ و همکاران^{۱۵} (۲۰۱۲)، در پژوهشی تحت عنوان «بهبود برآورد کاربران دوستانه جهت بهینه‌سازی تئوری پرتفوی مارکویتز و برآورد دقیق با بکارگیری سرمایه گذاری در بازار سهام ایالت متحده» به این نتیجه رسیدند که برآوردهای سنتی درآمدها به طور چشمگیری درآمدها را غیر واقعی (بیشتر از واقعیت) نشان می‌دهند. به ویژه زمانی که از بعد نسبت p بر n بررسی شود و این نسبت بزرگ باشد این نتیجه حاصل می‌شود که برآوردی که مطرح کردیم بهتر از برآوردکننده Bootstrap اصلاح شده عمل می‌کند و هم برای برآورد درآمدها و هم برای تخصیص های مربوط در این زمینه نتایج مطلوب تری را ارائه می‌کند.

هیولینگ و همکاران^{۱۶} (۲۰۱۳)، در پژوهشی تحت عنوان «پرتفوی چند دوره ای مارکویتز بر مبنای میانگین-واریانس با احتمال خروج از وابستگی ایالتی» به بررسی مسائل انتخاب افق زمانی محتمل جهت محاسبه پرتفوی بر مبنای میانگین-واریانس دوره‌های چندگانه پرداخته‌اند. به طوری که فرض می‌شود افق زمانی به طور تصادفی و بر مبنای ریسک دارایی‌های عاید شده ای که بازار تعیین می‌کند، انتخاب شده‌اند. با بررسی مرزهای مؤثر ارائه شده توسط تحلیل‌های اعدادی این موضوع مطالعه شده و عدم وابستگی افق‌زمانی محتمل (غیرقطعی) به معیارهای بازار اثبات می‌شود.

عبدالعلی زاده شهیر و عشقی^{۱۷} (۱۳۸۲)، در پژوهشی تحت عنوان «کاربرد الگوریتم ژنتیک در انتخاب یک مجموعه دارایی از سهام بورس اوراق بهادار» با استفاده از الگوی خاصی از الگوریتم ژنتیک (استفاده از عملکرد تقاطعی دو نقطه برش و عملگر جهشی^{۱۷} معاوضه) به

چانگ و همکاران^{۱۸} (۲۰۰۹) و فرناندز و گومز^{۱۹} (۲۰۰۷)، الگوی اصلاح یافته مارکویتز را با عنوان «مدل میانگین-واریانس با مولفه های محدود» (CCMV) بکار گرفتند. در این پژوهش علاوه بر الگوی «میانگین-واریانس با مولفه های محدود» (CCMV) الگوی «میانگین-نیم واریانس با مولفه های محدود» (CCMSV) نیز مورد بررسی قرار می‌گیرد. تنها تفاوت CCMSV با الگوی CCMV در این است که الگوی CCMSV نیم واریانس را به عنوان سنج خطر پذیری نامطلوب وارد الگو می‌کند.

هاو و لیو^{۲۰} (۲۰۰۹)، در تحقیقی با عنوان «مدل های میانگین-واریانس برای انتخاب سبد سهام با بازده های تصادفی»، الگوریتم ژنتیک را به عنوان ابزار حل مدل های خود بکار گرفتند. این پژوهش در ابتدا فرمول های واریانس را به عنوان متغیر های تصادفی فازی به نمایش گذاشت، سپس این پژوهش، فرمول های واریانس را برای مدل های معرفی شده به گونه ای مورد استفاده قرار داد که مسائل انتخاب سبد سهام اصلی به برنامه ریزی های خطی هم ارز تبدیل شوند. سپس الگوریتم های ژنتیک برای حل مدل ها به کار گرفته شدند. در نهایت نیز دو نمونه عددی برای نشان دادن کارایی روش های معرفی شده به کار رفت.

آرانا و ایبا^{۲۱} (۲۰۰۹)، در تحقیقی با عنوان «الگوریتم ژنتیک درختی و کاربرد آن در بهینه سازی سبد سهام» یک الگوریتم ژنتیک درختی معرفی کردند و سپس برای مسأله بهینه سازی سبد سهام بکار بردند. در این پژوهش سبدهای سهام کوچک تری در سطح معینی از اجرا بدست آمد، به طور کلی این روش شیوه های حل قدیمی را تحت سطوح مختلف ریسک-بازده بهینه می‌نماید.

چانگ و همکارانش^{۲۲} (۲۰۰۹) بر این عقیده بودند که استفاده از برنامه ریزی های ریاضی برای حل مسأله سبد سهام بهترین گزینه می‌باشد. آنها روش فرا ابتکاری را برای حل مسأله بهینه سازی سبد سهام ارائه کردند که در آن الگوریتم ژنتیک، سبدهای سهام مختلف که ریسک آن ها به شیوه های متفاوتی

۳- فرضیه‌های پژوهش

- ۱) بین میانگین بازدهی سرمایه‌گذاری در سبدهای سهام شرکت‌های پذیرفته شده در بورس تهران و بهینه شده بر مبنای مدل میانگین-واریانس و توسط الگوریتم‌های مختلف تفاوت وجود دارد.
- ۲) بین واریانس سرمایه‌گذاری در سبدهای سهام شرکت‌های پذیرفته شده در بورس تهران و بهینه شده بر مبنای مدل میانگین-واریانس و توسط الگوریتم‌های مختلف تفاوت وجود دارد.
- ۳) بین انحراف معیار به میانگین بازدهی سرمایه‌گذاری در سبدهای سهام شرکت‌های پذیرفته شده در بورس تهران و بهینه شده بر مبنای مدل میانگین-واریانس و توسط الگوریتم‌های مختلف تفاوت وجود دارد.

۴- روش‌شناسی پژوهش

پژوهش حاضر بر حسب هدف یا نتیجه، پژوهش کاربردی است، برای گردآوری اطلاعات آن بخش از داده‌های تحقیق که مربوط به مبنای نظری تحقیق می‌باشد از مقالات و مجلات تخصصی فارسی و لاتین استفاده شده است و برای بخش دیگر پژوهش یعنی داده‌های مورد نیاز برای طراحی و آزمون مدل مورد نظر نیز به آرشیو معاملات موجود در سایت بورس اوراق بهادار تهران مراجعه شده است. همچنین بر حسب نوع داده‌ها، پژوهش کمی و آرشیوی و جهت آن پس رویدادی است.

۵- مدل پژوهش و نحوه اجرای آن

در این قسمت به نحوه طراحی و پیاده‌سازی الگوریتم ژنتیک، الگوریتم ازدحام ذرات و الگوریتم فرهنگی پرداخته شده است. فرایندی در روش پیشنهادی وجود دارد که به ترتیب عبارت است از؛ انتخاب داده‌ها، پاک‌سازی و آماده‌سازی داده‌ها، تعیین تابع هدف، انتخاب سبد سهام براساس الگوریتم

انتخاب مجموعه‌ای از دارایی از بین سهام گوناگون پرداخته‌اند. نتایج بدست آمده بیانگر کارایی آن است. در این الگو به منظور سنجش ریسک دارایی، بازده سالانه سهام مذکور به کار رفته است. خالوزاده و امیری (۱۳۸۴)، در تحقیقی تحت عنوان «تعیین سبد بهینه در بازار بورس ایران براساس نظریه ارزش در معرض ریسک» به توسعه روش‌های مدیریت ریسک براساس نظریه ارزش در معرض ریسک توجه نموده است. نتایج بدست آمده نشان‌گر کارایی روش مدل‌سازی ریسک بازار بر مبنای نظریه ارزش در معرض ریسک و روش بهینه‌سازی الگوریتم‌های ژنتیک در بدست آوردن وزن‌های بهینه سبد سهام با در نظر گرفتن محدودیت بر روی ریسک است. در بدست آوردن وزن‌های بهینه سبد سهام با در نظر گرفتن محدودیت بر روی ریسک است.

راعی و همکاران (۱۳۸۹)، از روش جستجوی هارمونی در جهت بهینه‌سازی مقید پرتفوی سهام استفاده کردند. این الگوریتم با الهام از فرایند بهبود و تکامل هارمونی بوسیله مجموعه نوازندگان موسیقی جهت حل مسائل بهینه‌سازی به وجود آمده است. نتایج این پژوهش نشان داد که روش جستجوی هارمونی در بهینه‌سازی مقید پرتفوی سهام، موفق عمل می‌کند و در یافتن جواب‌های بهینه در تمامی سطوح خطر پذیری و بازده از دقت قابل قبولی برخوردار است.

گرکز و همکاران (۱۳۸۹)، بهینه‌سازی سبد سهام را براساس تعریف متفاوتی از ریسک انجام دادند و برای کارآمدتر شدن، برخی از محدودیت‌های جهان واقعی را به الگوریتم‌های طراحی شده افزودند. با توجه به نتایج حاصله مشخص گردید که هیچ تفاوت معناداری در بکارگیری دو مدل (مدل میانگین-واریانس و مدل میانگین-نیمه واریانس) وجود ندارد. نتایج نشان داد که با استفاده از الگوریتم‌های ژنتیک طراحی شده، سرمایه‌گذاران قادر خواهند بود یک سبد سهام بهینه انتخاب نمایند.

$Y_i =$ مقادیر ورودی نرمال شده توسط معادله
 $y_i =$ مقادیر اصلی ورودی
 $y_{\min} =$ کوچکترین مقدار ورودی
 $y_{\max} =$ بزرگترین مقدار ورودی
 $h_i =$ مقدار بالا در فاصله نرمالیزه کردن که در اینجا برابر ۱+ می‌باشد.
 $L_i =$ مقدار بالا در فاصله نرمالیزه کردن که در اینجا برابر ۱- می‌باشد.

۵-۴- تعیین تابع هدف

مدل مارکویتز دارای داده‌ها یا ورودی‌هایی است که عبارت‌اند از:

- (۱) بازده مورد انتظار هر سهم؛
 - (۲) انحراف معیار بازده مورد انتظار به عنوان معیاری برای تعیین ریسک هر سهم؛ و
 - (۳) کوواریانس، به عنوان معیاری که همسویی بین بازده سهم‌های مختلف را نشان می‌دهد.
- مدل مارکویتز براساس شاخصه‌های بازده منتظره و ریسک اوراق بهادار و متنوع‌سازی سبد اوراق بهادار بنا نهاده شده بود که در اصل یک چارچوب نظری برای تحلیل گزینه‌های ریسک و بازده است. براساس نظریه وی، سبد سرمایه‌گذاری کارا سببی است که در سطحی معین از ریسک، دارای بیشترین بازده یا کمترین ریسک به ازای سطح معینی از بازده باشد. مارکویتز در فرمول بندی معیار «ریسک-بازده» خود به هدف سرمایه‌گذاری توجه خاص داشت. بنظر وی سرمایه‌گذار عاقل به دنبال سرمایه‌گذاری در طرح‌هایی است که بازدهی بیشتر و ریسک کمتری داشته باشند. وی ریسک سرمایه‌گذاری را تنها در انحراف معیار جستجو نمی‌کرد (کیانی هرچگانی و همکاران، ۱۳۹۳).

روش میانگین-نیمه واریانس استاندارد مارکویتز برای انتخاب سبد سهام اقدام به رهگیری یک مرز، منحنی پیوسته‌ای است که مبادله میان بازده و ریسک سبد سهام را نشان می‌دهد. به طور خلاصه مدل

ژنتیک، الگوریتم ازدحام ذرات و الگوریتم فرهنگی و بررسی معنادار بودن فرضیه‌ها.

برای پیاده‌سازی الگوریتم‌ها از نرم افزار Matlab نسخه ۷,۶ استفاده شد. همچنین، برای آزمون فرضیه‌های پژوهش نیز از نرم افزار SPSS19 استفاده شده است.

۵-۱- انتخاب داده‌ها

مرحله اول انتخاب داده‌ها است. داده‌های مالی شرکت ۱۰۶ مختلف با دو عامل ریسک و بازده برای ۸ سال متوالی از سال ۸۶ تا ۹۳ که از طریق نرم افزار ره‌آورد نوین و سایت‌های مختلف سازمان بورس اوراق بهادار تهران گردآوری شدند.

۵-۲- پاک‌سازی و آماده‌سازی داده‌ها

مرحله دوم پاک‌سازی و آماده‌سازی داده است. در این مرحله داده‌هایی که متغیرهای مستقل آن‌ها به دلیل ناقص بودن اطلاعات وجود ندارد و یا قابل محاسبه نبودند، حذف می‌گردند.

۵-۳- نرمال‌سازی داده‌ها جهت بکارگیری در

مدل

اصولاً وارد کردن داده‌ها بصورت خام باعث کاهش سرعت و دقت الگوریتم می‌شود. برای اجتناب از چنین شرایطی و هم چنین، به منظور یکسان نمودن ارزش داده‌ها، قبل از آزمون، داده‌های ورودی به آن بایستی استاندارد (نرمال) شوند، یعنی همه داده‌ها بین ۱ و ۱- معادل سازی شوند. در این تحقیق داده‌ها قبل از آزمون مدل‌ها نرمال شد و سپس به وسیله نرم افزار متلب، الگوریتم مورد بررسی قرار گرفت.

رابطه (۱)

$$Y_i = \frac{y_i - y_{\min}}{y_{\max} - y_{\min}} (h_i - L_i) + L_i$$

که در آن؛

اما محدودیت اصلی و نقطه ضعف این روش، ناتوانی در بهینه‌سازی مسأله انتخاب سبد سهام مقید، تحت محدودیت‌های عدد صحیح می‌باشد. محدودیت عدد صحیح بصورت رابطه ۴ به مدل اضافه می‌شود:

رابطه (۴)

$$\sum_{i=1}^n Z_i = k$$

بر اساس این محدودیت اگر در سهم i سرمایه‌گذاری شود، مقدار Z_i برابر یک و چنانچه در این سهم سرمایه‌گذاری نشود، مقدار Z_i برابر صفر می‌باشد. در این فرمول k تعداد سهامی است که سرمایه‌گذار مایل است در سبد خود داشته باشد و در آن‌ها سرمایه‌گذاری نماید.

رابطه (۵)

$$\text{Max} Z = \lambda \sum_{i=1}^n w_i \mu_i - (1-\lambda) \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_i w_j \sigma_{ij}$$

Subject to :

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

$$\sum_{i=1}^n Z_i = k$$

$$w_i \geq 0 \quad (i = 1, 2, 3, \dots, n)$$

$$Z_i \in \{0, 1\}$$

چنانچه مشاهده می‌شود، ورود این محدودیت، فضای پیوسته جستجو را به یک فضای گسسته و غیرخطی تبدیل می‌نماید و در نهایت مدل زیر استخراج می‌شود:

رابطه (۶)

$$\text{Max} Z = \lambda \sum_{i=1}^n w_i \mu_i - (1-\lambda) \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_i w_j \sigma_{ij}$$

Subject to :

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

$$\sum_{i=1}^n Z_i = k$$

$$w_i \geq 0 \quad (i = 1, 2, 3, \dots, n)$$

$$Z_i \in \{0, 1\}$$

بهینه‌سازی مارکوویتز بصورت زیر در رابطه شماره ۲ ارائه می‌شود:

رابطه (۲)

$$\text{Min} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n X_i X_j \sigma_{ij}$$

Subject to :

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

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

$$x_i \geq 0 \quad (i = 1, 2, 3, \dots, n)$$

به طوری که R بازده مطلوب سرمایه‌گذار باشد و به ازای R ‌های مختلف مدل فوق حل شود و جواب بدست آمده از تابع هدف، که در حقیقت ریسک می‌باشد در نموداری به همراه R ‌های معادل ترسیم شود، آنگاه شکل مرز کارا نامیده می‌شود. در مدل فوق σ_{ij} کوواریانس سهام i و j و μ_i و μ_j میانگین بازده سهم i و همچنین R سطح خاصی از بازده را نشان می‌دهد.

در این تحقیق با هدف نزدیک کردن این مدل به بازار واقعی و کاربردی‌تر کردن این مدل، و در نهایت هدایت سرمایه‌گذاران بازار سهام به سمت انتخابی مطمئن‌تر به توسعه و حل این مدل پرداخته شد. با وارد کردن ضریب λ در تابع هدف تلاش شد تا هر دو معیار ریسک و بازده در تابع هدف گنجانده شود و ضمن کمینه نمودن ریسک به بیشینه نمودن بازده پرداخته شود. در حقیقت λ تنها یک پارامتر وزن دهی است که مقدار آن در بازه $[0, 1]$ تغییر می‌کند و توسط آن میزان ارزش‌دهی سرمایه‌گذار به ریسک یا بازده اعمال می‌گردد. از این رو، مدل ارائه شده بصورت رابطه شماره ۳ بازنویسی می‌شود:

رابطه (۳)

$$\text{Max} Z = \lambda \sum_{i=1}^n w_i \mu_i - (1-\lambda) \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_i w_j \sigma_{ij}$$

Subject to :

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

$$w_i \geq 0 \quad (i = 1, 2, 3, \dots, N)$$

۵-۶- بهینه‌سازی سبب سهام براساس الگوریتم ژنتیک

به کمک نرم افزار Matlab و جعبه ابزار تعبیه شده در آن و با استفاده از الگوریتم ژنتیک به انتخاب سبب سهام بهینه پرداخته شد. همان طور که بیان شد از جمعیت اولیه^{۱۸} به تعداد ۱۰۰۰ کروموزوم^{۱۹} استفاده می‌گردد که تا حداکثر ۱۰۰۰ نسل الگوریتم روی آن‌ها اجرا می‌شود. در هر نسل ۸۰ درصد کروموزوم‌ها برای تقاطع انتخاب می‌شوند و از عملگر تقاطع تک نقطه‌ای استفاده شد و بر روی بقیه عملگر جهش انجام می‌شود. در مرحله انتخاب تعدادی از کروموزوم‌های فعلی برای تولید کروموزوم‌های جدید انتخاب می‌شوند. اغلب این انتخاب براساس تابع ارزیابی صورت می‌گیرد. به طوری که کروموزوم‌هایی که به جواب اصلی مسأله نزدیک‌تر باشند با احتمال بیشتری انتخاب می‌شوند. در این تحقیق از روش چرخ گردون استفاده شده است.

نگاره ۱- پارامترهای الگوریتم ژنتیک

جمعیت اولیه	کروموزوم ۱۰۰۰
شرط توقف	بهترین کروموزوم‌ها پس از ۳۰ بار اجرای الگوریتم تغییر نکنند
شرط توقف	الگوریتم به تعداد ۱۰۰۰ بار تکرار شود
تعداد جمعیت اصلی	۱۰۰
درصد تقاطع	۰,۸
درصد جهش	۰,۲
روش انتخاب	Roulette Wheel Selection

ماخذ: یافته‌های پژوهش

۶- نتایج پژوهش

نتایج حاصل از اجرای الگوریتم بعد از تعداد تکرار ۱۰۰۰ نسل، باعث همگرایی مناسب شد و نمودار ۱ ارائه شده در فایل پیوست مسیر پیموده شده توسط تابع ارزیابی برای رسیدن به نقطه‌ی بهینه را توسط الگوریتم ژنتیک نمایش می‌دهد.

به منظور آزمون ثبات الگوریتم ژنتیک این الگوریتم ۵ بار تکرار می‌گردد تا این اطمینان حاصل گردد بعد از انجام تکرار آزمون جواب‌های تقریباً

یکسانی استخراج می‌گردد. نتایج حاصل از این ۵ تکرار (نمودار ۱ پیوست) گویای تفاوت ناچیزی میان جواب‌های حاصل از ۵ تکرار می‌باشد.

نگاره ۲، پرتفوی منتخب الگوریتم ژنتیک را نشان می‌دهد. اعداد نگاره اولاً بیانگر سهامی است که باید در پرتفوی انتخاب شود و ثانیاً مقدار هر سهم در پورتفوی را نشان می‌دهد. در این مطالعه سبب سهام بهینه براساس ریسک و بازده سهم‌های مختلف و تأثیر آن بر تابع هدف انتخاب شده است. نتایج الگوریتم ژنتیک در انتخاب سبب سهام بهینه، براساس اطلاعات بازده در فایل پیوست ارائه شده است.

۶-۱- بهینه‌سازی سبب سهام براساس الگوریتم ازدحام ذرات

در این مطالعه هر ذره نمایانگر یک سبب سهام است و ذرات با بهترین موقعیت، مرز کارای سرمایه‌گذاری را شکل می‌دهند. جمعیت اولیه به تعداد ۲۰ ذره در نظر گرفته شد و الگوریتم بعد از حداکثر ۱۰۰۰ بار تکرار متوقف می‌شود. در هر تکرار بهترین موقعیت مربوط به هر ذره و بهترین موقعیت همسایگی در جمعیت در صورتی که تغییری در مقادیر برازش مشاهده شود، به هنگام می‌شود. اهمیت مربوط به بهترین وضعیت شخصی و وضعیت جمعی ۲ در نظر گرفته شد. تابع تکثیر ذرات برای افزایش سرعت تکثیر Repmat استفاده شد. اما برخلاف PSO، GA هیچ عملگر تکاملی همانند جهش و تزویج ندارد. در هر تکرار بهترین موقعیت مربوط به هر ذره و بهترین موقعیت همسایگی در جمعیت در صورتی که تغییری در مقادیر برازش مشاهده شود، به هنگام می‌شود.

با اجرای الگوریتم ازدحام ذرات به نتایج زیر حاصل شد:

نتایج حاصل از اجرای الگوریتم بعد از تعداد تکرار ۱۰۰۰ نسل، باعث همگرایی مناسب شد و نمودار ۲ ارائه شده در پیوست مسیر پیموده شده توسط تابع

نگاره ۴، پرتفوی منتخب الگوریتم ازدحام ذرات را نشان می‌دهند. اعداد نگاره اولاً بیانگر سهمی است که باید در پرتفوی انتخاب شوند و ثانیاً مقدار هر سهم در پرتفوی را نشان می‌دهد. در این تحقیق سبد سهام بهینه براساس ریسک و بازده سهم‌های مختلف و تأثیر آن بر تابع هدف انتخاب شده است. نتایج الگوریتم ازدحام ذرات در انتخاب سبد سهام بهینه، بر اساس اطلاعات بازده سالانه در فایل پیوست ارائه شده است.

ارزیابی برای رسیدن به نقطه‌ی بهینه را توسط الگوریتم ازدحام ذرات نمایش می‌دهد. به منظور آزمون ثبات الگوریتم ازدحام ذرات این الگوریتم ۵ بار تکرار گردید تا اطمینان حاصل شود که بعد از انجام تکرار آزمون جواب‌های تقریباً یکسانی استخراج می‌شود. نتایج حاصل از این ۵ تکرار (نمودار ۲ پیوست) گویای تفاوت ناچیزی میان جواب‌های حاصل از ۵ تکرار می‌باشد.

نگاره ۲- بررسی ثبات الگوریتم ژنتیک در انتخاب سبد سهام بهینه

تابع هدف	تابع هدف	تابع هدف	تابع هدف	تابع هدف
اجرای ۱	اجرای ۲	اجرای ۳	اجرای ۴	اجرای ۵
۰,۰۳۵۶۷۹	۰,۰۲۵۰۰۳	۰,۰۳۰۷۹۸۹	۰,۰۲۹۷۹۸۹	۰,۰۳۲۸۰۴۱
میانگین	۰,۰۳۰۸۱۶۷۸			
واریانس	۱,۰۹۵۸۵			
بهترین مقدار تابع هدف از ۵ اجرا	۰,۰۳۵۶۷۹			

ماخذ: یافته‌های پژوهش

نگاره ۳- پارامترهای الگوریتم ازدحام ذرات

۲۰	جمعیت ذرات
۰,۹۹	(ω) وزن اینرسی
۱۰۰۰	ماکزیمم تعداد تکرار (MAXIT)
۲	ضریب یادگیری شخصی (C1)
۲	ضریب یادگیری جمعی (C2)
INF=۰	GlobalBest.Cost
Repmat	تابع تکثیر
صفر	سرعت اولیه ی ذرات

ماخذ: یافته‌های پژوهش

نگاره ۴- بررسی ثبات الگوریتم ازدحام ذرات در انتخاب سبد سهام بهینه

تابع هدف	تابع هدف	تابع هدف	تابع هدف	تابع هدف
اجرای ۱	اجرای ۲	اجرای ۳	اجرای ۴	اجرای ۵
۰,۰۴۲۳۵۷۷	۰,۰۳۹۸۲۳۶	۰,۰۴۱۸۹۰۴	۰,۰۴۸۹۱۹۷۸	۰,۰۴۲۸۸۹۰
میانگین	۰,۰۴۳۱۷۶۰۸۶			
واریانس	۱,۵۲۶۲۸			
بهترین مقدار تابع هدف از ۵ اجرا	۰,۰۴۸۹۱۹۷۸			

ماخذ: یافته‌های پژوهش

۶-۲- بهینه سازی سبد سهام براساس الگوریتم فرهنگی

نتایج حاصل از اجرای الگوریتم بعد از تعداد ۱۰۰۰ بار تکرار نسل، باعث همگرایی مناسب شد و نمودار ۳ ارائه شده در فایل پیوست مسیر پیموده شده توسط تابع ارزیابی برای رسیدن به نقطه ی بهینه را توسط الگوریتم فرهنگی نمایش می دهد.

به منظور آزمون ثبات الگوریتم فرهنگی این الگوریتم ۵ بار تکرار شد تا اطمینان حاصل شود که بعد از انجام تکرار آزمون جواب های تقریباً یکسانی استخراج می شود. نتایج حاصل از این ۵ تکرار (نمودار ۳ پیوست) گویای تفاوت ناچیزی میان جواب های حاصل از ۵ تکرار می باشد.

نگاره ۵، پرتفوی منتخب الگوریتم فرهنگی را نشان می دهد. اعداد نگاره اولاً بیانگر سهامی است که باید در پرتفوی انتخاب شوند و ثانیاً مقدار هر سهم در پرتفوی را نشان می دهد. در این تحقیق سبد سهام بهینه

براساس ریسک و بازده سهام های مختلف و تأثیر آن بر تابع هدف انتخاب شده است.

نتایج الگوریتم فرهنگی در انتخاب سبد سهام بهینه، بر اساس اطلاعات بازده سالانه در پیوست ارائه شده است.

۶-۳- مقایسه ی الگوریتم ها با اطلاعات ورودی مختلف در تشکیل سبد

نگاره ۶ نتایج سبدهای سهام منتخب الگوریتم ها را براساس مدل مارکویتز نشان می دهد. نتایج حاصله از بعد بهینه سازی، و از نقطه نظر سرعت همگرایی (تابع هدف) قابل مقایسه اند.

دو نگاره بعدی نتایج رتبه بندی سبدهای منتخب الگوریتم ها را براساس میانگین-واریانس مدل مارکویتز نمایش می دهد. در نگاره ۷ از بعد همگرایی رتبه بندی صورت گرفته است و در نگاره ۱۱ از بعد بهینه ترین سبد رتبه بندی صورت گرفته است.

نگاره ۵- بررسی ثبات الگوریتم فرهنگی در انتخاب سبد سهام بهینه

تابع هدف	تابع هدف	تابع هدف	تابع هدف	تابع هدف
اجرای ۱	اجرای ۲	اجرای ۳	اجرای ۴	اجرای ۵
۰,۰۱۹۶۷۹	۰,۰۲۱۹۱۸۹	۰,۰۲۰۱۱۸۹	۰,۰۲۲۳۴۱	۰,۰۲۰۰۲۸۸
میانگین	۰,۰۲۰۸۲۹۳۲۴			
واریانس	۱,۴۷۳۸			
بهترین مقدار تابع هدف از ۵ اجرا	۰,۰۲۲۳۴۱			

ماخذ: یافته های پژوهش

نگاره ۶- نتایج مقایسه ای سبدهای سهام منتخب الگوریتم ها

نوع الگوریتم	بازده سبد	ریسک سبد	تابع هدف
الگوریتم PSO	۳۱,۵۲۱۷۸۰	۹,۲۷۵۳۸۰	۰,۰۴۸۹۱۹۷۸
الگوریتم GA	۲۵,۲۳۳۳۷۰	۹,۴۰۱۰۳۰	۰,۰۳۵۶۷۹
الگوریتم CA	۲۴,۹۳۵۸۹۰	۹,۰۶۹۳۲۰	۰,۰۲۲۳۴۱

ماخذ: یافته های پژوهش

نگاره ۷- رتبه‌بندی الگوریتم‌ها در تشکیل سبد سهام با توجه به بازده و ریسک سبد براساس معیار میانگین -

واریانس مارکویتز از بعد همگرایی

رتبه الگوریتم	تابع هدف	نوع الگوریتم
رتبه اول	۰,۰۴۸۹۱۹۷۸	الگوریتم PSO
رتبه دوم	۰,۰۳۵۶۷۹	الگوریتم GA
رتبه سوم	۰,۰۲۲۳۴۱	الگوریتم CA

ماخذ: یافته‌های پژوهش

جدول ۸- رتبه بندی الگوریتم‌ها در تشکیل سبد سهام با توجه به بازده و ریسک سبد، براساس معیار میانگین -

واریانس مارکویتز از بعد بهینه‌ترین

رتبه الگوریتم	تابع هدف	نوع الگوریتم
رتبه اول	۳,۳۶۹۳۲۶	الگوریتم PSO
رتبه دوم	۲,۷۴۹۴۷۷	الگوریتم CA
رتبه سوم	۲,۶۸۴۱۰۷	الگوریتم GA

ماخذ: یافته‌های پژوهش

۷- نتایج آزمون فرضیه‌ها و ارائه یافته‌ها

قبل از آزمون فرضیه ابتدا هم واریانسی هر یک از روش‌ها مورد توجه قرار می‌گیرند. برای تعیین روش مناسب برای مقایسه هم واریانسی در روش‌ها، باید ریسک سرمایه‌گذاری در سبدهای سهام انتخاب و بهینه شده مورد آزمون قرار گیرد. این موضوع با انجام آزمون هم واریانسی آزمون T دو نمونه زوج شده (Paired Samples Test) صورت می‌گیرد.

که نتایج آن در ادامه ارائه گردیده است. در حقیقت در جدول زیر آزمون آماری زیر انجام می‌شود:

$$\begin{cases} H_0: \text{واریانس دو گروه برابر نیست} \\ H_1: \text{واریانس دو گروه برابر است} \end{cases}$$

در آزمون فوق هرگاه مقدار حداکثر سطح معناداری در سطر آخر کمتر از ۰,۰۵ باشد فرض عدم تساوی واریانس با اطمینان ۹۵ درصد رد خواهد شد.

نگاره ۹- نتایج آزمون T دو نمونه زوج شده

الگوریتم‌ها	اختلافات زوج شده				آماره T	درجه آزادی	معیار تصمیم	
	میانگین زوج	انحراف معیار زوج	خطای استاندارد میانگین	فاصله اطمینان % اختلاف دو وزن				
				کران بالا				کران پایین
CA - GA	-۰,۰۲۲۱۴	۱,۲۶۹۷۴	۰,۱۲۳۳۲۸	-۰,۲۶۶۶۸	۰,۲۲۳۳۹۶	-۰,۱۷۹۵۳	۱۰۵	۰,۸۵۷۸۷۱
CA - PSO	۰,۰۳۵۶۵۹	۱,۲۸۴۰۴۲	۰,۱۲۴۷۱۷	-۰,۲۱۱۶۳	۰,۲۸۲۹۵۱	۰,۲۸۵۹۲۲	۱۰۵	۰,۷۷۵۵۰۱
GA - PSO	۰,۰۵۷۸	۱,۶۷۲۴۸۴	۰,۱۶۲۴۴۶	-۰,۲۶۴۳	۰,۳۷۹۹	۰,۳۵۵۸۱۱	۱۰۵	۰,۷۲۲۶۹۶

ماخذ: یافته‌های پژوهش

می‌توان گفت که اختلاف معناداری بین دقت الگوریتم ها وجود ندارد و فرضیه در سطح معناداری ۵ درصد رد می‌شود می‌شود، به عبارتی برتری الگوریتم ها نسبت به یکدیگر بصورت نسبی است و بیانگر برتری کامل یک الگوریتم نسبت به الگوریتم دیگر نیست.

۲. بین واریانس سرمایه‌گذاری در سبدهای سهام شرکت های پذیرفته شده در بورس تهران و بهینه شده بر مبنای مدل میانگین-واریانس و توسط الگوریتم‌های مختلف تفاوت وجود دارد.

نگاره ۱۱- مقایسه میانگین بازدهی توسط

الگوریتم‌های مختلف

PSO - CA	PSO - GA	GA - CA	
-۱,۳۴۳	-۰,۸۸۵	-۲,۰۱۷	آماره آزمون
۰,۱۷۹	۰,۳۷۶	۰,۴۴	سطح معنی داری

ماخذ: یافته‌های پژوهش

نگاره ۱۲- مقایسه واریانس سرمایه‌گذاری توسط

الگوریتم‌های مختلف

PSO - CA	PSO - GA	GA - CA	
-۰,۸۳۲	-۱,۵۷۱	-۱,۵۷۱	آماره آزمون
۰,۴۰۵	۰,۱۱۶	۰,۱۱۶	سطح معنی داری

ماخذ: یافته‌های پژوهش

نگاره ۱۳- مقایسه انحراف معیار سرمایه‌گذاری توسط

الگوریتم‌های مختلف

PSO - CA	PSO - GA	GA - CA	
-۰,۷۴۶	-۱,۳۴۳	-۰,۴۴۷	آماره آزمون
۰,۴۵۶	۰,۱۷۹	۰,۴۳۹	سطح معنی داری

ماخذ: یافته‌های پژوهش

براساس نگاره ۱۲ نتایج آزمون ویلکاکسون مقایسه دو به دو الگوریتم ها نشان می‌دهد که سطح معناداری آن ها به ترتیب ۰,۱۱۶، ۰,۱۱۶ و ۰,۴۰۵. بیشتر از ۰,۰۵ است. بنابراین، با احتمال ۹۵ درصد می‌توان گفت که اختلاف معناداری بین دقت الگوریتم ها وجود ندارد و فرضیه در سطح معناداری ۵ درصد رد می‌شود.

در صورتی که فرضیه هم واریانس پذیرفته شود، می‌توان از آزمون ویلکاکسون برای مقایسه استفاده کرد. آزمون T که از مقایسه واریانس سرمایه‌گذاری در سبدهای سهام انتخاب و بهینه شده الگوریتم‌ها انجام شد و در تمام حالات چون سطح معنی‌داری تمام جفت‌ها از $\alpha=0,05$ بزرگ‌تر می‌باشد، پس واریانس الگوریتم تمام جفت‌ها برابر است. از این رو، برای مقایسه ی تمام الگوریتم ها آزمون ویلکاکسون استفاده شد، در ادامه جهت آزمون فرضیه‌ها، با کمک آزمون ویلکاکسون در سطح ۵٪ الگوریتم‌ها با یکدیگر مقایسه شده است.

H0: بین ریسک سرمایه‌گذاری در سبدهای سهام انتخاب و بهینه توسط توسط دو الگوریتم تعیین شده تفاوت معنی داری وجود ندارد
H1: بین ریسک سرمایه‌گذاری در سبدهای سهام انتخاب و بهینه توسط توسط دو الگوریتم تعیین شده تفاوت معنی داری وجود دارد

نگاره ۱۰- خلاصه آزمون ویلکاکسون

CA	الگوریتم PSO	الگوریتم GA	
-۰,۷۷۴	-۰,۷۴۶		آماره آزمون
۰,۴۳۹	۰,۴۵۶		سطح معناداری
-۱,۳۴۳			آماره آزمون
۰,۱۷۹			سطح معناداری

ماخذ: یافته‌های پژوهش

۷-۱- فرضیه های اصلی تحقیق

۱. بین میانگین بازدهی سرمایه‌گذاری در سبدهای سهام شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران و بهینه شده بر مبنای مدل میانگین-واریانس و توسط الگوریتم‌های مختلف تفاوت وجود دارد.

براساس نگاره ۱۱ نتایج آزمون ویلکاکسون مقایسه دو به دو الگوریتم ها نشان می‌دهد که سطح معناداری آن ها به ترتیب ۰,۴۴، ۰,۳۷۶ و ۰,۱۷۹. بیشتر از ۰,۰۵ است. بنابراین، با احتمال ۹۵ درصد

فرضیه تحقیق ابتدا آزمون هم‌واریانس دو روش انجام شد. آزمون T که از مقایسه واریانس سرمایه‌گذاری در سبدهای سهام انتخاب و بهینه شده الگوریتم‌ها انجام شد و چون سطح معنی‌داری جفت‌ها از $\alpha=0,05$ بزرگ‌تر می‌باشد، پس واریانس الگوریتم جفت‌ها برابر است. از این رو برای مقایسه‌ی دو الگوریتم آزمون ویلکاکسون استفاده شد، در ادامه جهت آزمون فرضیه، با کمک آزمون ویلکاکسون در سطح ۵٪ الگوریتم‌ها با یکدیگر مقایسه شد و به بررسی تفاوت معنی‌دار بین میانگین بازده سرمایه‌گذاری در سبدهای شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران براساس دو روش پرداخته شد، آزمون‌های آماری مربوط به نتایج حاکی از عدم وجود اختلاف معنادار بین الگوریتم‌ها می‌باشد.

از طرفی به منظور مقایسه الگوریتم‌ها و بررسی برتری الگوریتم‌ها، این دو روش به‌نهی سازی از دو بعد تابع هدف و نسبت بازده و ریسک مورد مقایسه قرار گرفت.

در مقایسه تابع هدف، الگوریتمی موفق است که مقدار تابع هدف کمتری داشته باشد یا به عبارتی با کمترین خطا به بهترین نتیجه رسیده باشد و از آنجایی که الگوریتم PSO با مقدار تابع هدف $0,4891978$ نسبت به الگوریتم‌های دیگر بهتر عمل کرده است نشان‌دهنده برتری نسبی این الگوریتم در انتخاب سبد سهام بهینه است. در مقایسه نسبت بازده و ریسک، الگوریتمی دارای برتری است که دارای نسبت بزرگتری باشد و از آنجایی که نسبت بازده و ریسک الگوریتم PSO با نسبت $3,369326$ نسبت به الگوریتم‌های دیگر است نشان‌دهنده برتری نسبی این الگوریتم در انتخاب سبد سهام بهینه است.

مهمترین کاستی مدل مارکویتز این است که در این مدل تمام عوامل که در دنیای واقعی در اندازه‌گیری ریسک و بازده مؤثر هستند، مد نظر قرار نگرفته است. در دنیای واقعی برای اندازه‌گیری ریسک و بازده سهام علاوه بر عوامل درونی شرکت‌ها، عوامل بیرونی نیز در انتخاب یک پرتفوی بهینه مؤثر است. به طور

این نتیجه با نتایج تحقیقات هیولینگ و همکاران (۲۰۱۳)، نیز مطابقت دارد براساس نتایج حاصل از آزمون می‌توان نتیجه‌گیری کرد الگوریتم‌های پیشنهادی از کارایی قابل قبولی برخوردار هستند و می‌توانند به جواب بهینه در سبد سهام دست یابند.

۳. بین انحراف معیار به میانگین بازدهی سرمایه‌گذاری در سبدهای سهام شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران و بهینه شده بر مبنای مدل میانگین-واریانس و توسط الگوریتم‌های مختلف تفاوت وجود دارد.

براساس نگاره ۱۳ نتایج آزمون ویلکاکسون مقایسه دو به دو الگوریتم‌ها نشان می‌دهد که سطح معناداری آن‌ها به ترتیب $0,439$ ، $0,179$ و $0,456$ بیشتر از $0,05$ است. بنابراین، با احتمال ۹۵ درصد می‌توان گفت که اختلاف معناداری بین دقت الگوریتم‌ها وجود ندارد و فرضیه در سطح معناداری ۵ درصد رد می‌شود به عبارتی هر کدام به عنوان یک الگوریتم مستقل می‌توانند در انتخاب سبد بهینه مورد استفاده قرار بگیرند. نتیجه حاصله دارای پشتوانه نظری نیز می‌باشد، به این معنا که هر کدام از روش‌ها علیرغم اختلاف در شیوه محاسبه در انتخاب بهینه‌گی از چارچوب همگن استفاده می‌کنند. این نتیجه با نتایج تحقیقات راعی و همکاران (۱۳۸۹) و گرکز و همکاران (۱۳۸۹) نیز مطابقت دارد.

۸- نتیجه‌گیری و بحث

مدل مارکویتز نشان داد مهم‌ترین عامل در انتخاب سبد سهام بهینه دو عامل بازده و ریسک می‌باشد. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که روش‌های بهینه‌سازی براساس تابع هدف تعریف شده به دنبال انتخاب سبد سهامی بودند که بیش‌ترین بازده و کمترین ریسک را دارد.

همان‌طور که از پیش اشاره شده بود، هدف این تحقیق انتخاب یک سبد سهام از بین سهام شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار با استفاده از مدل‌های بهینه‌سازی الگوریتم PSO, Ca و Ga بود. در

دانش سرمایه گذاری، سال سوم، شماره ۱۱، صص ۱۶۴-۱۲۵.

* گرکز، منصور، عباسی، ابراهیم و مقدسی، مطهره (۱۳۸۹)، انتخاب و بهینه سازی سبد سهام با استفاده از الگوریتم ژنتیک براساس تعاریف متفاوتی از ریسک، فصلنامه مدیریت صنعتی دانشکده علوم انسانی دانشگاه آزاد اسلامی واحد سنندج، سال پنجم، شماره ۱۱، صص ۱۳۶-۱۱۵.

* هواسی، سجاد، میبدی، محمد رضا و رحیمی، سمانه (۱۳۹۱)، یک الگوریتم ترکیبی جدید مبتنی بر بهینه سازی دسته جمعی ذرات و الگوریتم فرهنگی برای محیط های پویا، دومین کنفرانس ملی مهندسی نرم افزار لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی واحد لاهیجان، ۱۰ و ۱۱ آبان ماه.

- * Anagnostopoulos, K.P., Mamanis, G. (2010). A portfolio optimization model with three objectives and discrete variables. *Computers & Operations Research*, 37 (7): 1285-1297.
- * Aranha, C., & H. Iba, (2009), The Memetic Tree-based Genetic Algorithm and its application to Portfolio Optimization, *springer: Memetic Comp 1*: PP.139-151.
- * Chang, T. G., Yang, S. C., Chang, K.G., (2009), Portfolio optimization problem different risk measure using genetic algorithm, *Expert system with application*, 36, PP. 10529-10537.
- * Fernandez A., Gomez S, (2007), Portfolio selection using neural networks; *Computer & Operations Research*, 34, PP 1177-1191.
- * Hao, F.F., Liu, Y.K. (2009), Mean-variance models for portfolio selection with fuzzy random returns, *Journal of Applied Mathematics and Computing* 30:9, PP 9-38.
- * Huiling, W., Yang, Zeng., Haixiang Yao., (2013), Multi-period Markowitz's mean-variance portfolio selection with state-dependent exit probability, *Economic Modelling*, Vol 36, PP 69-74.
- * Kennedy, J., Eberhart, R.C., (1995), Particle Swarm Optimization, In *Proceedings of the IEEE International Conference on Neural Network IV*.
- * Konno H., Yamazaki H (1991); Mean-absolute deviation portfolio in optimization model and its application to Tokyo stock market, *Management Science*, 37, 519-531.

کلی عوامل مؤثر بر توسعه بورس اوراق بهادار را می توان به سه دسته عوامل درونی شرکت ها، عوامل بیرونی غیر اقتصادی و عوامل بیرونی اقتصاد کلان تقسیم بندی کرد.

فهرست منابع

- * تقوی فرد، محمدتقی، منصوری، طاهار، خوش طینت، محسن (۱۳۸۶)، ارائه یک الگوی فرا ابتکاری جهت انتخاب سبد سهام با در نظر گرفتن محدودیت های عدد صحیح، فصلنامه پژوهش های اقتصادی، سال هفتم، شماره چهارم، صفحات ۴۹-۶۹
- * خالوزاده، حمید و امیری، نسیم (۱۳۸۵)، تعیین سبد سهام بهینه در بازار در معرض ریسک، مجله تحقیقات اقتصادی، شماره ۷۳، صفحات ۲۳۱-۲۱۱.
- * راعی، رضا، محمدی، شاپور و علی بیکی، هدایت (۱۳۸۹)، بهینه سازی سبد سهام با رویکرد «میانگین-نیم واریانس» و با استفاده از جستجوی هارمونی، فصلنامه تحقیقات مالی، صص ۱۲۸-۱۰۵.
- * شه میرزادی، مرضیه (۱۳۸۸)، انتخاب پرتفوی مناسب جهت کاهش ریسک غیرسیستماتیک در بورس اوراق بهادار تهران، پایان نامه کارشناسی ارشد، رشته مدیریت بازرگانی گرایش مالی، دانشکده اقتصاد و علوم اجتماعی، دانشگاه الزهرا (س) تهران.
- * عبدالعلی زاده شهیر، سیمین و عشقی، کوروش (۱۳۸۲)، کاربرد الگوریتم ژنتیک در انتخاب یا مجموعه دارایی از سهام بورس، فصلنامه پژوهش های اقتصادی، دوره پنجم، شماره ۱۷، صص ۱۹۲-۱۷۵.
- * کیانی هرچگانی، مائده، نبوی چاشمی، سید علی و معماریان، عرفان (۱۳۹۳)، بهینه سازی سبد سهام براساس حداقل سطح پذیرش ریسک کل و اجزای آن با استفاده از روش الگوریتم ژنتیک، فصلنامه

- * Leung, Pui lam Yip., Ng lui, Keong., wong, Wing., (2012), An improved estimation to make Markowitz's portfolio optimization theory users friendly and estimation accurate with application on the US stock market investment, PP 85-98.
- * Lin, Ch., Liu, Y., (2008), Genetic algorithms for portfolio selection problems with minimum transaction lots. European Journal of Operational Research; 185; PP393-404.
- * Lin, Chi., Ming, Mitsuo, Gen., (2007), An Effective Decision-Based Genetic Algorithm Approach to Multiobjective Portfolio Optimization Problem, Applied Mathematical Sciences, Vol 1, No 5, 201-210.
- * Mansiri R., Speranza M. G, (1999), Heuristic algorithms for the portfolio selection problem with minimum transaction lots, European Journal of Operational research, 114, 219-233.
- * Markowitz H.M, (1952), Portfolio selection, journal of finance, Vol 7, PP 77-91.
- * Yang, X., (2006), Improving portfolio efficiency: A Genetic Algorithm Approach, Computational Economics, 28, 1, PP 1-14.

یادداشت‌ها

- ¹ Markowitz
- ² Genetic Algorithm
- ³ Konno & Yamazaki
- ⁴ Mansini & Spenza
- ⁵ Chang et all
- ⁶ Fernandez & Gomez
- ⁷ Yang
- ⁸ Bayesian
- ⁹ Lin & Gen
- ¹⁰ Crossover Operator
- ¹¹ Roulette Wheel
- ¹² lin & liu
- ¹³ Hao & Liu
- ¹⁴ Aranha & Iba
- ¹⁵ Leung et all
- ¹⁶ Huiling et all
- ¹⁷ Mutation Operator
- ¹⁸ Initial Population
- ¹⁹ Chromosomes
- ²⁰ Kenndy & Eberhart