مجله مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار
شماره دهم / بهار ۱۳۹۱

انتخاب سبد سهام بهینه با استفاده از الگوریتم ژنتیک NSGA-II

ابراهیم عباسی[۱]
مهدی ابوالی[۲]
مهدی سربازی[۳]

تاریخ دریافت: ۹۰/۸/۴
تاریخ پذیرش: ۹۰/۱۱/۲۰

چکیده

تشکیل سبد سهام بهینه یکی از تصمیم گیری های مهم برای شرکت ها می باشد. به همین دلیل، انتخاب یک سبد سهام با نرخ بازدهی بالا و ریسک کنترل شده یکی از موضوعاتی است که مورد توجه محققان قرار گرفته است. هدف از این پژوهش، استفاده از الگوریتم‌های فراابتکاری برای انتخاب سبد سهام است. در این مطالعه، روشی بر مبنای الگوریتم ژنتیک چند هدفه NSGA-II برای تشکیل سبد سهام ارائه شده و ارزش در معرض ریسک به عنوان معیار اندازه گیری ریسک مورد توجه قرار گرفته است. همچنین از داده های ۵۰ شرکت برتر بورس اوراق بهادار تهران برای سال های ۸۹-۱۳۸۵ استفاده شده است. نتایج نشان داد که الگوریتم ژنتیک چند هدفه می‌تواند جهت انتخاب سبد سهام بهینه بکار رود و عملکرد سبد طراحی شده توسط الگوریتم ژنتیک با عملکرد سبد سهام ۵۰ شرکت برتر با اوزان مساوی تفاوت دارد.

واژه‌های کلیدی: سبد سهام بهینه، روش فراابتکاری، الگوریتم ژنتیک چند هدفه NSGA-II.

۱- مقدمه

۱- دانشیار دانشگاه الزهرا Abbasiebrahim2000@Yahoo.com
۲- کارشناس ارشد مدیریت بازرگانی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد فیروزکوه mabvali@Yahoo.com
۳ - کارشناس ارشد هوا و فضا، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات mehdi.sarbazi@Gmail.com

در سالیان اخیر تلاشهایی برای هدایت سرمایه گذاران صورت گرفته و مدلهایی ارائه شده است؛ در این بین، مدل های بهینه سازی سبد سهام به مثابه ابزاری در راستای بهبود تصمیمات در آمده است. تئوری مدرن سبد سهام که توسط مارکوویتز[۱] [17] ارائه و بعدها توسط شاگردان وی شارپ و لینتر[۲] توسعه یافت و همچنین فرضیه بازار کارای سرمایه که اولین بار توسط فاما[۳] [10] عنوان شد از ابتدای دهه ۵۰ به بعد به عنوان شالوده تحقیقات بعدی مطرح شدند، اما پیچیدگی های بازار های مالی دانشمندان را بر آن داشت که تحقیقات جدیدی انجام دهند، بنابراین تحقیقات متعددی در زمینه تشکیل سبد سهام صورت گرفته و در بیشتر مدلها، معیار بازده و ریسک از مباحث مالی و معیارهای بهینه سازی از مباحث برنامه ریزی برگرفته شده اند. در بازارهای سرمایه با صدها نوع سهام و با لحاظ محدودیت هایی مثل تعداد زیاد سهام، محدودیت های مقادیر وزنی و ... فضای جستجو آنقدر گسترده می گردد که استفاده از مدل های ریاضی ناممکن گشته، از اینرو الگوریتم های فراابتکاری همانند ژنتیک، مورچگان و ... جایگاه ویژه ای می یابند [6].

مسأله هر سرمایه‌گذار تعیین مجموعه ای از اوراق بهادار با مطلوبیت حداکثر است؛ این مسأله معادل انتخاب سبد سهام بهینه[۴] است. تا قبل از نظریه مارکوویتز توجه سرمایه‌گذاران معطوف به بازده اوراق بود، درحالیکه چنین تصمیمی غیرعقلائی است، زیرا سرمایه گذاران علاوه بر حداکثر رساندن بازده، خواستار حداقل کردن ریسک نیز می باشند [20]. مدلهای تصمیم گیری چند منظوره به خاطر تطبیق پذیری توصیه شده و سرمایه گذار قادر است ترجیحات خود در خصوص ریسک و بازده را با اختصاص وزن هایی اعمال نماید [15]. هدف این پژوهش، استفاده از الگوریتم ژنتیک چند هدفه NSGA-II[۵] در حل مسأله انتخاب سبد سهام برای کمک به سرمایه‌گذاران و مدیران صندوق‌های مشترک سرمایه‌گذاری است. ساختار این مقاله با مروری بر مبانی نظری و پیشینه تحقیق، بیان فرضیه ها، آزمون فرضیه ها و بحث و نتیجه گیری ادامه خواهد یافت.

۲- مبانی نظری و پیشینه تحقیق

برخی مسائل آنقدر پیچیده اند که نمی توان از روش های حل متداول برای رسیدن به جواب بهینه استفاده نمود بلکه باید به جواب رضایت بخش اکتفا کرد؛ در این موارد می توان از روش‌های ابتکاری[۶] که بر مبنای یکسری ایده های منطقی پایه گذاری شده و لزوماً

به دنبال جواب بهینه نیستند استفاده کرد. روش‌های فراابتکاری[۷]، روش های عمومی حل مسائل هستند که هم ساختار عمومی و هم رهنمودهای کاربردی جهت توسعه یک روش ابتکاری خاص را برای تناسب با نوع خاصی از مسأله فراهم می آورند.

اصول الگوریتم ژنتیک اولین بار توسط جان هالند[۸] (۱۹۷۵) ارائه شد. الگوریتم ژنتیک، الگوریتمی بهینه یاب با کاربردی عمومی است و از نظریه تکاملی داروین الگو برداری شده است؛ این الگوریتم بر روی جمعیتی از جواب های بالقوه عمل کرده و با بکارگیری بقای اصلح[۹]، تقریب بهتری از حل مورد نظر را ارائه می‌کند [18]. الگوریتم ژنتیک، شامل طراحی افراد جوامع اولیه (کروموزوم ها)[۱۰]، انتخاب از بین بهترین افراد (بقای شایسته ترین ها) و تلاقی افراد نسل ها (ازدواج زوج های برتر) است. الگوریتم های ژنتیک به علت بررسی مجموعه ای از جواب های ممکن و همچنین حساسیت کمتر نسبت به شکل خاصی از نقاط بهینه برای بهینه سازی چندهدفه مناسب می باشند [21]. اهداف به صورت توابع ریاضی بوده و نمایانگر استفاده مناسب برای بهبود تصمیمات در بهینه سازی است [9]؛ بر اساس مفهوم چیرگی پارتو[۱۱] که اولین بار توسط ولفریدو پارتو[۱۲] در سال ۱۹۸۶ مطرح گردید، می توان معیار بهینگی در یک مسأله چندهدفه را تعریف کرد. اولین بار گلدبرگ[۱۳] در سال ۱۹۸۹ با بکارگیری مفهوم بهینگی پارتو در الگوریتم ژنتیک چندهدفه، روش مرتب سازی جواب های نامغلوب[۱۴] را مطرح نمود؛ الگوریتم ژنتیک NSGA-II بهبود یافته الگوریتم ژنتیک است و کاهش زمان محاسبات، افزایش کارایی و ضمناً مقایسه عملگر بدون نیاز به کاربر از محاسن این الگوریتم است [11]. با استفاده از الگوریتم ژنتیک در بهینه سازی سبد سهام، سرمایه گذار بطور تصادفی اقدام به انتخاب سبد سهام از بین سهام موجود می‌نماید که هر سبد معرف یک کروموزوم و هر سهم معرف یک ژن[۱۵] می‌باشد، سپس بر اساس بازه زمانی مشخص، یک یا چند معیار به صورت تابع ریاضی به هر یک از سبدها (کروموزوم ها) اعمال و سپس کروموزوم هایی که امتیاز بالاتری دارند ساخت و تولید می شوند و برای تولید جمعیت جدید استفاده می گردند. سپس از میان آنها، سبدهای جدیدی ایجاد شده و در نهایت با حصول شرط توقف، برنامه متوقف می شود [15].

بازده سبد سهامی از دارائی ها، برابر متوسط موزون بازده تک تک دارائیها است و کاهش عدم اطمینان در کاهش ریسک تجلی می یابد. سیر نگرش به ریسک را می توان از سه دیدگاه بررسی کرد، در دیدگاه اول، ریسک، هرگونه نوسان از میانگین بازدهی را شامل

می شود؛ دیدگاه دوم، عبارت است از احتمال نوسانات منفی بازدهی در آینده که از مبدعین آن می توان به رام و فرگوسن[۱۶] و همچنین کاپلان و سیگل[۱۷] اشاره کرد. ری[۱۸] سطح ریسک را به صورت سنجش احتمال سقوط ارزش سرمایه گذاری به پائین تر از سطح فاجعه[۱۹] تعریف می کند، این معیار به عنوان مشهورترین اندازه ریسک نامطلوب[۲۰] شناخته شده است [19]. دیدگاه سوم بعنوان یکی از معیار های جدید اندازه گیری ریسک مطرح می باشد؛ ارزش در معرض ریسک[۲۱] منطبق بر حداکثر زیان احتمالی سبد سهام در یک دوره زمانی با احتمال معین است؛ روش های محاسبه ارزش در معرض ریسک به دو نوع پارامتریک و ناپارامتریک تقسیم می شود، روش پارامتریک به روش واریانس-کوواریانس و برخی روش های تحلیلی خلاصه شده و روش ناپارامتریک نیز شامل روش هایی مثل شبیه سازی تاریخی و شبیه سازی مونت کارلو می باشد [4]. روش واریانس-کوواریانس به علت آسانی روش محاسبات و خصوصاً محاسبات روزانه، کاربرد زیادی دارد؛ این روش بر دو پیش فرض استوار است :

۱) بازده دارایی دارای توزیع نرمال است.

۲) بین عوامل ریسک بازار و ارزش دارایی رابطه خطی وجود دارد.

بر مبنای این روش، احتمال اینکه ارزش سبد سهام با انحراف معیار بازدهی مشخص و با سطح اطمینان معین از ارزش مفروض کمتر باشد، از طریق معادله زیر محاسبه می شود:

$$Var = m.z_{\alpha}.\delta.\sqrt{t}$$

در این رابطه m ارزش بازار، α سطح اطمینان، δ انحراف معیار و t طول دوره زمانی محاسبه بازده می باشد. گسترش و توسعه مدل مارکوویتز را می توان پایه گذار بسیاری از مدل های بعدی ارائه شده از جمله مدل قیمت گذاری دارایی های سرمایه گذاری (CAPM)، تئوری قیمت گذاری آربیتراژ (APT) [20]، مدل تک شاخصی و چند شاخصی، مدل برنامه ریزی خطی عدد صحیح مختلط[۲۲] [14]، مدل برنامه ریزی غیر خطی عدد صحیح مختلط[۲۳]، مدل مارکوویتز با ورودی فازی-تصادفی و مدل مارکوویتز با رویکرد مباحث رفتار مالی دانست.

بررسی عملکرد سبد سهام در مرحله بعد شامل دو اقدام اساسی است، اول تعیین مطلوب[۲۴] یا نامطلوب[۲۵] بودن عملکرد است و دومین اقدام، مشخص نمودن اینست که آیا

عملکرد مذکور ناشی از شانس و اقبال بوده و یا در نتیجه تخصص حاصل شده است [20]. از جمله روش های رایج ارزیابی سبد سهام تعدیل شده بر مبنای ریسک عبارتند از :

معیار جنسن که از تفاوت بین متوسط بازده سبد سهام با بازده مبنا؛ معیار ترینر که از تقسیم بازده اضافی بر ریسک سیستماتیک و معیار شارپ از شاخص مبنایی بر اساس خط بازار سرمایه (CML)[۲۶] برای ارزیابی استفاده می کنند؛ همچنین معیار M^2 مشخص می کند اگر سبد سهام، درجه مشابهی از ریسک کل سبد بازار را داشته باشد، متوسط بازده چقدر است و معیار نسبت ارزیابی[۲۷]، بازده غیرمعمول هر واحد ریسک غیر سیستماتیک را اندازه‌گیری می‌کند [7] و... . از جمله الگوهای بهینه سازی می توان به مواردی مثل بهینه سازی با سعی و خطا[۲۸]؛ بهینه سازی با تابع[۲۹] که منطبق بر روش های ریاضی است؛ بهینه سازی تک بعدی و چند بعدی[۳۰]، زمانی که یک یا چند متغیر در مسأله وجود دارد؛ بهینه سازی پویا و بهینه سازی ایستا[۳۱] که وابسته یا مستقل از زمان است؛ بهینه سازی مقید و نامقید[۳۲] که مرتبط با یک بازه مشخص و یا نامحدود است؛ بهینه سازی پیوسته و گسسته[۳۳] که بر مبنای تغییرات پیوسته و یا گسسته در یک بازه مشخص است و در نهایت، بهینه‌سازی تک بعدی و چند معیاره[۳۴] که به وجود یک یا چند معیار هدف بستگی دارد، اشاره نمود. در الگوی چند معیاره، مجموعه جواب ها بر اساس منحنی پارتو شناخته می‌شوند و از آن در بهینه سازی سبد سهام استفاده شده است.

یانگ[۳۵] (۲۰۰۶) در تحقیقی با عنوان «بهبود کارائی سبد سهام با شیوه ای از الگوریتم ژنتیک»، الگوریتم ژنتیک را در کنار یک سیستم پویای بهینه سازی سبد سهام، جهت توسعه کارائی سبد سهام به کار برده است، نتایج وی نشاندهنده کارا بودن الگوریتم ژنتیک در بهینه سازی سبد سهام است [22]. لین و گان (۲۰۰۷) در تحقیق خود یک الگوریتم ژنتیک دو مرحله ای را برای حل مسأله بهینه سازی سبد سهام چند منظوره به کار برده اند، نتایج آنها حاکی از حصول بهینه سازی سبد سهام به کمک الگوریتم ژنتیک دارد [16]. لین و لیو (۲۰۰۸)، مدل مارکوویتز را با محدودیت حداقل مقدار خرید به سه طریق مدلسازی کردند ، نتایج مطالعات نشان داد که الگوریتم های ژنتیک برای این مدلها می تواند نقطه نزدیک به بهینه را در حداقل زمان قابل قبول بدست آورند [15].

به تازگی هوانگ[۳۶] (۲۰۰۸) تعمیمی از تعریف مطرح شده توسط رُی (۱۹۵۲) را ارائه کرده که در آن به جای محاسبه احتمال سقوط ارزش سرمایه گذاری به پائین تر از یک

سطح فاجعه، برای هر سطح فاجعه ممکن، یک احتمال در نظر گرفته می شود. آرانا و ایبا[۳۷] (۲۰۰۹) در تحقیقی با عنوان «الگوریتم ژنتیک درختی ممتیک و کاربرد آن در بهینه سازی سبد سهام» از الگوریتم ژنتیک برای انتخاب و بهینه سازی سبد سهام استفاده کردند، نتایج آنها نیز کارایی الگوریتم ژنتیک در انتخاب و بهینه سازی سبد سهام را تأیید می کند [13]. هاو و لیو[۳۸] (۲۰۰۹) در تحقیقی با عنوان «مدل میانگین-واریانس برای انتخاب سبد سهام با با بازده تصادفی فازی» ، الگوریتم ژنتیک را به عنوان ابزار حل مدلهای خود به کار بردند، نتایج نشان داد الگوریتم ژنتیک در حل مدل برای انتخاب سبد سهام موفق بوده است [12]. همچنین چانگ و همکارانش[۳۹] (۲۰۰۹) یک روش فراابتکاری برای حل مسأله بهینه سازی سبد سهام ارائه کردند که درآن الگوریتم ژنتیک، سبدهای سهام مختلف که ریسک آنها به شیوه های متفاوتی محاسبه شده بود را به کار می گرفت و نتایج حاکی از امکان دستیابی به سبد بهینه سهام به کمک الگوریتم ژنتیک دارد [8].

عبدالعلی زاده شهیر و عشقی (۱۳۸۲)، با استفاده از الگوی خاصی از الگوریتم ژنتیک به انتخاب مجموعه ای از دارایی از بین سهام گوناگون پرداخته اند و نشان دادند انتخاب سبد سهام از طریق الگوریتم ژنتیک امکان پذیر است[5]. امیری و پناهی (۱۳۸۹) در تحقیقی با عنوان «انتخاب سبد سهام بهینه با استفاده از تصمیم گیری چند معیاره» جهت بهینه سازی سبد سهام، الگوریتم ممتیک را بکار برده و نتایج حاکی از موفقیت الگوریتم ممتیک در اولویت بندی سبدهای سهام از طریق روش های چند معیاره دارد [1]. خالوزاده و امیری، نشان دادند که مدل‌سازی ریسک بازار بر مبنای ارزش در معرض ریسک با وجود پیچیدگی های محاسبه، روش کارایی برای انتخاب سبد سهام در بورس اوراق بهادار به شمار می رود [2].

۳- فرضیه های تحقیق

۱) می توان با کمک الگوریتم ژنتیک چند هدفه NSGA-II به یک سبد سهام بهینه دست یافت.

۲) بین عملکرد سبد سهام طراحی شده بر اساس الگوریتم ژنتیک و سبد سهام پنجاه شرکت برتر با اوزان یکسان تفاوت وجود دارد.

۴- روش‌شناسی تحقیق

در این پژوهش، اطلاعات (روزانه) مورد نیاز با مراجعه به کتابخانه و پایگاه اطلاعاتی بورس و نیز نرم افزارهای تدبیر پرداز و ره آورد نوین گردآوری شده است. جامعه آماری، کلیه شرکت‌های پذیرفته شده سازمان بورس اوراق بهادار تهران و نمونه آماری، داده‌های ۵۰ شرکت برتر بورس در خلال سال‌های ۸۹-۱۳۸۵ را در بر می‌گیرد. داده‌های کسب شده بعنوان کدهای ورودی در الگوریتم ژنتیک چند هدفه استفاده و سپس الگوریتم با لحاظ تعاریف و محدودیت های تعریف شده برای آن، داده ها را تجزیه و تحلیل و خروجی مدل به کمک نرم افزار MATLAB v.6 استخراج شد. جدول ۱، مشخصات الگوریتم ژنتیک چندهدفه استفاده شده در این پژوهش را نشان می دهد :

جدول ۱- مشخصات الگوریتم ژنتیک NSGA-II

تابع عملگر جهش ناگهانی	تابع گوسی	نوع جمعیت	بردار دوگانه
مقیاس عملگر جهش ناگهانی	۱	اندازه جمعیت	۵۰۰
تعداد نسل ها	۱۵۰	تابع انتخاب	چرخ گردان رولت
محدودیت و تأخیر زمانی (شرط توقف)	نامحدود	نرخ عملگر ضربدری	۰/۸
محدودیت تعداد نسل (شرط توقف)	نامحدود	تابع عملگر ضربدری	پراکنده[۴۰]
محدودیت دقت تغییر در تابع هدف (شرط توقف)	$۱۰^{-۶}$	نرخ نخبه گرایی و مهاجرت	۰/۲

با توجه به جدول ۱، الگوریتم ژنتیک بر اساس اندازه جمعیت تعریف شده، ۵۰۰ سبد سهام را بعنوان کروموزوم تولید و فرآیند تکامل را تا ۱۵۰ نسل ادامه می دهد؛ در انتها، ۵۰۰ سبد طراحی شده به کمک الگوریتم ژنتیک بر اساس معیارهای ریسک و بازده اولویت بندی می شود. دو شرط اساسی برای انتخاب نسبت وزنی سهام (w_i) -مورد استفاده در سبد سهام- که برای الگوریتم تعریف گردید بصورت زیر بیان می گردد:

$$(1) \quad 0 \le w_i \le 1$$

$$(2) \quad \sum_{i=1}^{n} w_i = 1$$

چگونگی اجرای دو محدودیت (۱) و (۲) برای الگوریتم بوسیله حلقه (۳) تعریف گردید:

(3) for i=1 to n do

t_i:= rnd [0،1]

$s:=\sum t_i$
$w_i=t_i/s$

با تعریف حلقه (۳)، الگوریتم ابتدا n داده را در بازه [0,1] بطور تصادفی انتخاب می کند که لزوماً مجموع این اعداد یک نخواهد بود؛ اعداد تصادفی انتخابی را t_i نامیده، مجموع آنها را S می نامیم. در ادامه w_i را از تقسیم t_i بر S بدست می آوریم؛ بنابراین هر دو محدودیت تعریف شده برای w_i به صورت روابط زیر تحقق می یابد:

$$t_i \le S \Rightarrow 0 \le w_i = t_i / S \le 1 \quad (4)$$

$$\sum_{i=1}^{n} w_i = \frac{t_1}{S} + \frac{t_2}{S} + \ldots + \frac{t_n}{S} = \frac{\sum_{i=1}^{n} t_i}{S} = \frac{S}{S} = 1 \quad (5)$$

در نهایت الگوریتم با اجرای حلقه (۳)، وزن ها (w_i) را تولید و در معادله هدف (۶) بعنوان بازده و معادله هدف (۷) بعنوان ارزش در معرض ریسک اعمال می نماید:

$$r_p = w_1 r_1 + w_2 r_2 + \ldots + w_n r_n = \sum_{j=1}^{N} w_j r_j \quad (6)$$

$$Var = m.z_\alpha.\delta.\sqrt{t} \quad (7)$$

۵- نتایج تحقیق

آزمون فرضیه ۱:

فرضیه ۱: می توان با کمک الگوریتم ژنتیک چند هدفه NSGA-II به یک سبد سهام بهینه دست یافت.

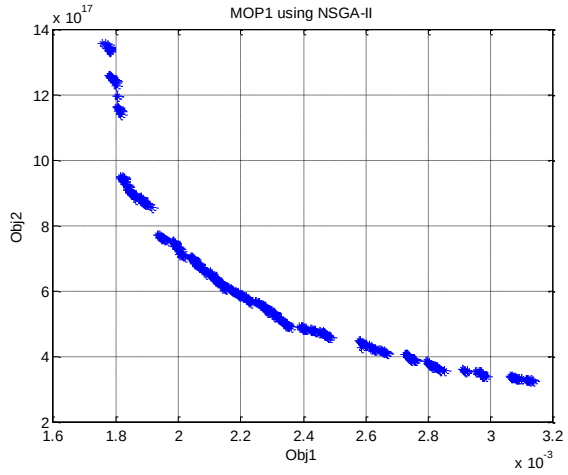
الگوریتم ژنتیک NSGA-II بر اساس اندازه جمعیت تعریف شده در جدول ۱، ۵۰۰ سبد را طراحی و آنها را بر اساس اهداف ریسک و بازده رتبه بندی می کند. نمایش چندین رتبه همسان در طبقه بندی ها، نشان می دهد که سبد های مذکور نسبت به یکدیگر نه غالب بوده و نه مغلوب؛ بنابراین انتخاب هر یک از اولویت های هم رتبه بر اساس ترجیحات ریسک پذیری و یا ریسک گریزی مدیران می باشد. نمودار ۱، رتبه بندی سبدها بر اساس منحنی پارتو (حاصل از اجرای برنامه) را نشان می دهد.

با توجه به نمودار ۱، رتبه ها از ۱ تا ۳۸ را شامل می شود. بدلیل تعداد زیاد سبدهای طراحی شده (۵۰۰)، یکی از سبد های سهام با اولویت ۱ بطور تصادفی انتخاب و در جدول

۲ پیشنهاد می شود؛ به منظور بررسی عملکرد سبد سهام پیشنهادی از معیار شارپ استفاده شده است. این معیار، به صورت معادله (۸) تعریف می شود :

$$PVAR = (TR_{p(avr.)} - RF_{p(avr.)}) / SD_p = \text{(ریسک کل سبد)/(میانگین بازده اضافی)} \quad (8)$$

بطوریکه PVAR، بازده اضافی به ازای هر واحد ریسک کل (معیار شارپ)؛ $TR_{p(avr.)}$، میانگین بازده کل سبد در طی دوره زمانی p ؛ $RF_{p(avr.)}$، میانگین نرخ بازده بدون ریسک طی دوره زمانی p و SD_p ، انحراف معیار بازده سبد طی دوره زمانی p است. علت انتخاب مقیاس شارپ جهت ارزیابی، در نظر گرفتن ریسک کل توسط این معیار است [3]. به منظور استفاده از معیار شارپ؛ بایستی CML را مشخص نمود. این خط در نموداری رسم می گردد که متوسط بازده در محور عمودی و انحراف معیار در محور افقی اندازه گیری می شود.



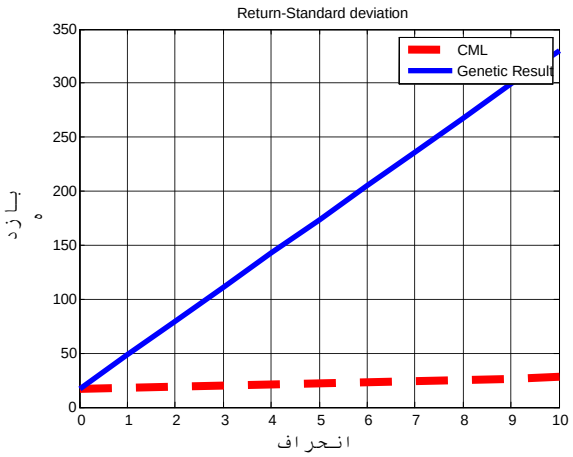
نمودار ۱- پارتو حاصل از اجرای الگوریتم با لحاظ دو هدف ریسک و بازده

جدول ۲- ضرایب بهینه سبد سهام طراحی شده بوسیله الگوریتم ژنتیک NSGA-II

نام و ردیف شرکت	ضرایب سهام در	نام و ردیف شرکت	ضرایب سهام در	نام و ردیف شرکت	ضرایب سهام در

	سبد سهام منتخب		سبد سهام منتخب		سبد سهام منتخب
۱- البرز دارو	۰/۰۱۸۲۱۹	۱۸- گل گهر	۰/۰۲۲۶۹۲	۳۵- س.بوعلی	۰/۰۰۴۷۵
۲- انفورماتیک	۰/۰۲۶۴۹۱	۱۹- ایران ترانس	۰/۰۳۰۶۰۳	۳۶- س.غدیر	۰/۰۳۰۳۴۷
۳- آذراب	۰/۰۰۶۸۹۵	۲۰- جابر	۰/۰۳۶۴۰۲	۳۷- ص.معادن	۰/۰۳۲۹۴
۴- ب.اقتصاد نوین	۰/۰۲۱۶۱۸	۲۱- کنتورسازی	۰/۰۳۴۲۴۴	۳۸- س.ملی	۰/۰۳۰۳۱۴
۵- ب.کارآفرین	۰/۰۲۵۷۸۱	۲۲- لیزینگ	۰/۰۰۵۳۲۳	۳۹- رنـــا	۰/۰۱۳۷۱۴
۶-ب.صادرات	۰/۰۰۰۵۷۳	۲۳- مپنـــا	۰/۰۰۷۶۹۴	۴۰- توکـــا	۰/۰۲۳۷۶۹
۷- ب.سینا	۰/۰۱۹۱۳۳	۲۴- مهرکام پارس	۰/۰۰۰۶۲۵	۴۱- س.مس	۰/۰۱۹۰۷۶
۸- ب.تجارت	۰/۰۳۶۰۵۳	۲۵- نیرو محرکه	۰/۰۰۱۱۷۶	۴۲- س.توس	۰/۰۰۳۵۵
۹- بامـــا	۰/۰۰۴۶۳۸	۲۶- پارس خودرو	۰/۰۰۰۳۷	۴۳- سپاهان	۰/۰۳۳۷۱
۱۰- چادرملو	۰/۰۱۸۰۰۱	۲۷- پ. اصفهان	۰/۰۲۴۲۶۲	۴۴- سیمان ف	۰/۰۲۷۹۰۲
۱۱- دارو کوثر	۰/۰۲۶۸۲۹	۲۸- پ.شازند	۰/۰۲۴۷۷۴	۴۵- سیمان ت	۰/۰۱۰۸۷۴
۱۲- دارو سبحان	۰/۰۱۱۹۹۱	۲۹- پ. تهران	۰/۰۳۷۳۷۹	۴۶- ساپیا	۰/۰۳۹۴۳۶
۱۳- فارسیت	۰/۰۳۸۶۵۸	۳۰- رینگ سازی	۰/۰۲۹۸۴	۴۷- ساپیا آذین	۰/۰۰۷۴۷۵
۱۴- ف. خراسان	۰/۰۲۸۲۴۲	۳۱- ص.روی	۰/۰۱۲۲۵	۴۸- تکین کو	۰/۰۱۲۲۰۱
۱۵- ف.اصفهان	۰/۰۰۸۴۱۲	۳۲- س.البرز	۰/۰۲۰۱۵۹	۴۹- شاهد	۰/۰۱۶۷۲۶
۱۶- ف.اهواز	۰/۰۲۲۵۶۶	۳۳- بازنشستگی	۰/۰۱۰۵۰۱	۵۰- تاید واتر	۰/۰۰۹۶۲
۱۷- قطعات	۰/۰۳۵۷۶۷	۳۴- س. بهشهر	۰/۰۲۹۸۱۱	مجموع ضرایب = ۱	

اگر سبد طراحی شده توسط الگوریتم بر اساس دو معیار ریسک و بازده بالای خط CML قرار گیرد، عملکرد مطلوب، در غیر این صورت نامطلوب خواهد بود. نمودار ۲، با بررسی عملکرد سبد طراحی شده توسط الگوریتم، فرضیه ۱ را تأیید می کند.



نمودار ۲- بررسی عملکرد سبد سهام بر اساس معیار شارپ

آزمون فرضیه ۲ :

فرضیه ۲ : بین عملکرد سبد سهام طراحی شده بر اساس الگوریتم ژنتیک و سبد سهام پنجاه شرکت برتر با اوزان یکسان تفاوت وجود دارد.

بیان آماری فرضیه ۲ به صورت زیر می باشد :

H_0 : بین عملکرد سبد سهام منتخب با اوزان مساوی و منتخب ژنتیک تفاوت معناداری وجود ندارد

H_1 : بین عملکرد سبد سهام منتخب با اوزان مساوی و منتخب ژنتیک تفاوت معناداری وجود دارد

پیش فرض اصلی برای محاسبه ارزش در معرض ریسک، بر اساس روش واریانس-کوواریانس بر نرمال بودن توزیع بازده استوار است. نرمال بودن بازده ها ، به کمک آزمون کولموگروف در نرم افزار SPSS مورد تأیید و در جدول ۳ نشان داده شده است :

جدول ۳- آزمون نرمال بودن بازده ها در سبد سهام طراحی شده توسط ژنتیک

		WR
N		۵۰
Normal Parameters a,b	Mean	۱۱/۳۳۰۹۱
	Std. Deviation	۸/۳۷
Most Extreme Differences	Absolute	۰/۱۲۴
	Positive	۰/۱۲۴
	Negative	-۰/۰۹۱
Kolmogorov-Smirnov Z		۰/۸۷۸
Asymp. Sig. (2-tailed)		۰/۴۲۴

a. Test distribution is Normal.

سطح معناداری ۰/۴۲۴ > ۰/۰۵ نشاندهنده نرمال بودن توزیع بازده است. در ادامه، جدول ۴ نرمال بودن توزیع بازده در سبد سهام ۵۰ شرکت برتر با اوزان مساوی را بوسیله آزمون کولموگروف نشان می دهد :

جدول ۴- آزمون نرمال بودن بازده ها در سبد سهام ۵۰ شرکت با اوزان مساوی

		WR
N		۵۰
Normal Parameters a,b	Mean	۷/۵۹۸۵۸۰
	Std. Deviation	۴/۸۹۳۲۶
Most Extreme Differences	Absolute	۰/۱۳۳
	Positive	۰/۱۳۳
	Negative	-۰/۰۷۰
Kolmogorov-Smirnov Z		۰/۹۳۹
Asymp. Sig. (2-tailed)		۰/۳۴۱

a. Test distribution is Normal.

سطح معناداری ۰/۳۴۱ > ۰/۰۵ نشاندهنده نرمال بودن توزیع بازده است. در ادامه از آزمون t برای بررسی فرضیه ۲ استفاده و نتایج در جدول ۵ ذکر گردیده است؛ قبل از انجام آزمون t برای دو گروه سبد طراحی شده بوسیله الگوریتم ژنتیک و سبد ۵۰ شرکت برتر با اوزان یکسان، لازم است هم واریانسی (همگنی) داده ها با استفاده از "آزمون لون" بررسی شود :

H_0 : واریانس داده ها در دو گروه سبد سهام ۵۰ شرکت برتر با اوزان یکسان و منتخب ژنتیک همگن هستند

H_1 : واریانس داده ها در دو گروه سبد سهام ۵۰ شرکت برتر با اوزان یکسان و منتخب ژنتیک همگن نیستند

با توجه به آماره F = ۹/۸۱۸ و سطح معناداری که کوچکتر از ۰/۰۵ است (۰/۰۰۲ = Sig)، فرض H_1 پذیرفته می شود یعنی واریانس داده ها در دو گروه سبد سهام ۵۰ شرکت برتر با اوزان یکسان و سبد طراحی شده بوسیله الگوریتم ژنتیک، همگن نیستند.

جدول ۵- نتایج آزمون t

	GROUP	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
WR	۱	۵۰	۱۱/۳۳۰۹۱	۸/۳۷۰۰۰۱۲۸۶	۱/۱۸۳۶۹۷
	۲	۵۰	۷/۵۹۸۵۸۰	۴/۸۹۳۲۵۲۳۰۵	۰/۶۹۲۰۱۳۸

		Levene's Test for Equality of Variance		t-test for Equality of Means				
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference
WR	Equal variances assumed	۹/۸۱۸	۰/۰۰۲	۲/۷۲۲	۹۸	۰/۰۰۸	۳/۷۳۲۳۳۰۷	۱/۳۷۱۱۳۷۰
	Equal variances not assumed			۲/۷۲۲	۷۸/۹۹۱	۰/۰۰۸	۳/۷۳۲۳۳۰۷	۱/۳۷۱۱۳۷۰

نتایج حاصل از آزمون t نشان داد که سطح معناداری ۰/۰۵ > ۰/۰۰۸ ؛ بنابراین با اطمینان ٪۹۵ بین عملکرد سبد طراحی شده بوسیله الگوریتم و سبد ۵۰ شرکت برتر با اوزان مساوی، تفاوت وجود دارد. در نتیجه بین میانگین گروه ۱ (۱۱/۳۳۰۹۱) و میانگین گروه ۲ (۷/۵۹۸۵۸۰) نیز تفاوت وجود دارد.

۶- نتیجه گیری و بحث

این پژوهش با بررسی عملکرد سبد طراحی شده بوسیله الگوریتم ژنتیک توسط معیار شارپ،کاربرد الگوریتم ژنتیک NSGA-II در انتخاب و بهینه سازی سبد سهام را مورد تأیید قرار می دهد. همچنین بین عملکرد سبد سهام طراحی شده بوسیله الگوریتم ژنتیک NSGA-II با سبد سهام ۵۰ شرکت برتر با اوزان مساوی تفاوت وجود دارد. نتایج حاصل، با

تحقیقات لین و لیو (۲۰۰۸)، هوانگ (۲۰۰۸) و همچنین هاو و لیو (۲۰۰۹) سازگار است. در ادامه، حوزه های زیر برای تحقیقات آتی به محققین پیشنهاد می گردد :

- تشکیل و بهینه سازی سبد سهام با استفاده از دیگر الگوریتم های فراابتکاری همانند تبرید شبیه سازی شده، امپریالیسم، زنبور عسل و ...
- تلفیق رویکرد شبکه عصبی و الگوریتم NSGA-II در هوشمند سازی الگوریتم چندهدفه.
- حل مسأله با در نظر گرفتن دیگر جوامع آماری نظیر فرابورس و یا به تفکیک صنعت.
- افزودن اهداف جدیدی به مدل همانند ارزش بازار و ... علاوه بر ریسک و بازده
- افزایش حجم نمونه با به کارگیری تعداد بیشتری از ۵۰ شرکت برتر بورس

فهرست منابع

[1] امیری، مقصود، شریعت پناهی، مجید.، بناکار، محمد هادی.، (۱۳۸۹) "انتخاب سبد سهام بهینه با استفاده از تصمیم‌گیری چند معیاره"، فصلنامه بورس اوراق بهادار.، شماره ۱۱، ص. ۲۴-۵

[2] خالوزاده، مجید.، امیری، نسیبه.، (۱۳۸۵) "تعیین سبد سهام بهینه در بازار بورس ایران بر اساس نظریه ارزش در معرض ریسک"، مجله تحقیقات اقتصادی، شماره ۷۳، ص. ۲۳۱-۲۱۱،

[3] راعی. رضا.، تلنگی، احمد.، (۱۳۸۴) "مدیریت سرمایه گذاری پیشرفته"، انتشارات سمت.، ص. ۴۳۲-۴۲۹،

[4] راعی. رضا.، سعیدی، علی.، (۱۳۸۸) "مبانی مهندسی مالی و مدیریت ریسک"، انتشارات سمت.، ص. ۱۴۸-۱۳۶،

[5] عشقی، کوروش.، عبالعلی زاده شهیر، عشقی.، (۱۳۸۲) " کاربرد الگوریتم ژنتیک در انتخاب یک مجموعه دارایی از سهام بورس اوراق بهادار"، فصلنامه پژوهشهای اقتصادی ایران، شماره ۱۷، ص. ۱۴۸-۱۷۵،

[6] Aranha, C., H. Iba., (2009), “The Memetic Tree-based Genetic Algorithm & its application to Portfolio Optimization”, springer: Memetic Comp.1: PP.139–151

[7] bodie, kane., marcus, Dan., (1996), “Investment”, MC Graw Hill, New

York., P.783
[8] 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
[9] Deb K., Pratap A., Agarwal S., Meyarivan T., (2002), "A fast and elitist multiobjective genetic algorithm: NSGA-II", IEEE Trans Evol Comput,
[10] Fama E. F., (1970), "Efficient capital markets: A review of theory and empirical work", Journal of finance, 25:2, pp. 283-417
[11] Goldberg, D., (1989), "Genetic Algorithm in search, Optimization and machine Learning", Addison-Wesely
[12] Hoo, F. F., Lin, Y. K., (2009), "Mean-variance models for portfolio selection with fuzzy random returns", Springer, GAPP, 1, mass compute 2009, 30, PP. 9-38
[13] Huang, X., (2008), "Portfolio selection with new definition of risk", European journal of Operational research, 186, PP. 351-357
[14] Keller, R. E., Banzhaf, W., Nordin, P., Francone, F.D., (1998), "Genetic Programming–An Introduction; On the Automatic Evolution of Computer Programs and its Applications" Morgan Kaufmann, dpunkt.verlag
[15] Lin, Chang., Lin, Yi, Ting., (2008), "Genetic algorithm for portfolio selection problem with transaction lost", European journal of operational research., Vol. 185, ISSUE, 1, 16, PP. 393-401
[16] Lin, Chi., Ming, Mitsuo, Gon., (2007), "An effective decision-based genetic algorithm approach to multi objective portfolio optimization problem", Applied mathematical science, Vol. 1, S, E, PP.1-21
[17] Markowitz, H., M., (1952), "Portfolio Selection", The Journal of Finance, Vol. 7, 1, PP. 77-91
[18] Melanie, M., (1999), "An Introduction to Genetic Algorithms", A Bradford Book The MIT Press Cambridge, Massachusetts-London, England, Fifth Printing
[19] Roy, A. D., (1952), "Safety first and the holding of asset", Econometrics, 20, PP. 431-449
[20] Sharp, Alexander., bailey., (1993), "Fundamentals of Investments", Third Edition, Fabozzi, Investment Management., PP.139-151, 835-848
[21] Srinivas, N., Deb, K., (1994), "Multiobjective Optimization Using Nondominated Sorting in Genetic Algorithms", Evolutionary Computation, Wiley, New York
[22] Yang, X., (2006), "Improving portfolio Efficiency a genetic algorithm approach", computational economics, 28, 1, PP. 1-14

یادداشت‌ها

[1] Markowitz
[2] Shrp & Linter
[3] Fama
[4] Pertfolie Selection Proplem
[5] Non-Dominated Sorting Genetic Algorithm II
[6] Heuristic Methods
[7] Meta Heuristic Methods
[8] John Holland
[9] Survival of the Fittest
[10] Chromosome
[11] Pareto Dominance
[12] Vilfredo Pareto
[13] Goldberg
[14] Non-Dominated Sorting Approach
[15] Gene
[16] Rom & Ferguson (1994)
[17] Koplon & Siegel (1994)
[18] Roy
[19] Disaster Level
[20] Down Side Risk
[21] Value at Risk
[22] Mixed-Integer Linear Programming
[23] Non Linear Mixed-Integer Programming
[24] Superior Performance
[25] Inferior Performance
[26] Capital Market Line
[27] Appraisal Ratio
[28] Trial and Error Optimization
[29] Function Optimization
[30] Uni-Model And Multi-Dimensional Optimization
[31] Dynamic And Static Optimization
[32] Constrained And Unconstrained Optimization
[33] Continuous And Discrete Optimization
[34] Single-Objective And Multi Objective Optimization
[35] Xia Lau Yang
[36] Huang, X.,(2008)
[37] Aranaha, G, & H. Lba
[38] Hao. F.F. , Lin. Y.K.
[39] Chang et. al
[40] Scattered