فصلنامه علمی پژوهشی
دانش مالی تحلیل اوراق بهادار
سال یازدهم، شماره سی‌وهفتم
بهار ۱۳۹۷

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 دریافت: ۹۵/۰۵/۲۹ تاریخ پذیرش: ۹۵/۰۹/۰۱

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 سرمایه گذاری در سبدهای منتخب براساس سه روش نشان از عدم وجود اختلاف معنادار بین سه الگوریتم دارد. از طرفی به منظور مقایسه الگوریتم ها و بررسی برتری الگوریتم ها، 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 الگوریتم های 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

طی سده اخیر تلاش‌های بسیاری در راستای هدایت سرمایه‌گذاران به نحوه سرمایه‌گذاری مناسب صورت‌گرفته و مدل‌های بی‌شماری عرضه شده است. مفاهیم بهینه‌سازی سبد سهام و تنوع بخشی به مثابه ابزاری در راستای توسعه و فهم بازار های مالی و تصمیم گیری 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 سبدسهام 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 می دهد. در بازارهای سرمایه که صدها نوع سرمایه مختلف با کیفیت خیلی‌خوب تا خیلی‌بد وجود دارد، سرمایه‌گذار با هجوم اطلاعاتی روبرو است که انتخاب را برای وی دشوار می‌نماید. مدل مارکویتز با استفاده از مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی قابل‌حل 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 ویژه ای می یابند.

اگر پس اندازهای افراد با مکانیسم صحیح به بخش تولید هدایت شوند، علاوه بر بازدهی که برای صاحبان سرمایه به ارمغان می آورد، می‌توانند به عنوان مهم‌ترین عامل تأمین سرمایه، برای راه‌اندازی طرحهای اقتصادی جامعه نیز مفید باشند و در صورتی‌که 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 می باشد. 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).

در ایران تاکنون تحقیقات کاملی در این زمینه انجام نشده است. در زمینه انتخاب پرتفوی بهینه با استفاده از سایر الگوریتم های 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 محدودیت های دیگری به الگوی قبلی نشان دادند که با استفاده از الگوریتم ژنتیک می‌توان مرز کارایی را بدست آورد که به مقدار زیادی تخمین زننده مرز کارای بدست آمده بوسیله روش‌های برنامه‌ریاضی است. محدودیت‌هایی که آنها به مسأله اضافه کردند، محدودیت عددصحیح بودن تعداد سهام موجود در پرتفوی و هم چنین محدودیت حد بالای اوزان دارایی ها 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 بازار های مالی می باشد را بررسی می‌کند. الگوریتم‌ها یکی از روش‌های ابتکاری هستند که می‌تواند مسأله بهینه سازی 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 می توان 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 می شود. 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.

ولی معمولاً نمی‌توانستند آن را اندازه گیری کنند. سرمایه‌گذاران از قبل می دانستند 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 می دهد و واریانس بیانگر خطر پذیری پرتفوی می‌باشد. بعد از الگوی مارکویتز افراد زیادی سعی در توسعه و اصلاح این الگو داشته اند؛ از جمله خود مارکویتز که بعدها اظهار می کند که تحلیل های مبتنی بر نیم واریانس نسبت به آن‌هایی که به واریانس متکی هستند؛ سبدهای سهام بهتری ایجاد می کنند. رفتار سهام در بازار، مانند بسیاری از پدیده های 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 گرایش ها و ترجیحات مختلف سرمایه‌گذاران، یافتن روشی برای انتخاب یک مجموعه مناسب از اوراق بهادار که از طریق آن بتوان بر عدم اطمینان ها و ترجیحات مختلف افراد غلبه کرد، ضروری بنظر می‌رسد.

به عقیده کونوویامازاکی[3] (۱۹۹۱)، الگوی میانگین– انحراف مطلق‌ها(MAD) بیانگر خطرپذیری می‌باشد. این الگوها به دلیل عدم توجه به محدودیت های کارکردی در بسیاری شرایط پاسخگوی نیازهای سرمایه گذاران نمی‌باشند. مانسیری واسپرنزا[4] (۱۹۹۹)، در این رابطه خاطر نشان می‌کنند که بیشتر الگوهای انتخاب پرتفوی تقسیم‌پذیری سرمایه گذاری را بی‌نهایت فرض می‌کنند؛ درحالی که در دنیای واقعی اوراق بهادار به تعداد مشخص (ضرایبی از یک ضریب معاملاتی حداقلی) معامله می شوند.

یانگ[7] (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 وM-V، محقق از روش سومی به نام رویکرد بیزین[8] نیز استفاده نموده و یکی از عمومی‌ترین مدل‌هایی است که بحث در نظر گرفتن ریسک برآوردی را در انتخاب پرتفوی مطرح کرده است. یافته های تحقیق نشان می دهد، که نتایج مدل الگوریتم ژنتیک در مقایسه با دو روش دیگر دارای بازده بالاتر و به طور هم زمان ریسک کمتری می باشد.

لین و ژن[9](۲۰۰۷)، در تحقیقی یک الگوریتم ژنتیک دو مرحله ای را برای حل مسأله بهینه‌سازی سبد سهم چند منظوره بکار بردند. در این پژوهش، عملگر تقاطع[10] یک نقطه برش، عملگر جهش الحاقی و عملگر انتخاب چرخ رولت[11] بود. نتایج تحقیق نشان داد اعتبار و کارایی الگوریتم مربوطه در بهینه سازی سبد سهام وجود دارد.

فرناندز و گومز (۲۰۰۷)، الگوی مارکویتز را با افزودن محدودیت های حد بالا و پایین برای متغیرها، اصلاح کردند و الگوی CCMV یا «میانگین-واریانس با مولفه های مقید» را به وجود آوردند؛ در حالی که محدودیت مربوط به تعداد دارایی ها نیز به مسأله فوق اضافه شد.

لین و لیو[12](۲۰۰۸)، مدل مارکویتز را با محدودیت حداقل نمودن مقدار خرید به سه طریق ارائه نمودند. الگوریتم های ژنتیکی که برای حل مسأله انتخاب سهام پیشنهاد می شود، بوسیله مدل‌ها فرموله بندی شدند. نتایج مطالعات نهایی نشان داد که الگوریتم ژنتیک برای این مدل‌ها می تواند نقطه نزدیک به بهینه در حداقل زمان قابل قبول را بدست آورد. راه‌حل های بدست آمده نه تنها قابل اجرا در عمل می باشند، بلکه بالاترین کارایی میانگین – واریانس را به نمایش می‌گذارند.

چانگ و همکاران[5] (۲۰۰۹) و فرناندز و گومز[6] (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 می گیرد. تنها تفاوت CCMSV با الگوی CCMV در این است که الگوی CCMSV نیم واریانس را به عنوان سنجه خطر پذیری نامطلوب وارد الگو می کند.

هاو و لیو[13] (۲۰۰۹)، در تحقیقی با عنوان «مدل‌های میانگین-واریانس برای انتخاب سبد سهام با بازده های تصادفی»، الگوریتم ژنتیک را به عنوان ابزار حل مدل‌های 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 مدل‌های 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 الگوریتم‌های ژنتیک برای حل مدل‌ها به کار گرفته شدند. در نهایت نیز دو نمونه عددی برای نشان دادن کارایی روش‌های معرفی شده به کار رفت.

آرانا و ایبا[14] (۲۰۰۹)، در تحقیقی با عنوان «الگوریتم ژنتیک درختی و کاربرد آن در بهینه‌سازی سبد سهام» یک الگوریتم ژنتیک درختی معرفی کردند و سپس برای مسأله بهینه‌سازی 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 می نماید.

چانگ و همکارانش(۲۰۰۹) بر این عقیده بودند که استفاده از برنامه‌ریزی های ریاضی برای حل مسأله سبد سهام بهترین گزینه می‌باشد. آنها روش فرا ابتکاری را برای حل مسأله بهینه‌سازی سبد سهام ارائه کردند که در آن الگوریتم ژنتیک، سبدهای سهام مختلف که ریسک آن ها به شیوه های متفاوتی محاسبه شده بود را بکار می‌گرفت. آن ها 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[15] (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 می کند و هم برای برآورد درآمدها و هم برای تخصیص های مربوط در این زمینه نتایج مطلوب تری را ارائه می کند.

هیولینگ و همکاران[16] (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 پرداخته اند. به طوری که فرض می‌شود افق زمانی به طور تصادفی و برمبنای ریسک دارایی‌های عاید شده ای که بازار تعیین می‌کند، انتخاب شده‌اند. با بررسی مرزهای مؤثرارائه شده توسط تحلیل‌های اعدادی این موضوع مطالعه‌شده و عدم وابستگی افق‌زمانی محتمل (غیرقطعی) به معیارهای بازار اثبات می شود.

عبدالعلی زاده شهیر و عشقی(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[17] معاوضه) به

انتخاب مجموعه ای از دارایی از بین سهام گوناگون پرداخته اند. 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 نشان گر کارایی روش مدل سازی ریسک بازار بر مبنای نظریه ارزش در معرض ریسک و روش بهینه سازی الگوریتم‌های ژنتیک در بدست آوردن وزن های بهینه سبد سهام با در نظر گرفتن محدودیت بر روی ریسک است.در بدست آوردن وزن های 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 بهینه سازی مقید پرتفوی سهام، موفق عمل می‌کند و در یافتن جواب های 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 کارامدتر شدن، برخی از محدودیت های جهان واقعی را به الگوریتم های 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.

۳- فرضیه های پژوهش

۱) بین میانگین بازدهی 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.

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

۴- روش شناسی پژوهش

پژوهش حاضر بر حسب هدف یا نتیجه، پژوهش کاربردی است ،برای گردآوری اطلاعات آن بخش از داده های تحقیق که مربوط به مبانی نظری تحقیق می‌باشد از مقالات و مجلات تخصصی فارسی‌و 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 وآرشیوی 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

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 ۱۰۶ شرکت 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 آن ها 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)

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

که در آن؛

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 داده ها 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 سرمایه گذاری کارا سبدی 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

بهینه‌سازی مارکویتز بصورت زیر در رابطه شماره ۲ ارائه می‌شود:

رابطه (۲)

$$Min\sum_{i=1}^{n}\sum_{i=1}^{n}X_{i}X_{j}\sigma_{ij}$$

$$Subject\ to:$$

$$\sum_{i}^{n}=1x_{i}\mu_{i}=R$$

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

$$x_{i}\geq 0\ (i=1,2,3,...,n)$$

به طوری که R بازده مطلوب سرمایه‌گذار باشد و به ازای Rهای مختلف مدل فوق حل شود و جواب بدست آمده از تابع هدف، که در حقیقت ریسک می‌باشد در نموداری به همراه Rهای معادل ترسیم شود، آنگاه شکل مرز کارا نامیده می شود. در مدل فوق σ_{ij} کوواریانس سهام i وj، و i وj، و μ_{ij} 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 [۱ و ۰] 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)

$$MaxZ=\lambda\sum_{i=1}^{n}w_{i}\mu_{j}-(1-\lambda)\sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{n}w_{i}w_{j}\sigma ij$$

$$Subject\ to:$$

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

$$w_{i}\geq 0\ (i=1,2,3,...,N)$$

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 آن ها سرمایه‌گذاری نماید.

رابطه (۵)

$$MaxZ=\lambda\sum_{i=1}^{n}w_{i}\mu_{j}-(1-\lambda)\sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{n}w_{i}w_{j}\sigma ij$$

$$Subject\ to:$$

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

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

$$w_{i}\geq 0\ (i=1,2,3,...,n)$$

$$Z_{i}\in\{0,1\}$$

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)

$$MaxZ=\lambda\sum_{i=1}^{n}w_{i}\mu_{j}-(1-\lambda)\sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{n}w_{i}w_{j}\sigma ij$$

$$Subject\ to:$$

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

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

$$w_{i}\geq 0\ (i=1,2,3,...,n)$$

$$Z_{i}\in\{0,1\}$$

۵-۶- بهینه‌سازی سبد سهام براساس الگوریتم ژنتیک

به کمک نرم افزار Matlab و جعبه ابزار تعبیه شده در آن و با استفاده از الگوریتم ژنتیک به انتخاب سبد سهام بهینه پرداخته شد. همان طور که بیان شد از جمعیت اولیه[18] به تعداد ۱۰۰۰ کرومزوم[19] استفاده می‌گردد که تا حداکثر ۱۰۰۰ نسل الگوریتم روی آن ها اجرا می‌شود. در هر نسل ۸۰ درصد کرومزوم‌ها برای تقاطع انتخاب می‌شوند و از عملگر تقاطع تک نقطه ای استفاده شد و بر روی بقیه عملگر جهش انجام می‌شود. در مرحله انتخاب تعدادی از کروموزوم‌های فعلی برای تولید کروموزوم‌های جدید انتخاب می شوند. اغلب این انتخاب براساس تابع ارزیابی صورت می‌گیرد. به طوری که کروموزوم‌هایی که به جواب اصلی مسأله نزدیک‌تر باشند با احتمال بیشتری انتخاب می شوند. در این تحقیق از روش چرخ گردون استفاده شده است.

نگاره ۱- پارامترهای الگوریتم ژنتیک

جمعیت اولیه	کروموزوم۱۰۰۰
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	Roullet Wheel Selection

ماخذ : یافته های 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 می گردد تا این اطمینان حاصل گردد بعد از انجام تکرار آزمون جواب‌های تقریبا یکسانی استخراج می گردد. 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 است‌که باید در پرتفوی انتخاب شود و ثانیاً مقدار هر سهم در پورتفوی را نشان می دهد. در این مطالعه سبدسهام بهینه براساس ریسک‌و بازده سهم‌های مختلف و تأثیر آن بر تابع هدف انتخاب شده است. نتایج الگوریتم ژنتیک در انتخاب سبدسهام بهینه، براساس اطلاعات بازده در فایل پیوست ارائه شده است.

۶-۱- بهینه‌سازی سبد سهام براساس الگوریتم ازدحام ذرات

در این مطالعه هر ذره نمایانگر یک سبد سهام است و ذرات با بهترین موقعیت، مرز کارای سرمایه‌گذاری را شکل می دهند. جمعیت اولیه به تعداد ۲۰ ذره در نظر گرفته شد و الگوریتم بعد ازحداکثر۱۰۰۰ 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 همانندجهش و تزویج ندارد. در هر تکرار بهترین موقعیت مربوط به هر ذره و بهترین موقعیت همسایگی در جمعیت در صورتی‌که 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 نمودار۲ ارائه شده در پیوست مسیر پیموده شده توسط تابع

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 جواب های تقریبا یکسانی استخراج می‌شود. نتایج حاصل از این ۵ تکرار(نمودار ۲ پیوست) گویای تفاوت ناچیزی میان جواب‌های حاصل از ۵ تکرار می‌باشد.

نگاره ۴، پرتفوی منتخب الگوریتم ازدحام ذرات را نشان می‌دهند. 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 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.

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

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

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- بهینه‌سازی 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 می‌دهد.

به منظور آزمون ثبات الگوریتم فرهنگی این الگوریتم ۵ بار تکرار شد تا اطمینان حاصل شود که بعد از انجام تکرار آزمون جواب‌های تقریبا یکسانی استخراج می‌شود. نتایج حاصل از این ۵ تکرار(نمودار ۳ پیوست) گویای تفاوت ناچیزی میان جواب‌های حاصل از ۵ تکرار می‌باشد.

نگاره ۵، پرتفوی منتخب الگوریتم فرهنگی را نشان می‌دهد. اعداد نگاره اولاً بیانگر سهامی است که باید در پرتفوی انتخاب شوند و ثانیاً مقدار هر سهم در پرتفوی را نشان می‌دهد. در این تحقیق سبد سهام بهینه براساس ریسک‌و بازده سهم‌های 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- مقایسه‌ی الگوریتم‌ها با اطلاعات ورودی مختلف در تشکیل سبد

نگاره ۶ نتایج سبدهای سهام منتخب الگوریتم‌ها را براساس مدل مارکویتز نشان می‌دهد. نتایج حاصله از بعد بهینه‌سازی، و از نقطه نظر سرعت همگرایی (تابع هدف) قابل مقایسه‌اند.

دو نگاره بعدی نتایج رتبه‌بندی سبدهای منتخب الگوریتم‌ها را براساس میانگین-واریانس مدل مارکویتز نمایش می‌دهد. در نگاره ۷ از بعد همگرایی رتبه بندی صورت گرفته است و در نگاره ۱۱ از بعد بهینه‌ترین سبد رتبه‌بندی 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: یافته‌های پژوهش

نگاره ۶- نتایج مقایسه‌ای سبدهای سهام منتخب الگوریتم‌ها

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: یافته‌های پژوهش

نگاره ۷- رتبه‌بندی الگوریتم‌ها در تشکیل سبد سهام با توجه به بازده و ریسک سبد براساس معیار میانگین-واریانس مارکویتز از بعد همگرایی

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

ماخذ: یافته‌های پژوهش

جدول ۸- رتبه بندی الگوریتم ها در تشکیل سبد سهام با توجه به بازده و ریسک سبد، براساس معیار میانگین-واریانس مارکویتز از بعد بهینه‌ترین

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

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:

H_0: واریانس دو گروه برابر نیست
H_1: واریانس دو گروه برابر است

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

معیار تصمیم	درجه آزادی	آماره T	اختلافات زوج شده					الگوریتم ها
			فاصله‌اطمینان ٪ اختلاف دو وزن		خطای استاندارد میانگین	انحراف‌معیار زوج	میانگین زوج	
			کران بالا	کران‌پایین				
۰,۸۵۷۸۷۱	۱۰۵	-۰,۱۷۹۵۳	۰,۲۲۲۳۹۶	-۰,۲۶۶۶۸	۰,۱۲۳۳۲۸	۱,۲۶۹۷۴	-۰,۰۲۲۱۴	CA - GA
۰,۷۷۵۵۰۱	۱۰۵	۰,۲۸۵۹۲۲	۰,۲۸۲۹۵۱	-۰,۲۱۱۶۳	۰,۱۲۴۷۱۷	۱,۲۸۴۰۴۲	۰,۰۳۵۶۵۹	CA - PSO
۰,۷۲۲۶۹۶	۱۰۵	۰,۳۵۵۸۱۱	۰,۳۷۹۹	-۰,۲۶۴۳	۰,۱۶۲۴۴۶	۱,۶۷۲۴۸۴	۰,۰۵۷۸	GA - PSO

ماخذ : یافته های پژوهش

در صورتی که فرضیه هم واریانسی 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 α=۰,۰۵ 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 سرمایه گذاری در سبدهای سهام انتخاب و بهینه توسط توسط دو الگوریتم تعیین شده تفاوت معنی داری وجود دارد

نگاره ۱۰- خلاصه آزمون ویلکاکسون

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

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 می‌توان گفت که اختلاف معناداری بین دقت الگوریتم هاوجود ندارد و فرضیه در سطح معناداری ۵ درصد رد 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

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

ماخذ: یافته‌های پژوهش

نگاره ۱۲- مقایسه واریانس سرمایه‌گذاری توسط الگوریتم‌های مختلف

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

ماخذ: یافته‌های پژوهش

نگاره ۱۳- مقایسه انحراف معیار سرمایه‌گذاری توسط الگوریتم‌های مختلف

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

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.

این نتیجه با نتایج تحقیقات هیولینگ و همکاران (۲۰۱۳)، نیز مطابقت دارد براساس نتایج حاصل از آزمون می توان نتیجه گیری کرد الگوریتم های پیشنهادی از کارایی قابل قبولی برخوردار هستند و می توانند به جواب بهینه در سبد سهام دست یابند.

۳. بین انحراف معیار به میانگین بازدهی سرمایه‌گذاری در سبدهای سهام شرکت های 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 الگوریتم ها نشان می‌دهد که سطح معناداری آن ها به ترتیب ۰,۴۳۹، ۰,۱۷۹ و ۰,۴۵۶. 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 به عبارتی هر کدام به عنوان یک الگوریتم مستقل می توانند در انتخاب سبد بهینه مورد استفاده قرار بگیرند. نتیجه حاصله دارای پشتوانه نظری نیز می باشد، به این معنا که هر کدام از روشها علیرغم اختلاف در شیوه محاسبه در انتخاب بهینه گی از چارچوب همگن استفاده می کنند. این نتیجه با نتایج تحقیقات راعی و همکاران (۱۳۸۹) و گرکز و همکاران(۱۳۸۹) نیز مطابقت دارد.

۸- نتیجه گیری و بحث

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

همان طور که از پیش اشاره شده بود، هدف این تحقیق انتخاب یک سبد سهام از بین سهام شرکت های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار با استفاده از مدل‌های بهینه‌سازی الگوریتم Pso ,Ca و Ga بود. در فرضیه تحقیق ابتدا آزمون هم واریانسی دو روش انجام شد. آزمون T که از مقایسه واریانس سرمایه گذاری در سبدهای سهام انتخاب و بهینه شده الگوریتم ها انجام شد و چون سطح معنی داری جفت ها از α=۰,۰۵ بزرگ تر می‌باشد، پس واریانس الگوریتم جفت هابرابر است. از این رو برای مقایسه ی دو الگوریتم آزمون ویلکاکسون استفاده شد، در ادامه جهت آزمون فرضیه، با کمک آزمون ویلکاکسون در سطح ۵٪ الگوریتم ها با یکدیگر مقایسه شد و به بررسی تفاوت معنی دار بین میانگین بازده سرمایه گذاری در سبدهای شرکت های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران براساس دو روش پرداخته شد، آزمون های آماری مربوط به نتایج حاکی از عدم وجود اختلاف معنادار بین الگوریتم ها می‌باشد.

از طرفی به منظور مقایسه الگوریتم ها و بررسی برتری الگوریتم ها، این دو روش بهنه 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 ۰,۰۴۸۹۱۹۷۸ نسبت به الگوریتم های دیگر بهتر عمل کرده است نشان دهنده 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 ۳,۳۶۹۳۲۶ نسبت به الگوریتم های دیگر است نشان دهنده 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 اندازه گیری ریسک و بازده مؤثر هستند، مد نظر قرار نگرفته است.دردنیای واقعی برای اندازه‌گیری ریسک و بازده سهام علاوه بر عوامل درونی شرکت ها، عوامل بیرونی نیز در انتخاب یک پرتفوی بهینه مؤثر است. به طور

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

فهرست منابع

* تقوی فرد، محمدتقی، منصوری، طاها، خوش طینت، محسن (۱۳۸۶)، ارائه یک الگوی فرا ابتکاری جهت انتخاب سبد سهام با در نظر گرفتن محدودیت‌های عدد صحیح، فصلنامه پژوهشهای اقتصادی، سال هفتم ، شماره چهارم، صفحات ۴۹-۶۹
* خالوزاده، حمید و امیری، نسیبه (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)، بهینه‌سازی سبد سهام با رویکرد «میانگین-نیم واریانس» و با استفاده از جستجوی هارمونی، فصلنامه تحقیقات مالی، صص ۱۲۸-۱۰۵.
* شهمیرزادی، 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 ازسهام بورس، فصلنامه پژوهش های اقتصادی، دوره پنجم، شماره ۱۷، صص ۱۹۲-۱۷۵.
* کیانی هرچگانی، مائده، نبوی چاشمی، سید علی و معماریان، عرفان (۱۳۹۳)، بهینه‌سازی سبد سهام براساس حداقل سطح پذیرش ریسک کل و اجزای آن با استفاده از روش الگوریتم ژنتیک، فصلنامه دانش سرمایه گذاری، سال سوم، شماره۱۱، صص ۱۶۴-۱۲۵.
* گرکز، منصور، عباسی، ابراهیم و مقدسی، مطهره (۱۳۸۹)، انتخاب و بهینه‌سازی 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، شماره۱۱، 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.s, 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.
* Kenndy, J., Eberhart, R.C., (1995), Particle Swarm Optimization, In Proceedings of the IEEE International Conference on Neural Netwok 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.

* Leung, Pui lamYip., 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.

یادداشت ها

[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