Publisher: Shahid Beheshti University
Journal of Financial Management Perspective
2022, Vol. 12, No.37
PP: 95-122
DOI: https://doi.org/10.52547/JFMP.12.37.95
© Copyright: Author(s)
P-ISSN: 2645-4637
E-ISSN: 2645-4645

Investigating the Effect of Study Period Selection on Solving Portfolio Optimization Based on Different Risk Criteria Using Meta-Heuristic Algorithms

Reza Aghamohammadi*, Reza Tehrani, Maryam Khademi*****

Research Paper

Abstract

The fluctuation of stock returns in the capital market in different periods is significant and the choice of the study period is very important in the portfolio optimization. hence, in this study, we solved the portfolio optimization problem based on the mean-variance model and the mean-percentage of Value at Risk model, which examines the VaR criterion from another perspective. for this purpose, we selected three different study periods in 1393-1398, 1396-98, and 1391-98 in Tehran Stock Exchange as study periods, and used NSGA II and MOABC algorithms. Then while analyzing different periods in terms of the desirability of the proposed portfolios and data quality, we selected the most efficient period. In order to ensure the results, we compared the proposed solutions resulting from solving the studied models were analyzed using the algorithms used in each of the studied periods, independently and also a fixed period. The results of this study indicate that the selection of the study period has a significant effect on the quality of the proposed solutions resulting from solving the portfolio optimization problem. The longer the study period and the less fluctuating the average and variance of stock returns of the companies under review in the said period, the more reliable the selected period is and the higher the desirability of solving the stock portfolio optimization problem.

Keywords: Portfolio Optimization; Value at Risk; MOABC Algorithm; NSGA II Algorithm.

Received: 2021. June. 18, Accepted: 2021. November. 20.
* Ph.D. Candidate in Industrial Management - financial, Department of Industrial Management, Tehran North Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran. E-Mail: rezaaghi@gmail.com
** Prof., Department of Financial Management and Insurance, University of Tehran, Tehran, Iran. (Corresponding Author). E-Mail: rtehrani@ut.ac.ir
** Associate Prof., Department of Applied Mathematics, Tehran South Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran. E-Mail: khademi@azad.ac.ir

ناشر: دانشگاه شهیدبهشتی
نشریه چشم‌انداز مدیریت مالی
۱۴۰۱، دوره ۱۲، شماره ۳۷
ص‌ص. ۹۵- ۱۲۲
© نویسندگان
شاپای چاپی: ۴۶۳۷- ۲۶۴۵
شاپای الکترونیکی: ۴۶۴۵- ۲۶۴۵

بررسی اثر انتخاب دوره مطالعه بر حل بهینه‌سازی سبد سهام براساس معیار متفاوت ریسک با استفاده از الگوریتم‌های فراابتکاری

رضا آقامحمدی*، رضا تهرانی، مریم خادمی*****

مقاله پژوهشی

چکیده

نوسان بازدهی سهام در بازار سرمایه در دوره‌های متفاوت، قابل‌ملاحظه بوده و انتخاب دوره مطالعه اهمیت بسزایی در حل مسأله بهینه‌سازی سبد سهام دارد. ازاین‌رو، این پژوهش به مسأله بهینه‌سازی سبد سهام بر اساس مدل میانگین- واریانس و مدل میانگین- درصد دارایی در معرض ریسک که معیار ارزش در معرض ریسک را از منظر دیگری موردبررسی قرار داده، پرداخته و اقدام به حل آن با استفاده از الگوریتم‌های چندهدفه MOABC و NSGA II، در سه دوره مطالعه متفاوت ۹۸-۱۳۹۶، ۹۸-۱۳۹۳ و ۹۸-۱۳۹۱ در بورس اوراق بهادار تهران، نموده است. همچنین ضمن تجزیه‌وتحلیل نتایج، دوره‌های مختلف ازلحاظ مطلوبیت سبدهای سهام پیشنهادی و کیفیت داده‌ها، موردبررسی قرارگرفته و کارآمدترین دوره انتخاب شده است. در ادامه به‌منظور اطمینان از نتایج به‌دست‌آمده، راه‌حل‌های ارائه‌شده حاصل از حل مدل‌های موردمطالعه با استفاده از الگوریتم‌های مورداستفاده در هریک از دوره‌های موردبررسی، به‌صورت مستقل و بر اساس یک دوره ثابت مورد تجزیه‌وتحلیل و مقایسه قرار گرفت. نتایج این پژوهش حاکی از آن است که انتخاب دوره مطالعه بر کیفیت راه‌حل‌های ارائه‌شده حاصل از حل مسأله بهینه‌سازی سبد سهام تأثیر بسزایی داشته و هرچقدر طول دوره مطالعه بیشتر بوده و میانگین و واریانس بازدهی سهام شرکت‌های موردبررسی در دوره مذکور از نوسان کمتری برخوردار باشد، دوره انتخابی اطمینان‌بخش‌تر بوده و حل مسأله بهینه‌سازی سبد سهام از مطلوبیت بالاتری برخوردار است.

کلیدواژه‌ها: بهینه‌سازی سبد سهام؛ ارزش در معرض ریسک؛ الگوریتم کلونی زنبور مصنوعی چندهدفه؛ الگوریتم ژنتیک رتبه‌بندی نامغلوب II.

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۰۳/۲۸، تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۰۸/۲۹.

* دانشجوی دکتری مدیریت صنعتی – مالی، گروه مدیریت صنعتی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
E-Mail: rezaaghi@gmail.com

** استاد، گروه مدیریت مالی و بیمه، دانشگاه تهران، تهران، ایران (نویسنده مسئول).
E-Mail: rtehrani@ut.ac.ir

*** دانشیار، گروه ریاضی کاربردی، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران .
E-Mail: khademi@azad.ac.ir

۱. مقدمه

یکی از مهم‌ترین دغدغه‌های سرمایه‌گذاران در بازار سرمایه، انتخاب سبد سهام بهینه ازلحاظ سودآوری است. به همین منظور تنوع روش‌های انتخاب سبد سهام در سرمایه‌گذاری گسترش‌یافته و موجب ایجاد پیچیدگی‌های شدیدی در تصمیم‌گیری‌های اخیر شده است [۹]. مفهوم بهینه‌سازی و متنوع سازی پرتفوی در توسعه بازارها و تصمیم‌گیری‌های مالی نقش اساسی دارد. ازاین‌رو، انتشار نظریه سبد سهام هری مارکوویتز در سال ۱۹۵۲ موفقیت‌های بسیاری کسب نمود [۱۰]. از آن زمان تغییرات زیادی در نگرش مردم نسبت به فرآیند سرمایه‌گذاری و اوراق بهادار ایجادشده و مدل مارکویتز به‌عنوان ابزاری کارآمد برای بهینه‌سازی اوراق بهادار مورداستفاده قرارگرفته است [۱۷].

متغیرهای کلان پولی و مالی ازجمله عواملی هستند که می‌تواند بر عملکرد شرکت‌ها تأثیرگذار باشد. نرخ ارز ازجمله این عوامل است که روابط تجاری بنگاه‌های اقتصادی با دنیای خارج را تحت تأثیر قرار می‌دهد [۲۶]. ارتباط بین بازارهای مالی و یا کالایی، همواره یکی از موضوعات مهم برای سرمایه‌گذاران و نهادهای نظارتی محسوب می‌شود. نوسانات یک بازار می‌تواند تأثیرات قابل‌توجهی روی بازارهای دیگر داشته باشد [۱۱].

در چند سال اخیر به دلیل تهدیدهای ناشی از تحریم‌ها و سایر عوامل اجتماعی و سیاسی، نرخ ارز دستخوش تغییرات قابل‌توجهی گردیده است، لذا انتخاب دوره موردمطالعه در بحث بهینه‌سازی سبد سهام می‌تواند تأثیرات بسزایی در نتایج پژوهش‌های مربوطه ایجاد نماید. از سوی دیگر مسأله بهینه‌سازی سبد سهام از نوع مسائل با پیچیدگی‌های خاص (NP HARD) بوده و حل آن به روش دقیق ریاضی بسیار پیچیده و زمان‌بر است. به همین سبب استفاده از الگوریتم‌های فراابتکاری که در زمان کوتاهی جواب‌های بهینه‌ای را ارائه می‌دهد، مورد اقبال پژوهشگران حوزه مالی قرارگرفته است. در این پژوهش به حل مسأله بهینه‌سازی سبد سهام بر اساس دو مدل میانگین–واریانس و میانگین– درصد دارایی در معرض ریسک که معیار ارزش در معرض ریسک را از منظری تازه موردبررسی قرار داده، پرداخته شده است. در همین راستا، سه دوره سه‌ساله، شش‌ساله و هشت‌ساله منتهی به اسفند سال ۱۳۹۸ موردبررسی قرارگرفته و مسأله بهینه‌سازی سبد سهام با استفاده از الگوریتم‌های MOABC[1] و NSGA II[2] و در تکرارهای مختلف حل و نتایج آن‌ها با یکدیگر مقایسه و تجزیه‌وتحلیل گردیده است. در حالی است که در قالب مطالعات انجام‌شده، حل مسأله بهینه‌سازی سبد سهام با استفاده از الگوریتم‌های فراابتکاری، در یک دوره مطالعه معین و در یک تکرار مشخص موردبررسی قرارگرفته و تأثیر انتخاب دوره و نوسان نامتعارف بازدهی در طی دوره مطالعه، بررسی نگردیده است. لیکن در پژوهش پیش رو،

1. Multi Objective Artificial Bee Colony Algorithm
2. Non Dominated Sorting Genetic Algorithm II

ضمن مقایسه دوره‌های موردبررسی ازلحاظ کارآمدی و اطمینان‌بخشی، نتایج حاصل از حل مسأله بهینه‌سازی سبد سهام با استفاده از الگوریتم‌های MOABC و NSAG II در مدل‌های موردمطالعه، در دو تکرار ۱۰۰۰ و ۵۰۰۰ و در سه دوره متفاوت به‌صورت مستقل و بر اساس یک دوره پایه موردبررسی و تجزیه‌وتحلیل قرار گرفته است.

۲. مبانی نظری و پیشینه پژوهش

مبانی نظری

بهینه‌سازی سبد سهام به‌منظور بیشینه‌سازی بازده و کمینه‌سازی ریسک، یکی از اصلی‌ترین دغدغه‌های سرمایه‌گذاران در بازارهای مالی است. در مطالعه پیش رو از میانگین هندسی جهت محاسبه میانگین بازدهی و از معیارهای واریانس و درصد دارایی در معرض ریسک به‌عنوان سنجه‌های ریسک استفاده گردیده که در زیر به تشریح آن پرداخته شده است.

درصد دارایی در معرض ریسک: ارزش در معرض ریسک از خانواده معیارهای اندازه نامطلوب ریسک است؛ و مبلغی از ارزش پرتفوی را که انتظار می‌رود ظرف یک دوره زمانی مشخص و با میزان احتمال معین از دست برود مشخص می‌کند. روش‌های محاسبه ارزش در معرض ریسک به دو نوع پارامتریک و نا پارامتریک تقسیم می‌شود [۲۳، ۱۳۶-۱۴۱]. در این تحقیق برای محاسبه ارزش در معرض ریسک از روش پارامتریک بر اساس رابطه (۱) استفاده گردید.

$$VaR_p=M(Z_\alpha*\sigma-r_p)$$ رابطه (۱)

با توجه به موارد فوق‌الذکر، می‌توان از نگاهی دیگر معیار ارزش در معرض ریسک را موردبررسی قرارداد. به عبارتی، ارزش در معرض ریسک، حداکثر زیان احتمالی را در یک دوره زمانی مشخص ارائه می‌دهد که نسبت مستقیم با میزان سرمایه‌گذاری دارد. لذا می‌توان گفت ارزش در معرض ریسک از دو بخش تشکیل شده است. بخش اول میزان سرمایه‌گذاری M و دیگری درصد حداکثری زیان احتمالی در یک دوره زمانی است که به شرح رابطه (۲) ارائه می‌شود.

$$pVaR=Z_\alpha*\sigma-r_p$$ رابطه (۲)

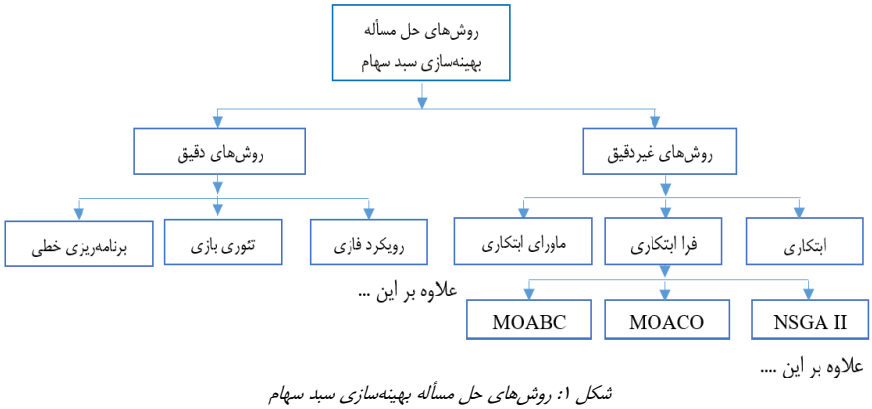
بنابراین مفهوم درصد دارایی در معرض ریسک بیانگر حداکثر درصد دارایی ازدست‌رفته در یک دوره مشخص و با سطح اطمینان خاصی است که سرمایه‌گذار در فرآیند سرمایه‌گذاری متحمل خواهد شد.

شایان‌ذکر است، انتخاب ارزش یا قیمت دارایی در مدل میانگین- ارزش در معرض ریسک، چالش‌برانگیز است. به‌نحوی‌که ارزش دارایی را می‌توان آخرین قیمت دوره مطالعه، میانگین ماه

آخر، میانگین سال آخر و یا حتی میانگین کل دوره در نظر گرفت. بدیهی است روش انتخاب ارزش دارایی در تجزیه‌وتحلیل و انتخاب سبد سهام تأثیرگذار است. لیکن مدل میانگین- در صد دارایی در معرض ریسک، ارزش دارایی را در نظر نگرفته و تنها به درصد دارایی‌ای که در معرض ریسک است، می‌پردازد؛ بنابراین، ازاین‌جهت می‌توان آن را مزیت مدل موردمطالعه دانست.

الگوریتم‌های فراابتکاری

پس از معرفی مدل میانگین- واریانس مارکویتز در سال ۱۹۵۲، پژوهش‌های متعددی از سوی پژوهشگران مالی به‌منظور توسعه و تکمیل مدل‌های بهینه‌سازی سبد سهام که در آن‌ها از معیارهای مختلف ریسک استفاده‌شده بود، ارائه و راه‌حل‌های مختلفی ازجمله استفاده از الگوریتم‌های فراابتکاری برای حل چنین مواردی مطرح گردید [۳۰].



شکل ۱: روش‌های حل مسأله بهینه‌سازی سبد سهام

الگوریتم کلونی زنبورهای مصنوعی چندهدفه MOABC: الگوریتم MOABC بر اساس الگوریتم ABC[1] و با استفاده از مفهوم جبهه پارتو[2] برای حل مسائل بهینه‌سازی چندهدفه ارائه‌شده و می‌تواند به‌عنوان روشی مناسب و کارآمد برای حل مسائل بهینه‌سازی چندهدفه در نظر گرفته شود [۳۲]. الگوریتم کلونی زنبورهای مصنوعی (ABC) که توسط کارابوگا[3] در سال ۲۰۰۵ ارائه‌شده، یک الگوریتم بهینه‌سازی است که از رفتار کاوشی طبیعی زنبورعسل برای پیدا کردن راه‌حل بهینه الهام شده است. در الگوریتم کلونی زنبور مصنوعی سه دسته زنبور وجود دارد زنبورهای کارگر[4]، زنبورهای ناظر[5] و زنبورهای پیشاهنگ[6]. زنبورهای کارگر وظیفه استخراج منبع

1. Artificial Bee Colony Algorithm
2. Pareto Front
3. Dervis Karaboga
4. Employed Bee
5. Unlooker Bee
6. Scout

غذایی و نظارت بر روی آن را به عهده دارد، زنبورهای ناظر مسئولیت تصمیم‌گیری جهت انتخاب یک منبع غذایی را به عهده داشته و زنبورهای پیشاهنگ وظیفه جست‌وجوی تصادفی به‌منظور کشف منابع غذایی جدید را عهده‌دار می‌باشند [۲۹، ۳۷۴–۳۷۸]. در این الگوریتم ابتدا محدوده‌ای برای جست‌وجوی شهد مشخص می‌شود. سپس مقدار شهد آن منطقه محاسبه شده و زنبورعسل کارگر منابع غذایی مجاور را موردبررسی قرار می‌دهد. مجدد مقدار شهد محاسبه شده و از میان آن‌ها، شهد مناسب انتخاب می‌شود. درصورتی‌که شهد از کیفیت مطلوبی برخوردار نباشد، زنبورعسل ناظر منابع غذایی مجاور را موردبررسی قرار می‌دهد، لیکن در صورت تائید شهد ازنظر کیفیت، موقعیت جدید ثبت و به‌عنوان بهترین منبع غذایی در حافظه ذخیره خواهد شد. سپس به دنبال کشف و تولید منابع غذایی رهاشده خواهند رفت. در صورت تائید نهایی مواضع غذایی، این چرخه به پایان می‌رسد و در غیر این صورت مجدد منابع غذایی جدید توسط زنبورعسل ناظر انتخاب می‌شود [۱۳].

الگوریتم ژنتیک مرتب‌سازی نامغلوبNSGA II: یکی از سریع‌ترین و توانمندترین الگوریتم‌های بهینه‌سازی است که از پیچیدگی عملیاتی کمتری نسبت به سایر روش‌ها برخوردار بوده و با استفاده از اصل عدم غلبه[1]و محاسبه فاصله ازدحامی[2] نقاط بهینه پارتو را به دست می‌آورد. این الگوریتم از گستردگی مطلوبی در حوزه تغییرات توابع هدف برخوردار بوده و به طراح آزادی انتخاب طرح موردنظر از میان طرح‌های بهینه‌شده را خواهد داد [۶].

ایده و منطق استفاده از الگوریتم ژنتیک، نخستین بار توسط هالند[3]در سال ۱۹۷۰ در دانشگاه میشیگان مطرح شد. الگوریتم ژنتیک یکی از مهم‌ترین الگوریتم‌های ابتکاری است که از آن برای بهینه‌سازی توابع مختلف استفاده می‌شود. در ساختار کلی الگوریتم مذکور، پیش از هر چیز باید مکانیسمی برای تبدیل جواب هر مسأله به یک کروموزوم[4]تعریف شود. پس‌ازآن مجموعه‌ای از کروموزوم‌ها که در حقیقت مجموعه‌ای از جواب‌ها هستند، به‌عنوان جمعیت اولیه در نظر گرفته می‌شود. سپس با به‌کارگیری عملگرهای تقاطع[5]و جهش[6]اقدام به ایجاد کروموزوم‌های جدید موسوم به فرزند می‌گردد. بعد از ایجاد جمعیت فرزندان، اقدام به انتخاب بهترین کروموزوم‌ها با استفاده از عمل ارزیابی خواهد شد. روند انتخاب مبتنی بر مقدار برازندگی[7]هر رشته است. در حقیقت فرآیند ارزیابی مهم‌ترین بحث در فرآیند انتخاب است. بر این اساس پس از تکرار چند نسل[8]بهترین نسل که همان پاسخ بهینه مسأله است ایجاد خواهد شد [۲۸، ۷۲–۸۱].

1. Non Dominance
2. Crowding Distance
3. J. H. Holland
4. Chromosome
5. Crossover
6. Mutation
7. Fitness
8. Generation

مدل‌های پژوهش

در پژوهش پیش رو جهت حل مسأله بهینه‌سازی سبد سهام، از مدل پایه مارکویتز بهره جسته و دو مدل میانگین– واریانس و میانگین– درصد دارایی در معرض ریسک، ارائه و موردبررسی و مقایسه قرار گرفت. تابع هدف در نظر گرفته‌شده در هر دو مدل، تابع دوهدفه کمینه‌سازی ریسک و بیشینه‌سازی بازده بوده و محدودیت‌های بودجه سرمایه‌ای، تعداد سهام (در این پژوهش برابر ۳۰ در نظر گرفته‌شده)، کران (در این مطالعه حداقل در صد سهام در پرتفوی برابر ۱ درصد نظر گرفته‌شده است)، حداقل درجه نقد شوندگی (در این تحقیق ۲۵ درصد در نظر گرفته‌شده) و محدودیت عدم وجود فروش استقراضی، لحاظ شده است.

مدل میانگین – واریانس: مدل دوهدفه میانگین – واریانس مورداستفاده به دنبال کمینه نمودن واریانس و بیشینه نمودن میانگین بازده با قید محدودیت‌های ذکرشده، به شرح زیر است.

رابطه (۳) $Min\ \sigma_p^2=\sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{M}x_i x_j \sigma_i \sigma_j \rho_{ij}=\sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{M}x_i x_j \sigma_{ij}$

رابطه (۴) $Max\ r_p=\sum x_j r_j$

رابطه (۵) $st:\quad \sum x_i=1$

رابطه (۶) $\sum z_i=30$

رابطه (۷) $1\%\leq x_i\leq 99\%$

رابطه (۸) $L_i\geq 25\%$

رابطه (۹) $x_i\geq 0 \quad i=1.2....n$

مدل میانگین– درصد دارایی در معرض ریسک: که به دنبال بیشینه نمودن میانگین بازدهی و کمینه نمودن درصد دارایی در معرض ریسک به‌عنوان سنجه ریسک است، به شرح زیر بیان می‌شود.

رابطه (۱۰) $pVaR_p=Z_\alpha * \sigma_p - r_p$

که با قرار دادن فرمول واریانس سبد در رابطه فوق خواهیم داشت.

رابطه (۱۱) $pVaR_p=Z_\alpha \sqrt{\sum_{i=1}^{n}x_i^2\sigma_i^2+2*\sum_{i=1}^{n}\sum_{j<i}^{m}x_i x_j \rho_{ij}\sigma_i\sigma_j} - \sum x_j r_j$

رابطه (۱۲) $pVaR_p = \sqrt{\sum_{i=1}^{n}(x_i\sigma_i Z_\alpha)^2+2*\sum_{i=1}^{n}\sum_{j<i}^{m}x_i x_j \rho_{ij}\sigma_i\sigma_j (Z_\alpha)^2} - \sum x_j r_j$

با توجه به‌مراتب فوق مدل دوم به‌صورت زیر ارائه می‌گردد.

رابطه (۱۳) $$MinpVaR_p=\sqrt{\sum_{i=1}^{n}x_i^2(pVaR_i+r_i)^2+2*\sum_{i=1}^{n}\sum_{j<i}^{n}x_ix_j(pVaR_i+r_i)*(pVaR_j+r_j)}$$

$$-\sum x_jr_j$$

رابطه (۱۴) $$Max\ r_p=\sum x_jr_j$$

رابطه (۱۵) $$st:\quad \sum x_i=1$$

رابطه (۱۶) $$\sum z_i=30$$

رابطه (۱۷) $$1\%\le x_i\le 99\%$$

رابطه (۱۸) $$L_i\ge 25\%$$

رابطه (۱۹) $$x_i\ge 0 \quad i=1.2....n$$

که در آن:

σ_p^2	واریانس سبد	r_p	بازده سبد
x_i	وزن	$pVaR_p$	درصد دارایی در معرض ریسک سبد
x_j	وزن دارایی	$pVaR_i$	درصد دارایی در معرض ریسک دارایی iام
σ_i	واریانس دارایی iام	$pVaR_j$	درصد دارایی در معرض ریسک دارایی jام
σ_j	واریانس دارایی jام	σ_{ij}	کوواریانس دارایی iام ودارایی jام
ρ_{ij}	ضریب همبستگی دارایی iام ودارایی jام	L_i	ضریب نقد شوندگی دارایی iام
α	سطح اطمینان که در این تحقیق ۹۵ درصد درنظر پرفته شده است.		

پیشینه پژوهش

تاکنون مطالعات متعدد و دامنه‌داری در ارتباط با حل مسأله بهینه‌سازی سبد سهام انجام شده و همچنان در حال انجام است؛ که از این میان ژایی[۱] و همکاران (۲۰۲۰)، در پژوهش خود یک مدل بهینه‌سازی سبد سهام تحت تسلط تصادفی مرتبه دوم[۲] و چندین محدودیت واقع‌گرایانه بر اساس داده‌های سهام شاخص FTSE100[۳] را پیشنهاد داده و اقدام به بهینه نمودن آن در طول سال ۲۰۱۸ با استفاده از الگوریتم وال نمودند. آن‌ها از نسبت شارپ[۴]، سورتینو[۵]، استار[۶] و ارتباطات[۷] برای اندازه‌گیری مقدار ریسک نسبی استفاده کرده و عملکرد الگوریتم وال را با الگوریتم‌های گرگ خاکستری[۸]، مگس میوه[۹]، کرم شب‌تاب[۱] و تجمع ذرات مقایسه نمودند. نتایج

---

۱. Zhai Q.

۲. Second-order Stochastic Dominance (SSD)

۳. Financial Times Stock Exchange Index

۴. Sharpe

۵. Sortino

۶. STARR

۷. Information Ratio(IR)

۸. Gray Wolf Optimization (GWO)

۹. Fruit Fly Optimization Algorithm (FOA)

پژوهش آن‌ها حاکی از آن است که سبدهای سهام به‌دست‌آمده توسط الگوریتم وال از ارزش ریسک نسبی بهتری برخوردار است و توانایی جستجوی کارآمدی برای یافتن سبدهای سهام مطلوب و منطبق با محدودیت‌ها را داشته و دارای اثر همگرایی خوب و توانایی جستجوی محلی قوی است [۳۱]. دنگ[۲] و همکاران (۲۰۲۰)، برای بهینه‌سازی پرتفوی سرمایه‌گذاری از الگوریتم کلونی زنبور مصنوعی ABC استفاده و نتیجه‌گیری نمودند که الگوریتم بهبودیافته ABC ازنظر استحکام و ثبات، دارای قابلیت جستجوی بهتر و عملکرد مطلوب‌تر نسبت به الگوریتم‌های NSGA II، PESA II، SPEA2 و MOPSO است. همچنین اذعان داشتند استفاده از الگوریتم بهبودیافته ABC برای بهینه‌سازی سرمایه‌گذاری می‌تواند ریسک سرمایه‌گذاری را کاهش، امنیت سرمایه‌گذاری را افزایش داده و موجب ارتقا بهادارسازی دارایی شود [۷]. کائوچیچ[۳] و همکاران (۲۰۱۹) سه استراتژی نیمه واریانس، ارزش در معرض ریسک شرطی و ترکیبی از هر دو معیار ریسک را برای انتخاب سبد سهام، با استفاده از الگوریتم‌های NSGA II و SPEA II در دوره‌های مختلف بازار سهام DowJones، Fama and French، NASDAQ100، S&P 500 و NASDAQ Composite مورد تجزیه‌وتحلیل قرار داده و اذعان نمودند، نتایج محاسباتی نشان‌دهنده عملکرد مطلوب روش پیشنهادی در بهینه‌سازی سبد سهام است. آن‌ها اظهار داشتند، حتی در مواردی که همه رویکردهای دیگر شکست می‌خورند، رویکرد موردمطالعه قادر به ارائه جبهه پارتو قابل‌قبول است [۱۶]. چن[۴] و همکاران (۲۰۱۹)، از الگوریتم ژنتیک گروه‌بندی[۵] GGA برای حل مسأله بهینه‌سازی سبد سهام گروهای متنوع[۶] DGSP در بورس تایوان بین سال‌های ۲۰۱۱ تا ۲۰۱۴ استفاده نمودند. یافته‌های تجربی آن‌ها حاکی از آن است که رویکرد پیشنهادی نه‌تنها می‌تواند بازدهی مشابه یا حتی بهتر از رویکرد قبلی داشته باشد، بلکه تنوع[۷] DGSP های مشتق شده را نیز بهبود می‌بخشد، به‌ویژه هنگامی‌که قیمت سهام به‌شدت نوسان می‌کند [۲]. ارتنلیچ[۸] و کالایچی[۹] (۲۰۱۸)، ۷۶ مقاله منتشرشده بین ۲۰۰۶ تا مارس ۲۰۱۷ را موردبررسی، طبقه‌بندی و تجزیه‌وتحلیل قرار داده و اذعان داشتند، درحالی‌که الگوریتم‌های هوش جمعی نقش مهمی در بهینه‌سازی سبد سهام ایفا می‌نماید، لیکن استفاده از تکنیک‌های

---

۱ Firefly Algorithm (FA)

۲ Y. Deng

۳ M. Kaucic

۴ C. H. Chen

۵ Grouping Genetic Algorithm

۶ Diverse Group Stock Portfolio Optimization

۷ Diverse Group Stock Portfolio

۸ O. ERtenlice

۹ Can B. Kalayci

حل دقیق و سایر الگوریتم‌های ابتکاری، همچنین استفاده از الگوریتم‌های ترکیبی حائز توجه می‌باشد [۸]. لسمانا[۱] و همکاران (۲۰۱۷)، از مدل میانگین- ارزش در معرض ریسک جهت حل مسأله بهینه‌سازی سبد سهام استفاده نموده و بیان کردند حل این مدل نسبتاً ساده و انحراف نتایج محاسباتی آن نسبتاً کوچک است. بااین‌حال، تنها می‌تواند حداکثر ریسک را در سطح اطمینان خاصی اندازه‌گیری کند و نمی‌تواند ریسک ناشی از رویداد شدید را در نظر بگیرد، همچنین نمی‌تواند پراکندگی ریسک را بیان کند [۱۸]. کالایچی (۲۰۱۶)، در مطالعات خود از الگوریتم کلونی زنبورعسل مصنوعی جهت حل مسأله بهینه‌سازی سبد سهام با محدودیت‌های کاردینال بهره جسته و چنین نتیجه گرفته‌اند که راه‌حل به‌کار برده‌شده مناسب بوده و نتایج امیدوارکننده است [۱۴]. چن[۲] (۲۰۱۵)، در پژوهش خود از داده‌های بازار بورس شانگهای بین نوامبر ۲۰۰۴ تا ۲۰۰۵ استفاده نموده و بیان می‌کند که محدودیت‌های دنیای واقعی بر روی استراتژی سرمایه‌گذاری مطلوب تأثیر می‌گذارد و الگوریتم MABC دارای عملکرد بهتری نسبت به الگوریتم استاندارد ABC و دیگر الگوریتم‌های اکتشافی مانند GA[۳]، SA[۴]، PSO[۵]، DE[۶] است [۳].

در ایران نیز حیدری و همکاران (۱۴۰۰)، در پژوهش خود مدل برنامه‌ریزی امکانی استوار بر مبنای معیار شارپ را به‌عنوان مدل پایه انتخاب نموده و ۱۵ مسأله معین و با ابعاد مختلف توسط دو الگوریتم جهش قورباغه مخلوط شده[۷] و ژنتیک که توسط روش تاگوچی[۸] در بهینه‌ترین حالت خود قرارگرفته‌اند، حل نمودند. نتایج آن‌ها حاکی از کارایی بالای هر دو الگوریتم در حل مسأله بهینه‌سازی سبد سهام است. ازنظر آماری تفاوت معناداری در سطح اطمینان ۹۵ درصد بین دو الگوریتم یافت نشد اما با توجه به روش تاپسیس و روش آنتروپی، الگوریتم ژنتیک به‌عنوان الگوریتم برتر انتخاب گردید [۱۲]. میر لوحی و همکاران (۱۳۹۹)، انتخاب و بهینه‌سازی سبد سهام بر اساس منطق فازی با استفاده از دو الگوریتم فراابتکاری ژنتیک فازی و جست جوی شکار[۹] فازی را موردبررسی قراردادند. آن‌ها کارایی سیستم فازی پیشنهادی را توسط مطالعات ۱۵۷ شرکت که در بورس اوراق بهادار تهران در سال‌های ۱۳۹۳ تا ۱۳۹۶ فعالیت داشته‌اند، ارزیابی نموده و اذعان داشتند که کارایی سیستم فازی پیشنهادی برای سرمایه‌گذار ریسک گریز در کوتاه‌مدت نتایج بسیار خوبی به همراه دارد [۲۰]. کریمی و گودرزی دهریزی (۱۳۹۹)، اقدام به بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری با استفاده از معیار ارزش در معرض ریسک شرطی نموده و با

---

1. S. E. Lesmana
2. W. Chen
3. Genetic Algorithm
4. Simulated Annealing
5. Particle Swarm Optimization
6. Differential Evolution
7. Shuffled Frog Leading Algorithm (SFLA)
8. Taguchi
9. Hunting Search Algorithm

استفاده از داده‌های ۸۰۰ روز از ۱۲ شرکت پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران در بازه زمانی ۹۲/۲/۵ تا ۹۸/۱/۲۸، به تشکیل سبد پرداخته و برای تخمین ارزش در معرض ریسک شرطی از دو الگوریتم رقابت استعماری و تجمع ذرات استفاده نمودند. نتایج پژوهش آن‌ها حاکی از آن است که ریسک و بازدهی دو الگوریتم ازنظر آماری تفاوت معناداری ندارند، اما الگوریتم رقابت استعماری در زمان کوتاه‌تری به جواب بهینه می‌رسد [۱۵]. رحمانی و همکاران (۱۳۹۹)، جهت انتخاب سبد سهام بر اساس مدل مارکویتز، الگوریتم کلونی زنبور مصنوعی را به‌کار بسته و برای تعیین مقایسه کارایی این الگوریتم با الگوریتم‌های ژنتیک و کلونی مورچگان از معیار شارپ، معیار ترینر و ریسک نامطلوب در دوره ۱۳۸۴ تا ۱۳۹۴ بورس اوراق بهادار تهران استفاده نمودند. نتایج پژوهش آن‌ها نشان می‌دهد معیار شارپ سبد سهام تشکیل‌شده از طریق الگوریتم کلونی زنبور مصنوعی نسبت به الگوریتم‌های ژنتیک و مورچگان عملکرد بهتری دارد، اما هرچند معیار ترینر و ریسک نامطلوب سبد سهام تشکیل‌شده از طریق الگوریتم کلونی زنبور مصنوعی عملکرد بهتری داشته، ولی ازلحاظ آماری این اختلاف معنادار نبوده است [۲۵]. نشاطی زاده (۱۳۹۷)، در چارچوب الگوهای میانگین – نیم واریانس با مؤلفه‌های مقید، میانگین– انحرافات مطلق و میانگین – ارزش در معرض ریسک شرطی، با استفاده از الگوریتم‌های ژنتیک، تجمع ذرات، ترکیبی ژنتیک و تجمع ذرات، کرم شب‌تاب و الگوریتم رقابت استعماری به حل مسأله بهینه‌سازی سبد سهام پرداختند. نتایج این پژوهش حاکی از آن است که الگوریتم‌های متاهیوریستیک منتخب در بهینه‌سازی مقید پرتفوی سهام عملکرد موفقی دارند. همچنین در الگوریتم تجمع ذرات، مدل میانگین – ارزش در معرض ریسک نسبت به سایر مدل‌ها از دقت بهینه‌سازی بالاتری برخوردار است [۲۲]. داودی و صدری (۱۳۹۷)، مدلی ارائه نموده که در آن محدودیت ممنوعیت فروش استقراضی و باوجود هزینه‌های معاملاتی با استفاده از معیار کمینه‌سازی مجموع VaR دوره‌ها، لحاظ شده و با استفاده از الگوریتم ژنتیک پیوسته و تجمع ذرات، نسبت به بهینه‌سازی سبد سهام اقدام و نتیجه‌گیری نمودند که در شرایط برابر ازلحاظ تعداد تکرار و تعداد جمعیت، کارایی الگوریتم بهینه‌سازی تجمع ذرات در حل مدل سبد سهام چند دوره‌ای بر اساس مجموع VaR دوره‌ها از الگوریتم ژنتیک پیوسته بیشتر است [۴].

مطالعات انجام‌شده درزمینه بهینه‌سازی سبد سهام با به‌کارگیری معیارهای مختلف ریسک با استفاده از الگوریتم‌های فراابتکاری، نشان می‌دهد که عملکرد این الگوریتم‌ها در حل مسأله بهینه‌سازی سبد سهام در مدل‌های مختلف، نتایج مطلوبی دارد. قالب پژوهش‌های انجام‌شده، از داده‌های یک دوره مشخص استفاده شده و تأثیر انتخاب دوره بر نتایج حاصله، موردبررسی پژوهشگران قرار نگرفته است. نتایج مطالعات انجام‌شده نشان می‌دهد برتری مدل‌های بهینه‌سازی الگوریتم‌های فراابتکاری با معیارهای مختلفی نظیر سورتینو، ترینر، شارپ و ... نسبت

به یکدیگر اندازه‌گیری شده و بعضاً متفاوت از یکدیگر بوده که این امر می‌تواند ناشی از انتخاب دوره مطالعه و یا تنظیم پارامترهای الگوریتم‌های فراابتکاری باشد.

۳. روش‌شناسی پژوهش

در این پژوهش، ابتدا داده‌های ماهانه کلیه شرکت‌های پذیرفته‌شده در بازار اول بورس اوراق بهادار تهران بین سال ۱۳۹۱ لغایت ۱۳۹۸ از نرم‌افزار نوین ره‌آورد و سایت شرکت مدیریت فناوری بورس اوراق بهادار تهران اخذ، سپس از میان شرکت‌های پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران که بین سال‌های ۱۳۹۱ لغایت ۱۳۹۸ فعالیت داشته‌اند، ۵۰ شرکت به شرح زیر انتخاب شدند:

– ابتدا وزن هر صنعت که از تقسیم تعداد شرکت‌های فعال آن صنعت به‌کل شرکت‌های فعال در بورس اوراق بهادار تهران در سال ۱۳۹۱ حاصل می‌شود، محاسبه و در ادامه با توجه به وزن هر صنعت، تعداد شرکت‌های منتخب آن صنعت که می‌بایست موردبررسی قرار گیرند، از طریق رابطه (۲۰) تعیین گردید.

رابطه (۲۰) تعداد شرکت های منتخب هر صنعت = وزن صنعت * ۵۰

– در مرحله بعد، با توجه به تعیین تعداد شرکت‌های منتخب هر صنعت، اقدام به انتخاب شرکت‌ها از میان صنایع مختلف به‌صورت تصادفی شده است.

لازم به ذکر است روش انتخاب نمونه فوق به دلیل ایجاد تنوع لازم در سبد سهام تعیین شده است، به‌نحوی‌که امکان انتخاب سهام شرکت‌های فعال در صنایع مختلف وجود داشته باشد.

پس از مشخص نمودن شرکت‌های موردبررسی، داده‌های مربوط به بازدهی ماهانه جمع‌آوری و اقدام به محاسبه نقد شوندگی آن‌ها با استفاده از داده‌های مربوط به حجم معاملات و تعداد سهام شناور هر یک از شرکت‌های موردبررسی به کمک نرم‌افزار اکسل گردید. لازم به ذکر است شرکت‌هایی که اطلاعات مربوط به بازده ماهانه آن‌ها بیش از چهار ماه متوالی در دسترس نبود از نمونه آماری حذف گردیده و جهت تکمیل داده‌ها و آماده‌سازی آن‌ها از روش درون‌یابی خطی[1] استفاده شده است. کلیه محاسبات مربوط به میانگین بازدهی، واریانس و ارزش در معرض ریسک شرکت‌ها به کمک نرم‌افزار متلب انجام شده و درنهایت ضمن بهره‌جویی از پارامترهای به‌دست‌آمده در توابع هدف، مسأله بهینه‌سازی سبد سهام حل گردید.

1. Linear Interpolation

با توجه به اینکه جواب‌های حاصل از اجرای الگوریتم‌های فراابتکاری جواب دقیق نبوده، بنابراین در اجراهای مختلف جواب‌های مختلف حاصل می‌شود. لذا اجرای چندین مرتبه هر الگوریتم به‌منظور یافتن بهترین جواب، امری ضروری به نظر می‌رسد. از طرفی با افزایش تکرار در اجرای الگوریتم‌های فراابتکاری، پراکندگی جواب‌ها کمتر و همگرایی آن‌ها بیشتر می‌شود. لذا جهت تجزیه‌وتحلیل دقیق‌تر، هریک از الگوریتم‌ها به تعداد ۵ مرتبه با تکرار ۱۰۰۰ و یک‌بار با تکرار ۵۰۰۰ اجرا و با یکدیگر مقایسه گردید.

در این بررسی جهت انتخاب بهترین اجرا از میانگین نسبت شارپ استفاده شده است. بدین‌صورت که نسبت شارپ[1] هر یک از سبدهای پیشنهادی در جبهه پارتو حاصل از اجرای هر الگوریتم با استفاده از رابطه (۲۱) محاسبه و اجرایی که دارای بالاترین میانگین نسبت شارپ است انتخاب می‌شود.

$$SharpRatio = \frac{R_p - RF_p}{SD_p}$$ رابطه (۲۱)

که در آن R_p: میانگین بازده کل پرتفوی طی دوره زمانی p، RF_p: میانگین نرخ بازده بدون ریسک طی دوره زمانی p (در این مطالعه ۱۸ درصد در نظر گرفته شده است)، SD_p: انحراف معیار بازده پرتفوی طی دوره زمانی[۲۴].

در ادامه به‌منظور تجزیه‌وتحلیل دوره‌ها و انتخاب دوره کارآمد و اطمینان‌بخش، اقدام به حل مسأله بهینه‌سازی سبد سهام با استفاده از الگوریتم‌های NSGA II و MOABC در دو مدل میانگین- واریانس و میانگین- درصد دارایی در معرض ریسک، در سه دوره مطالعه ۹۸-۱۳۹۱، ۹۸-۱۳۹۳ و ۹۸-۱۳۹۶ نموده و منحنی‌های پارتو حاصل اجرای هریک از الگوریتم‌ها و مدل‌های موردمطالعه را ازلحاظ مطلوبیت جواب‌ها، مورد تجزیه‌وتحلیل و مقایسه قرار گرفت. همچنین به‌منظور مقایسه سبدهای سهام پیشنهادی روی منحنی پارتو مربوطه، اقدام به محاسبه و مقایسه میانگین نسبت شارپ شده است. جهت تکمیل نتایج، میانگین و واریانس بازدهی شرکت‌های موردمطالعه در هر سه دوره موردبررسی ازلحاظ برخورداری از توزیع نرمال، با استفاده از آزمون نرمالیته[2] نرم‌افزار SPSS موردبررسی قرار گرفت. در ادامه به‌منظور استانداردسازی در مقایسه پارتوهای حاصل از اجرای هر الگوریتم در مدل‌های موردمطالعه، اقدام به تهیه منحنی پارتو در الگوی میانگین- واریانس بر اساس اطلاعات حاصله دوره پایه ۹۶-۱۳۹۱ که شرایط سیاسی اقتصادی کشور بر قیمت و بازدهی سهام شرکت‌ها تأثیرگذاری کمتری داشته و طول دوره مطالعه آن قابل‌قبول بوده، گردید. برای این منظور با استفاده از میانگین بازدهی و ماتریس واریانس کوواریانس سهام شرکت‌های موردمطالعه در دوره پایه ۹۶-۱۳۹۱ و با عنایت به درصد

1. Sharpe Ratio
2. Normality

ترکیب سهام هر یک از سبدهای پیشنهادی روی منحنی‌های پارتو مربوطه در دوره‌های موردمطالعه، اقدام به محاسبه میانگین بازدهی و واریانس سبد حاصل از اجرای الگوریتم‌ها در مدل‌های موردمطالعه، با بهره‌جویی از روابط (۲۲) و (۲۳) شده است. درنهایت با استفاده از اطلاعات حاصله، اقدام به رسم و مقایسه منحنی‌های پارتو حاصل از اجرای الگوریتم‌های موردمطالعه گردید.

رابطه (۲۲) $\sigma_p^2 = \sum_{i=1}^{N} \sum_{j=1}^{M} x_i x_j \sigma_{ij}$

رابطه (۲۳) $r_p = \sum x_j r_j$

که در آن σ_p^2 واریانس سبد پیشنهادی، r_p بازده سبد، x_i وزن دارایی iام ، x_j وزن دارایی jام، σ_{ij} کوواریانس دارایی iام و دارایی jام است. لازم به ذکر است با توجه به اینکه محاسبه واریانس سبدهای سهام ۳۰ سهمی، پیچیده و زمان‌بر بوده، برای محاسبه واریانس و میانگین سبد از کد نویسی در محیط نرم‌افزار متلب استفاده شده است.

با عنایت به اینکه جواب‌های حاصل از اجرای الگوریتم‌های فراابتکاری در تکرارهای بالا از دقت همگرایی بیشتری برخوردار است، لذا در بررسی‌های بخش مذکور، صرفاً به مقایسه جواب‌های حاصل از اجرای الگوریتم‌ها و مدل‌های موردمطالعه در دوره‌های موردبررسی در تکرار ۵۰۰۰ بسنده گردید.

لازم به توضیح است که جواب‌های حاصل از اجرای روش فوق به‌صورت پراکنده ایجادشده، لذا جهت به دست آوردن منحنی پارتو جواب‌های مربوطه، از مفهوم غلبه در بحث بهینه‌سازی چندهدفه استفاده شده است. بدین معنی که می‌گوییم x_1 بر x_2 غالب است اگر و فقط اگر x_1 نسبت به x_2 در هیچ‌کدام از اهداف بدتر نباشد [۵]. برای این منظور در میان کلیه جواب‌های حاصل از اجرای هر الگوریتم در هر مدل، اقدام به یافتن جواب‌هایی که بر سایر جواب‌ها غلبه دارند، نموده و به کمک آن‌ها اقدام به‌رسم مرز کارایی که عملاً شامل بهترین جواب‌ها در هر مدل و هر الگوریتم است، گردید.

تعیین پارامترهای الگوریتم‌های موردمطالعه

بدین منظور جواب‌های به‌دست‌آمده از اجرای چندین مرتبه الگوریتم‌های موردمطالعه در شرایط تنظیم پارامتر مختلف، موردبررسی قرارگرفته و درنهایت پارامترهایی که موجب ایجاد مطلوب‌ترین جواب گردید، به‌عنوان پارامترهای نهایی هر یک از الگوریتم‌های موردمطالعه تعیین شده است.

پارامترهای الگوریتم NSGA II: اندازه جمعیت مورداستفاده در این تحقیق ۲۰۰ و تعداد نسل‌های در نظر گرفته‌شده برابر ۱۰۰۰ و ۵۰۰۰ است. درصد تقاطع[1] ۰/۸ و درصد جهش[2] ۰/۲ درنظر گرفته شده‌است و انتخاب والد بر مبنای چرخه رولت انجام می‌شود.

پارامترهای الگوریتمMOABC : تعداد منابع غذایی که با تعداد زنبورهای کارگر یا زنبورهای ناظر برابر ۲۰۰، حداکثر تعداد نسل‌ها[3]برابر ۱۰۰۰ و ۵۰۰۰ و مقدار حد[4]برابر ۵ درصد تعداد نسل‌ها[5]در نظر گرفته شده است. همچنین برای یافتن جواب بهینه زنبورهای ناظر به‌صورت تصادفی به سمت زنبورهای دیگر حرکت نموده و زنبورهای نگهبان بر مبنای چرخه رولت این کار را انجام می‌دهند.

به‌منظور ایجاد شرایط مساوی جهت مقایسه عملکرد الگوریتم‌های موردمطالعه، اندازه جمعیت و تعداد زنبورهای کارگر یا ناظر برابر ۲۰۰ و شرط خاتمه، ماکزیمم تعداد تکرار در نظر گرفته شده‌است.

فرضیه‌های پژوهش

با عنایت به مطالب اشاره‌شده، پس از بررسی و تجزیه‌وتحلیل یافته‌های پژوهش فرضیه‌های زیر در هر دو مدل میانگین- واریانس و میانگین- درصد دارایی در معرض ریسک طرح گردید.

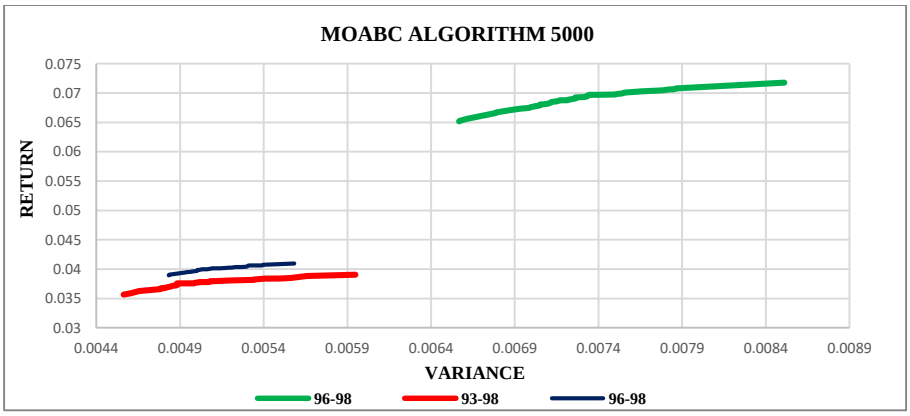
- بین میانگین نسبت شارپ سبدهای پیشنهادی حاصل از اجرای الگوریتم NSGA II در دوره مطالعه ۹۸-۱۳۹۱ با میانگین نسبت شارپ سبدهای پیشنهادی حاصل از اجرای الگوریتم مذکور در مدل فوق در دوره مطالعه ۹۸-۱۳۹۳ تفاوت معناداری وجود دارد.
- بین میانگین نسبت شارپ سبدهای پیشنهادی حاصل از اجرای الگوریتم MOABC در دوره مطالعه ۹۸-۱۳۹۱ با میانگین نسبت شارپ سبدهای پیشنهادی حاصل از اجرای الگوریتم مذکور در مدل فوق در دوره مطالعه ۹۸-۱۳۹۳ تفاوت معناداری وجود دارد.

۴. تحلیل داده‌ها و یافته‌ها

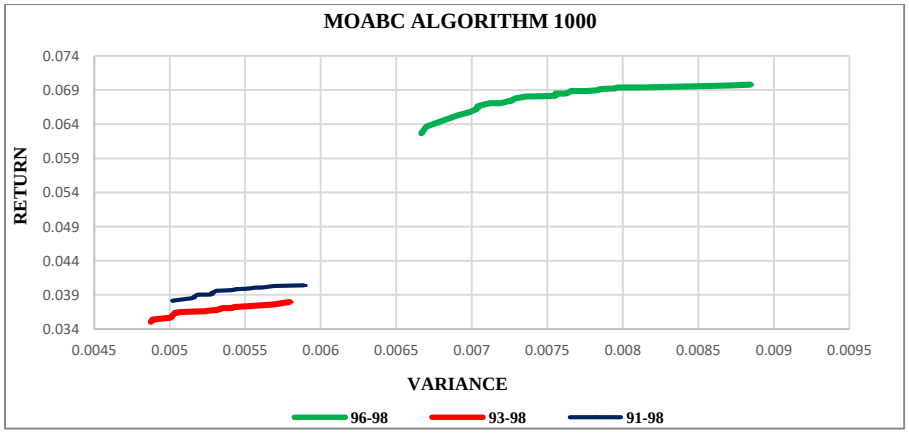
در این بخش از پژوهش، الگوریتم‌های NSGA II و MOABC را در مدل‌های موردمطالعه و در هریک از دوره‌های موردبررسی به تعداد ۵ بار در تکرار ۱۰۰۰ اجرا نموده و اجرایی که دارای بالاترین میانگین نسبت شارپ سبدهای پیشنهادی روی جبهه پارتو است، انتخاب می‌گردد. در ادامه به‌منظور تکمیل یافته‌ها، الگوریتم‌های مذکور را یک‌بار در تکرار ۵۰۰۰ اجرا نموده، سپس اقدام به مقایسه عملکرد الگوریتم NSGA II با الگوریتم MOABC بر اساس مدل‌های

1. Crossover
2. Mutation
3. Generation
4. Limith
5. Iteration

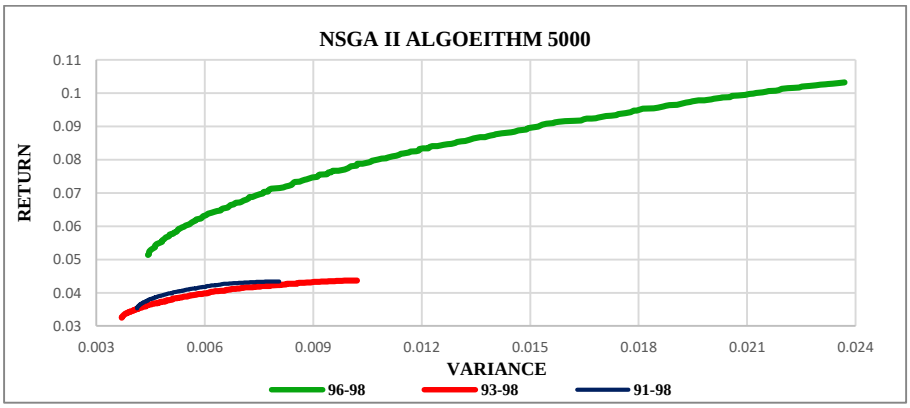
میانگین- واریانس و میانگین- درصد دارایی در معرض ریسک، در هریک از دوره‌های موردبررسی در دو تکرار ۱۰۰۰ و ۵۰۰۰ به شرح نمودارهای (۱) تا (۸) ارائه شده است.



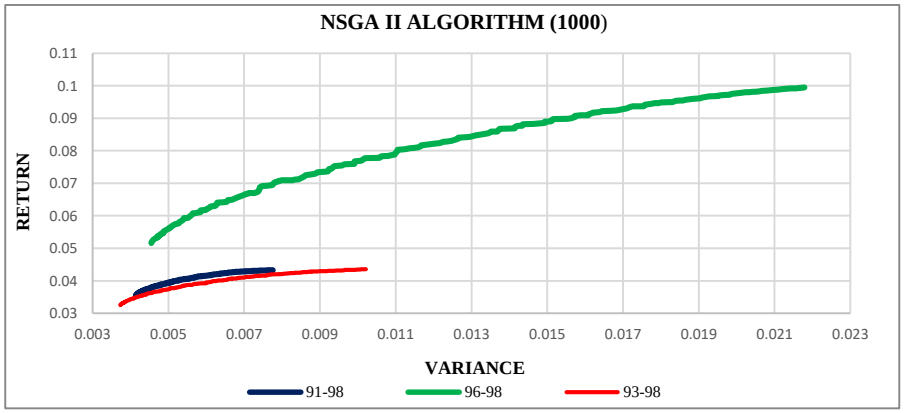
نمودار ۱: مقایسه پارتو حاصل از اجرای الگوریتم MOABC در مدل mean- var در دوره‌های موردبررسی (تکرار ۵۰۰۰)



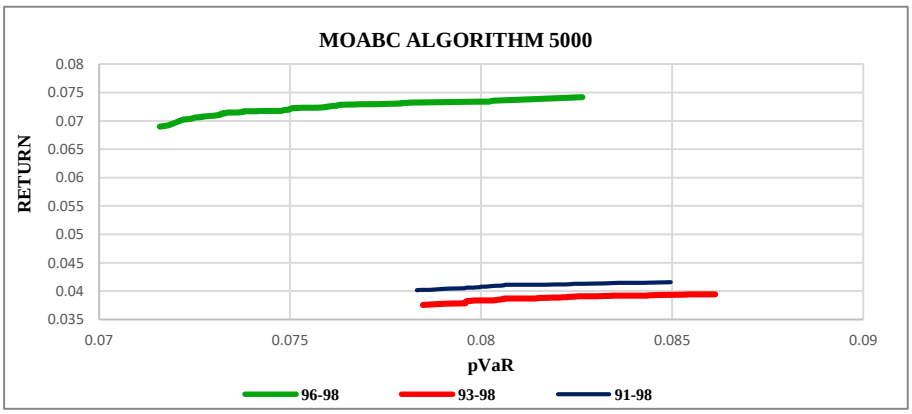
نمودار ۲: مقایسه پارتو حاصل از اجرای الگوریتم MOABC در مدل mean- var در دوره‌های موردبررسی (تکرار ۱۰۰۰)



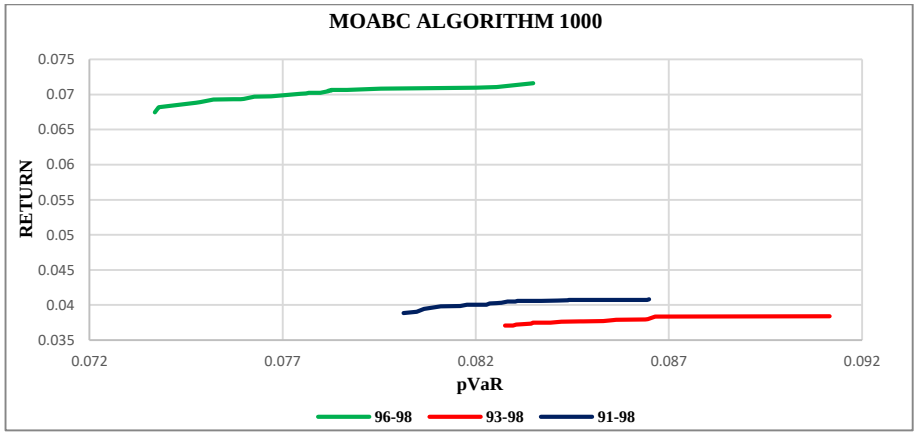
نمودار ۳: مقایسه پارتو حاصل از اجرای الگوریتم NSGA II در مدل mean- var در دوره‌های موردبررسی (تکرار ۵۰۰۰)



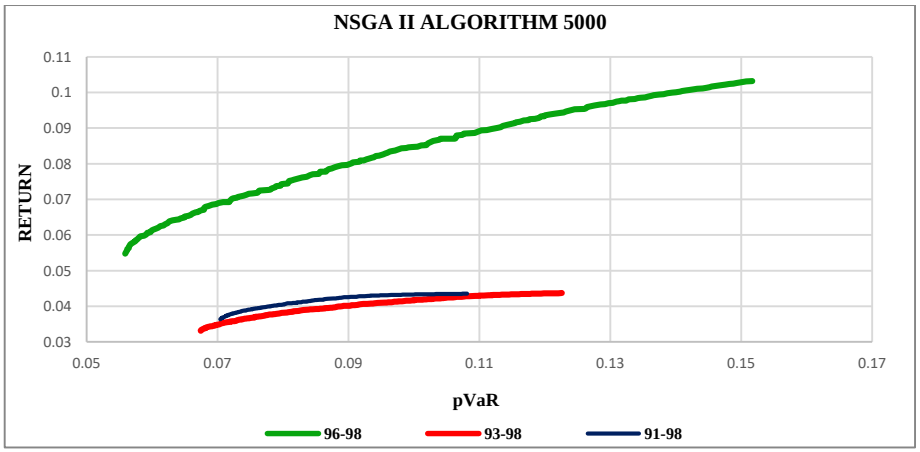
نمودار ۴: مقایسه پارتو حاصل از اجرای الگوریتم NSGA II در مدل mean- var در دوره‌های موردبررسی (تکرار ۱۰۰۰)



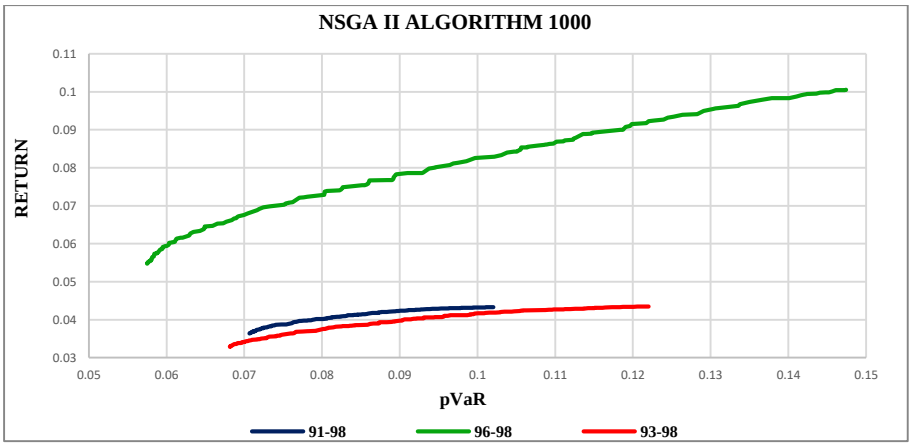
نمودار ۵: مقایسه پارتو حاصل از اجرای الگوریتم MOABC در مدل mean- pVaR در دوره‌های موردبررسی (تکرار۵۰۰۰)



نمودار ۶: مقایسه پارتو حاصل از اجرای الگوریتم MOABC در مدل mean- pVaR در دوره‌های موردبررسی (تکرار ۱۰۰۰)



نمودار ۷: مقایسه پارتو حاصل از اجرای الگوریتم NSGA II در مدل mean- pVaR در دوره‌های موردبررسی (تکرار ۵۰۰۰)



نمودار ۸: مقایسه پارتو حاصل از اجرای الگوریتم NSGA II در مدل mean- pVaR در دوره‌های موردبررسی (تکرار ۱۰۰۰)

نتایج حاصل از تجزیه‌وتحلیل نمودارهای (۱) تا (۸) کاملاً مشابه یکدیگر بوده و بیانگر آن است که سبدهای سهام حاصل از اجرای الگوریتم‌های NSGA II و MOABC در مدل‌های موردمطالعه در هر دو تکرار در دوره مطالعه ۹۸-۱۳۹۶، به ترتیب نسبت به دوره‌های ۹۸-۱۳۹۱ و ۹۸-۱۳۹۳ از مطلوبیت بالاتری برخوردار است و به ازای مقدار مشخصی از ریسک بازده بیشتری ارائه می‌کند.

از طرفی با توجه به اینکه میانگین و واریانس بازدهی هریک از شرکت‌های موردمطالعه در دوره‌های مختلف، متفاوت است، چنین به نظر می‌رسد مقایسه دوره‌های موردمطالعه با روش فوق‌الذکر در حل مسأله بهینه‌سازی سبد سهام مؤثر نبوده و می‌بایست از زوایای دیگر نیز موردبررسی قرار گیرد. ازاین‌رو در این بخش از پژوهش میانگین و واریانس بازدهی هریک از شرکت‌های موردمطالعه در سه بازه زمانی ۹۸-۱۳۹۶، ۹۸-۱۳۹۳ و ۹۸-۱۳۹۱ ازلحاظ برخورداری از توزیع نرمال موردبررسی قرار گرفت. برای نیل به این منظور از آزمون نرمالیته نرم‌افزار SPSS استفاده گردید که نتایج آن به شرح جدول (۱) است

جدول ۱. نتایج آزمون کولوموگروف- اسمیرنوف و شاپیرو- ویلک میانگین بازدهی شرکت‌ها در دوره‌های موردبررسی

	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
۱۳۹۱ لغایت ۱۳۹۸	۰/۰۹۰	۵۰	۰/۲۰۰	۰/۹۷۰	۵۰	۰/۲۲۲
۱۳۹۳ لغایت ۱۳۹۸	۰/۰۹۸	۵۰	۰/۲۰۰	۰/۹۷۵	۵۰	۰/۳۷۵
۱۳۹۶ لغایت ۱۳۹۸	۰/۱۱۳	۵۰	۰/۱۳۹	۰/۹۲۸	۵۰	۰/۰۰۵

نتایج جدول (۱) حاکی از آن است که میانگین بازدهی شرکت‌های موردبررسی در دوره مطالعه ۹۸-۱۳۹۶ به دلیل اینکه سطح معناداری آزمون شاپیرو- ویلک کمتر از ۵٪ است از توزیع نرمال برخوردار نبوده لیکن میانگین بازدهی شرکت‌های موردمطالعه در دو دوره ۹۸-۱۳۹۳ و ۹۸-۱۳۹۱ به دلیل اینکه سطح معناداری آزمون کولوموگروف- اسمیرنوف و شاپیرو- ویلک آن‌ها بالای ۵٪ بوده، از توزیع نرمال برخوردار است.

جدول ۲: نتایج آزمون کولوموگروف- اسمیرنوف و شاپیرو- ویلک واریانس بازدهی شرکت‌ها در دوره‌های موردبررسی

	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
۱۳۹۱ لغایت ۱۳۹۸	۰/۰۹۸	۵۰	۰/۲۰۰	۰/۹۶۱	۵۰	۰/۰۹۸
۱۳۹۳ لغایت ۱۳۹۸	۰/۰۹۴	۵۰	۰/۲۰۰	۰/۹۵۹	۵۰	۰/۰۷۸
۱۳۹۶ لغایت ۱۳۹۸	۰/۱۵۳	۵۰	۰/۰۰۵	۰/۹۱۹	۵۰	۰/۰۰۲

به همین ترتیب از تجزیه‌وتحلیل جدول (۲) می‌توان نتیجه گرفت که واریانس بازدهی شرکت‌های موردمطالعه در دوره ۹۸-۱۳۹۶ به دلیل اینکه سطح معناداری آزمون شاپیرو- ویلک

کمتر از ۵٪ است از توزیع نرمال برخوردار نبوده، لیکن واریانس بازدهی شرکت‌های موردمطالعه در دو دوره ۹۸-۱۳۹۳ و ۹۸-۱۳۹۱ به دلیل اینکه سطح معناداری آزمون کولوموگروف- اسمیرنوف و شاپیرو- ویلک آن‌ها بالای ۵٪ بوده، از توزیع نرمال برخوردار است.

با عنایت به‌مراتب فوق می‌توان بیان نمود میانگین و واریانس بازدهی دوره مطالعه ۹۸-۱۳۹۶ از توزیع نرمال برخوردار نبوده که این امر را ناشی از نوسانات بازدهی شرکت‌های پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران به دلیل شرایط سیاسی، اجتماعی و اقتصادی کشور در سال ۱۳۹۸ و تأثیر وزنی آن بر میانگین و واریانس بازدهی دوره مطالعه ۹۸-۱۳۹۶ به نسبت دو دوره دیگر دانست.

مقایسه کارآمدی دوره‌های موردمطالعه بر اساس دوره مطالعه ثابت و الگوی میانگین- واریانس

بازدهی سهام شرکت‌های موردمطالعه، وابسته به شرایط سیاسی، اقتصادی و اجتماعی کشور بوده و در سال‌های اخیر دستخوش نوسانات قابل‌ملاحظه‌ای شده است. به همین خاطر میانگین و واریانس بازدهی و به‌تبع آن کوواریانس بازدهی سهام شرکت‌های موردمطالعه در دوره‌های موردبررسی متفاوت از یکدیگر بوده که این امر موجب شده نتایج حاصل از بهینه‌سازی سبد سهام در دوره‌های مختلف، در دامنه متفاوتی از ریسک و بازده ارائه گردد. لذا مقایسه بازدهی و نسبت شارپ آن‌ها به‌تنهایی می‌تواند گمراه‌کننده باشد.

جدول ۳. میانگین نسبت شارپ حاصل از اجرای الگوریتم‌های موردمطالعه در مدل‌های پژوهش در دوره‌های موردبررسی

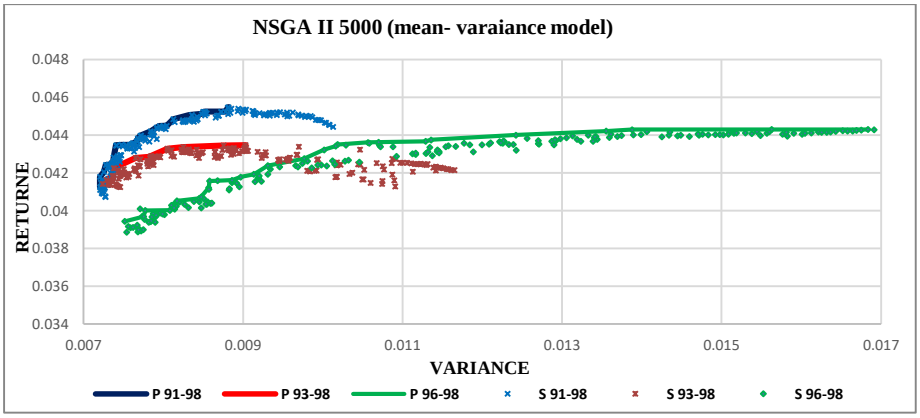
شرح	میانگین- واریانس				میانگین- درصد دارایی در معرض ریسک			
	NSGA II		MOABC		NSGA II		MOABC	
	تکرار ۱۰۰۰	تکرار ۵۰۰۰	تکرار ۱۰۰۰	تکرار ۵۰۰۰	تکرار ۱۰۰۰	تکرار ۵۰۰۰	تکرار ۱۰۰۰	تکرار ۵۰۰۰
دوره ۹۸-۱۳۹۱	۰/۳۵۱۰	۰/۳۵۴۷	۰/۳۴۹۵	۰/۳۶۵۵	۰/۳۵۵۲	۰/۳۵۴۲	۰/۳۵۳۱	۰/۳۶۶۲
دوره ۹۸-۱۳۹۳	۰/۳۲۰۳	۰/۳۲۴۸	۰/۳۱۴۲	۰/۳۳۳۲	۰/۳۲۱۴	۰/۳۲۵۹	۰/۳۱۹۹	۰/۳۴۰۱
دوره ۹۸-۱۳۹۶	۰/۶۱۰۶	۰/۶۱۸۰	۰/۶۲۲۶	۰/۶۴۴۴	۰/۶۱۷۷	۰/۶۲۷۰	۰/۶۲۷۲	۰/۶۵۱۵

همان‌گونه که در جدول (۳) نشان داده شده، تفاوت زیادی بین میانگین نسبت شارپ سبدهای سهام پیشنهادی حاصل از اجرای الگوریتم‌های NSAGA II و MOABC در دو مدل میانگین- واریانس و میانگین- درصد دارایی در معرض ریسک در تکرارهای ۱۰۰۰ و ۵۰۰۰ در دوره‌های ۹۸-۱۳۹۶، ۹۸-۱۳۹۳ و ۹۸-۱۳۹۱ وجود دارد. لذا مقایسه نسبت شارپ به‌صورت مستقل نمی‌تواند مبنای قابل‌اعتمادی برای مقایسه دوره‌های موردمطالعه در حل مسأله

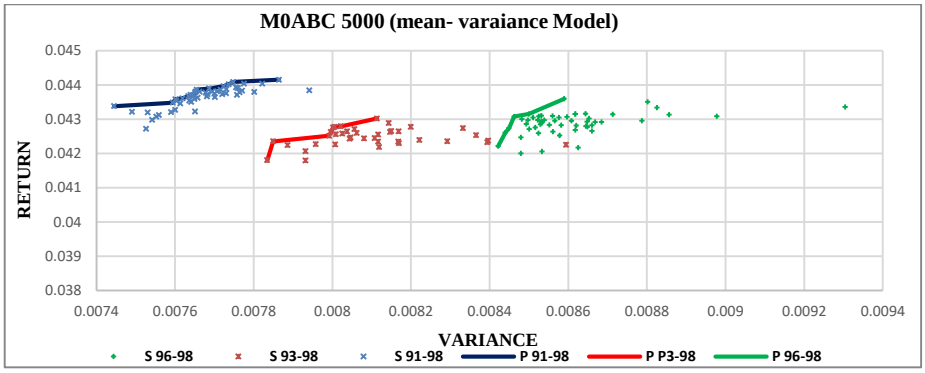
بهینه‌سازی سبد سهام باشد. ازاین‌رو به‌منظور بررسی و مقایسه کارآمدی دوره‌های موردمطالعه، از اطلاعات یک دوره ثابت به شرح زیر استفاده شده است.

با عنایت به اینکه نوسان زیاد بازدهی، بر میانگین و واریانس بازدهی سهام شرکت‌ها تأثیرگذار بوده، لذا به‌منظور تکمیل تجزیه‌وتحلیل‌های انجام‌شده و مقایسه مطلوب‌تر، در این بخش از مطالعه با استفاده از اطلاعات میانگین بازدهی و ماتریس واریانس کوواریانس سهام شرکت‌های موردمطالعه در دوره پایه ۹۶-۱۳۹۱ و درصد سهام هر یک از سبدهای پیشنهادی حاصل از اجرای الگوریتم‌های NSGA II و MOABC در مدل‌های موردمطالعه در تکرار ۵۰۰۰ اقدام به تهیه منحنی پارتو مربوطه در الگوی استاندارد میانگین- واریانس به شرح نمودارهای (۹) تا (۱۲) نموده و نتایج آن‌ها مورد تجزیه‌وتحلیل و مقایسه قرار گرفت.

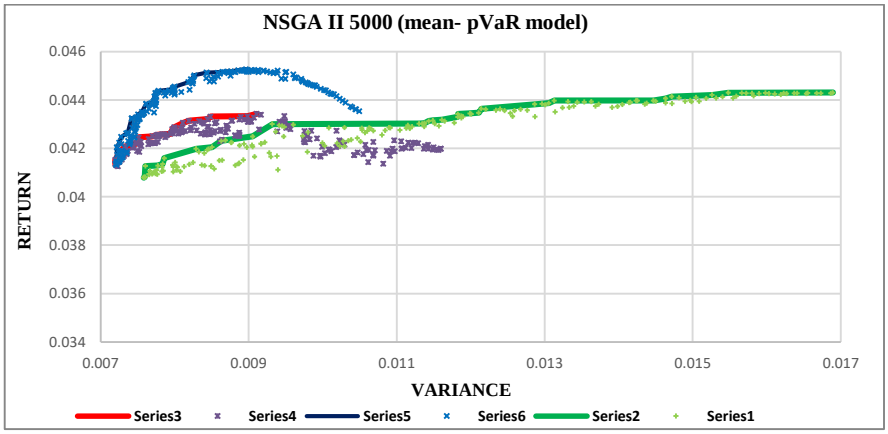
لازم به توضیح است با توجه به اینکه جواب‌های حاصل از اجرای روش فوق به‌صورت پراکنده ایجادشده، لذا جهت به دست آوردن منحنی پارتو حاصل از جواب‌های مذکور از مفهوم غلبه در بحث بهینه‌سازی چندهدفه استفاده شده است.



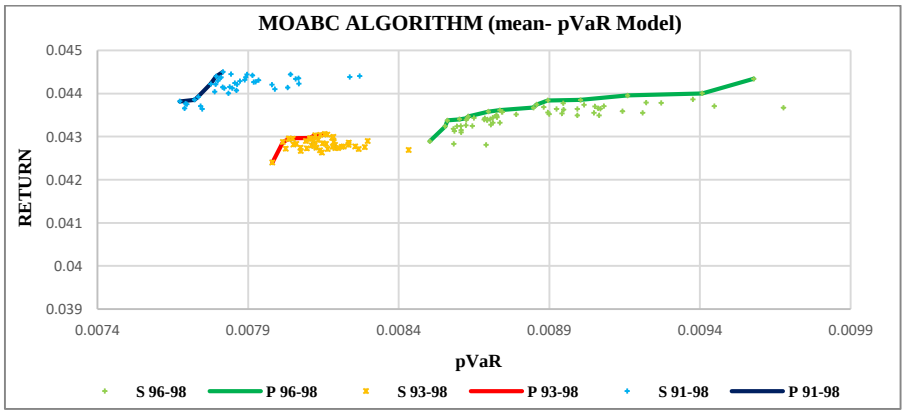
نمودار ۹: مقایسه منحنی پارتو به‌دست‌آمده از راه‌حل‌های حاصله اجرای الگوریتم NSGA II در مدل mean-var دوره‌های موردبررسی بر اساس دوره پایه ۹۶-۹۱ (تکرار ۵۰۰۰)



نمودار ۱۰: مقایسه منحنی پارتو به‌دست‌آمده از راه‌حل‌های حاصله اجرای الگوریتم MOABC در مدل mean-var دوره‌های موردبررسی بر اساس دوره پایه ۹۶-۹۱ (تکرار ۵۰۰۰)



نمودار ۱۱: مقایسه منحنی پارتو به‌دست‌آمده از راه‌حل‌های حاصله اجرای الگوریتم NSGA II در مدل mean-pVaR دوره‌های موردبررسی بر اساس دوره پایه ۹۶-۹۱ (تکرار ۵۰۰۰)



نمودار ۱۲: مقایسه منحنی پارتو به‌دست‌آمده از راه‌حل‌های حاصله اجرای الگوریتم MOABC در مدل mean-pVaR دوره‌های موردبررسی بر اساس دوره پایه ۹۶-۹۱ (تکرار ۵۰۰۰)

با بررسی و تجزیه‌وتحلیل نمودارهای (۹) تا (۱۲) می‌توان بیان نمود که منحنی پارتو حاصل از اجرای الگوریتم‌های موردمطالعه در مدل‌های موردبررسی در دوره ۹۸-۱۳۹۱ به ترتیب بر منحنی پارتو دوره ۹۸-۱۳۹۳ و ۹۸-۱۳۹۶ از مطلوبیت و کارایی بالاتری برخوردار است، زیرا ریسک کمتری را به ازای مقدار مشخصی از بازده نشان می‌دهد. لازم به ذکر است این برتری ارتباط مستقیم با طول دوره مطالعه و نوسان کمتر میانگین و واریانس بازدهی سهام شرکت‌های موردمطالعه بر اساس اطلاعات جدول (۴) دارد.

جدول ۴. انحراف معیار میانگین و واریانس سهام شرکت‌های موردبررسی در دوره‌های موردمطالعه

شرح	طول دوره (ماه)	انحراف معیار میانگین بازدهی	انحراف معیار واریانس بازدهی
دوره مطالعه ۱۳۹۱ لغایت ۱۳۹۸	۹۶	۰/۰۰۸۹۵۳	۰/۱۵۰۰۳۷
دوره مطالعه ۱۳۹۳ لغایت ۱۳۹۸	۷۲	۰/۱۰۵۴۸۰	۰/۱۶۵۴۴۵
دوره مطالعه ۱۳۹۶ لغایت ۱۳۹۸	۳۶	۰/۱۹۸۹۸۳	۰/۲۷۱۳۰۹

یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد، زمانی که دوره‌های موردمطالعه به‌صورت مستقل از یکدیگر موردبررسی قرار گرفت، میانگین نسبت شارپ سبدهای سهام حاصله در دوره مطالعه ۹۸-۱۳۹۶ به ترتیب بالاتر از نسبت شارپ سبدهای سهام حاصل از دوره ۹۸-۱۳۹۱ و ۹۸-۱۳۹۳ است. لیکن درزمانی که دوره‌های مطالعه بر اساس یک دوره پایه ۹۶-۹۱ مورد مقایسه و بررسی قرار می‌گیرد، نتایج متفاوتی حاصل شده و حاکی از کارایی بالاتر دوره مطالعه ۹۸-۱۳۹۱ به ترتیب نسبت به دوره مطالعه ۹۸-۱۳۹۳ و ۹۸-۱۳۹۶ است.

با عنایت به اینکه داده‌های دوره مطالعه ۹۸-۱۳۹۶ که شامل میانگین و واریانس بازدهی سهام شرکت‌های موردمطالعه بوده از توزیع نرمال تبعیت نمی‌نماید، لذا دوره مذکور قابل‌اطمینان نبوده و سبد انتخابی این پژوهش حذف می‌شود؛ بنابراین فرضیه‌های این پژوهش برای دوره مطالعه ۹۸-۱۳۹۳ و دوره ۹۸-۱۳۹۱ با استفاده از آزمون T نرم‌افزار SPSS به شرح جدول (۵) مورد آزمون قرار می‌گیرد.

جدول ۵. نتایج حاصل از آزمون T در مدل‌ها و الگوریتم‌های موردمطالعه

شرح	۹۸ -۱۳۹۱		۹۸ -۱۳۹۳		Sig آزمون Levene	سطح معناداری (sig)
	میانگین نسبت شارپ	تعداد	میانگین نسبت شارپ	تعداد		
میانگین نسبت شارپ سبدهای سهام حاصل از اجرای NSGA II در مدل mean- var	۰/۳۳۱۲	۱۹۷	۰/۳۰۴۲	۱۹۸	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
میانگین نسبت شارپ سبدهای سهام حاصل از اجرای MOABC در	۰/۳۳۹۷	۵۱	۰/۳۱۷۴	۳۹	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰

مدل mean- var						
میانگین نسبت شارپ سبدهای سهام حاصل از اجرای NSGA II در مدل mean- pVaR	۰/۳۳۰۰	۱۹۷	۰/۳۰۳۶	۱۹۷	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
میانگین نسبت شارپ سبدهای سهام حاصل از اجرای MOABC در مدل mean- pVaR	۰/۳۴۱۳	۵۱	۰/۳۲۰۶	۴۵	۰/۶۸۱	۰/۰۰۰

درصورتی‌که sig آزمون Levene کمتر از ۵ درصد باشد فرض برابری واریانس‌های دو جامعه رد می‌شود. از طرفی درصورتی‌که Sig آزمون تساوی میانگین با فرض تساوی و یا عدم‌تساوی کمتر از ۵ درصد باشد، حاکی از وجود تفاوت معنادار بین میانگین دو جامعه است و در غیر این صورت، بین میانگین دو جامعه تفاوت معناداری وجود ندارد [۱، ۱۰۵، ۲۱، ۶۶].

با بررسی نتایج حاصل از خروجی آزمون T نرم‌افزار SPSS که در جدول (۵) ارائه شده است، در ارتباط با فرضیه‌های پژوهش می‌توان بیان نمود، در هر دو مدل میانگین- واریانس و میانگین- درصد دارایی در معرض ریسک، بین میانگین نسبت شارپ سرمایه‌گذاری سبدهای سهام تشکیل‌شده بر مبنای الگوریتم‌های NSGA II و MOABC در دوره مطالعه ۹۸-۱۳۹۱ و سبدهای سهام تشکیل‌شده بر مبنای مدل‌ها و الگوریتم‌های مذکور در دوره مطالعه ۹۸-۱۳۹۳ تفاوت معناداری در سطح خطای ۵ درصد وجود دارد. به‌عبارت‌دیگر انتخاب دوره مطالعه تأثیر بسزایی در کیفیت جواب‌ها در حل مسأله بهینه‌سازی سبد سهام بر اساس معیار واریانس و درصد دارایی در معرض ریسک با استفاده از الگوریتم‌های NSGA II و MOABC دارد.

۵. بحث و نتیجه‌گیری

نوسان قیمت و به‌تبع آن تغییرات بازدهی سهم بر میانگین و واریانس بازدهی سهام شرکت‌ها در دوره‌های مختلف تأثیرگذار است. لذا انتخاب دوره مطالعه بسیار حائز اهمیت بوده، به‌نحوی‌که می‌تواند نتایج تحقیقات را دستخوش تغییر نماید. ازاین‌رو در این پژوهش اقدام به بررسی نتایج حاصل از بهینه‌سازی سبد سهام بر اساس معیارهای واریانس و ارزش در معرض ریسک با استفاده از الگوریتم‌های MOABC و NSGA II در سه دوره مطالعه ۳، ۶ و ۸ ساله منتهی به اسفندماه سال ۱۳۹۸ پرداخته و ضمن بررسی داده‌های دوره‌های موردبررسی، مطلوبیت جواب آن‌ها مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفت که نتایج آن به شرح زیر است:

زمانی که دوره‌های مطالعه به‌صورت مستقل از یکدیگر موردبررسی قرار گرفت مطلوبیت جواب‌های حاصل از بهینه‌سازی سبد سهام در دوره ۹۸- ۱۳۹۶ با توجه به مدنظر قرار دادن نسبت شارپ، به ترتیب بالاتر از جواب‌های حاصل از بهینه‌سازی سبد سهام در دوره ۹۸-۱۳۹۱ و ۹۸-۱۳۹۳ بوده، لیکن درزمانی که دوره‌های مطالعه بر اساس یک دوره پایه مورد مقایسه و

بررسی قرار می‌گیرد، نتایج متفاوتی حاصل شده و حاکی از مطلوبیت بالاتر جواب‌های حاصل از بهینه‌سازی سبد سهام در دوره مطالعه ۹۸-۱۳۹۱ به ترتیب نسبت به دوره مطالعه ۹۸-۱۳۹۳ و ۹۸-۱۳۹۶ است. لذا مقایسه نسبت شارپ به‌صورت مستقل نمی‌تواند مبنای قابل‌اعتمادی برای مقایسه دوره‌های موردمطالعه در حل مسأله بهینه‌سازی سبد سهام باشد.

میانگین و واریانس بازدهی سهام شرکت‌های موردبررسی در دوره مطالعه ۹۸-۱۳۹۶، از توزیع نرمال تبعیت ننموده که این امر را می‌توان ناشی از نوسان بالای بازدهی سهام شرکت‌ها در سالیان اخیر به دلیل شرایط سیاسی، اقتصادی و اجتماعی کشور دانست. در همین ارتباط می‌توان اذعان داشت که کوتاه‌تر بودن دوره مطالعه ۹۸-۱۳۹۶ و تأثیر وزنی بیشتر نوسان بازدهی سال ۱۳۹۸ بر دوره مذکور نسبت به دو دوره دیگر موجب بروز این تغییرات گردیده است. لذا با عنایت به مطالب ذکرشده دوره مذکور جواب‌های قابل‌اعتمادی ارائه ننموده و گمراه‌کننده است.

با توجه به طول دوره بیشتر و نوسان کمتر میانگین و واریانس بازدهی سهام شرکت‌های موردبررسی در دوره مطالعه ۹۸-۱۳۹۱ به نسبت دوره ۹۸-۱۳۹۳، می‌توان نتیجه‌گیری نمود که جواب‌های حاصل از بهینه‌سازی سبد سهام بر اساس مدل‌ها و الگوریتم‌های موردمطالعه در دوره مطالعه ۹۸-۱۳۹۱ از مطلوبیت بالاتری برخوردار بوده لذا از اطمینان بخشی بالاتری نیز برخوردار است. بنابراین می‌توان اذعان داشت؛ هرچقدر طول دوره مطالعه بیشتر و نوسان میانگین و واریانس بازدهی سهام شرکت‌های موردبررسی در دوره مطالعه کمتری باشد، دوره انتخابی از اطمینان‌بخش‌تر بوده و حل مسأله بهینه‌سازی سبد سهام از مطلوبیت بالاتری برخوردار است.

با عنایت به مطالب ذکرشده، انتخاب دوره مطالعه تأثیر بسزایی در جواب‌های حاصل از حل مسأله بهینه‌سازی سبد سهام با استفاده از الگوریتم‌های فراابتکاری دارد.

۶. پیشنهادها و محدودیت‌ها

موارد زیر به‌عنوان محدودیت‌های این تحقیق محسوب می‌شوند.

- نبود اطلاعات ماهانه پاره‌ای از شرکت‌ها، حذف شدن برخی شرکت‌ها به دلایل مختلف و همچنین کافی نبودن اطلاعات برخی از شرکت‌های بورس اوراق بهادار تهران
- بسته بودن برخی از نمادها در دوره زمانی مطالعه و پذیرفته شدن شرکت‌های جدید در بورس اوراق بهادار تهران

موارد زیر برای استفاده پژوهشگران در مطالعات آتی در بورس اوراق بهادار تهران پیشنهاد می‌شود:

- بهینه‌سازی سبد سهام مبتنی بر سری‌های زمانی با استفاده از الگوریتم‌های فراابتکاری
- بررسی اثر انتخاب دوره مطالعه بر بهینه‌سازی سبد سهام مبتنی بر مدل برنامه‌ریزی استوار امکانی با استفاده از الگوریتم‌های فراابتکاری
- تأثیر نوسان نرخ ارزهای دیجیتال مانند بیت‌کوین، اتریوم و ... بر بهینه‌سازی سبد سهام

منابع

1. Azar, A., & Mömeni. M. (2000). *Statistics and Its Application in Management (Statistical Analysis),* The Organization for Researching and Composing University Textbooks in the Humanities (SAMT), Tehran, Iran, 2000, 2. (in Persian)

2. Chen, C. H., Lu, C. Y., Hong, T. P., Lin, J. C. W., & GAETA, M. (2019). An Effective Approach for the Diverse Group Stock Portfolio Optimization Using Grouping Genetic Algorithm, *IEEE Access*, 2019(7), 155871- 155884.

3. Chen, W. (2015). Artificial bee colony algorithm for constrained possibilistic portfolio optimization problem, *Physica A Statistical Mechanics and its Applications*, 429(C), 125-139.

4. Davoodi, S.M., & Sadri, A., (2018). Compare Meta-Heuristic Algorithms on Optimal Model of Multi Period Portfolio Based on the Value at Risk. *Journal Of Securities Exchange*, 11(41), 121-152, (in Persian)

5. Deb, K., (2001), *Multi-objective optimization using evolutionary algorithms*, Wiley, United States.

6. Deb, K., Agrawal, S., Pratap, A. and T. Meyarivan. (2001). A fast elitist nondominated sorting genetic algorithm for multi-objective optimization: NSGA-II. In: proceedings of the parallel problem solving from nature VI (PPSN-VI) conference, 849-858.

7. Deng, Y., Xu, H., & Wu, J., (2020). Optimization of Blockchain Investment Portfolio under Artificial Bee Colony Algorithm, *Journal of Computational and Applied Mathematics*, PII: S0377-0427(20)30490-8.

8. Ertenlice, Okkes., & Kalayci, Can B., (2018). A survey of swarm intelligence for portfolio optimization: Algorithms and applications, *Swarm and Evolutionary Computation*, 2018(39), 36-52.

9. Fallahshams, M., Abdollahi, A.,& Moghadassi, M., (2013). Examining the Performance of Different Risk Criteria in Portfolio Selection and Optimization, Using the Ant Colony Algorithm In companies Listed at the Tehran Stock Exchange, *Journal of Financial Management Strategy*, 1(2). (in Persian)

10.Fobuzi, F., Modigliani, F., & Ferry, M., (2017). *Fundamentals of Markets and Financial Institutions*, Translated by Tabrizi, A., Pishboard Publishing, Tehran, Iran, 7. (In Persian)

11.Hakimian, H., & Ahmadi, Z. (2019). Long-Term Relationship between Tehran Stock Market Total Return Index, Crude Oil, Dollar and Gold Coin, *Quarterly Journal of Securities Exchange*, 45, 68-94. (In Persian)

12.Heidari, M. S., Validi, J., & Ebrahimi S. B. (2021). Portfolio Optimization Based on Robust Probablistic Planning Model Using Genetic Algorithm and Shuffled Frog-leaping Algorithm, *Financial Engineering and Portfolio Management*, 12(47), 564-586. (In Persian)

13.Iravani, M. A., & Moshayedi, A. J. (2017). Compare and investigate the evolutionary optimization algorithms insect colonies, Congress of Mechanical Engineering, 9, 1-18. (in Persian)

14.Kalayci, Can B. (2016). An application of artificial bee colony algorithm to cardinality constrained portfolio optimization problem, *Conference: Proceedings of 76th The IIER International Conference*, At Tokyo, Japan.

15.Karimi, A., & Goodarzi Dahriz S., (2020). Stock portfolio optimization using Imperialist Competitive Algorithm (ICA) and Particle Swarm Optimization (PSO) under Conditional Value at Risk (CVaR), *Financial Engineering and Portfolio Management*, 11, 423-444. (in Persian)

16.Kaucic, Massimiliano, Moradi, Mojtaba,& Mirzazadeh, Mohmmad, (2019). Portfolio optimization by improved NSGA-II and SPEA 2 based on different risk measures, *Financial Innovation*, 5(26).

17.Larsen, N., Mausser, H., & Uryasev, S. (2002). *Algorithms for optimization of value-at-risk*, Financial Engineering, E-commerce and Supply Chain. Kluwer Academic Publishers, United States, 70.

18.Lesmana S E, Susanti D, Napitupulu, H., & Hedayat, Y. (2017). Estimating the Value-at-Risk for some stocks at the capital market in Indonesia based on ARMA-FIGARCH models, *Journal of Physics Conference Series*, 909(1), 012040.

19.Markowitz, H.(1952). Portfolio Selection, *Journal of Finance*, 7(1), 77-91.

20.Mirlohi, M., Tehrani, R., Abbasian, E, & Jaberizadeh, A. (2020). Comparison of the Performance of Fuzzy Genetic and Fuzzy Hunting Search Algorithms in Fuzzy Portfolio Optimization Using Mean-Variance Model in Tehran Stock Exchange, *Quarterly Journal of Securities Exchange*, , 52, 71-95. (In Persian)

21.Mömeni, M., & Ghayoumi, A. F. (2015). *Statistical Analysis with SPSS*, Gang Shayegan Publication, Tehran, Iran. (in Persian)

22.Neshatizadeh, Laia. (2018). Portfolio Optimization Using Metaheuristic Algorithms Considering Maximum Minimum Constraint. *Thesis for obtaining a doctorate in financial economics*. Urmia University - Department of Economics, September 2018. (In Persian)

23.Raei, R., & Saeedi, A. (2017). *Fundamentals of Financial Engineering and Risk Management*, The Organization for Researching and Composing University Textbooks in the Humanities (SAMT), Tehran, Iran. (in Persian)

24.Raei, Reza, & Talangi, Ahmad. (2012). *Advanced investment management*. The Organization for Researching and Composing University Textbooks in the Humanities (SAMT). (In Persian)

25.Rahmani, M., Khalili Araghi, M., & Nikoomaram, H. (2020). Portfolio Selection by Means of Artificial Bee Colony Algorithm and its Comparison with Genetic Algorithm and Ant Colony Algorithm, *Financial Knowledge of Securities Analysis*, 13(45), 31-46. (In Persian)

26.Rahnamay Roodposhty, F., Ehsan, S., Fallahshams, M., Ehteshamrasi , R., & Jalilian, J.(2018). A Portfolio Optimization Model for a Private Equity Investment Company under Data Insufficiency Condition with an Artificial Bee Colony Meta-Heuristic Approach, *Journal Management System*, 3(12):217-232, (in Persian)

27.Sharpe, W. F. (1964). Capital asset prices: A theory of market equilibrium under conditions of risk, *Journal of Finance*, 1964, P. 425–442.

28.Tavakkoli Moqaddam, R., Norouzi, N., Kalimi, S. M., & Salamat-Bakhsh, A. (2013). *Meta- heuristic Algorithms, Theory and Implementation in MATLAB*. Islamic Azad University- South Tehran Branch. (In Persian)

29.Yaghini, Masoud, & Akhavan Kazemzadeh, Mohammad Rahim. (2010). *Metaheuristic Optimization Algorithm*. Iranian Academic Center for Education Culture & Research, Amirkabir University of Technology Branch, Tehran, Iran. (In Persian)

30.Zanjirdar M. (2020). Overview of Portfolio Optimization Models, *Advance in mathematical finance*, 5(4), 419-435.

31.Zhai, Q., Haung, M., Feng, S., & Li, H. (2020). Whale optimization algorithm for multiconstraint second-order stochastic dominance portfolio optimization, *Computational Intelligence and Neuroscience*, Volume 2020, Article ID 8834162, Doi.org/10.1155/2020/8834162.

32.Zou, W., Zhu, Y., Chen, H., & Zhang B., (2011), Solving Multi objective Optimization Problems Using Artificial Bee Colony Algorithm, *Discrete Dynamics in Nature and Society*, 2011(2).

استناد

آقامحمدی، رضا؛ تهرانی، رضا و خادمی، مریم (۱۴۰۱). بررسی اثر انتخاب دوره مطالعه بر حل بهینه‌سازی سبد سهام بر اساس معیار متفاوت ریسک با استفاده از الگوریتم‌های فراابتکاری. *چشم‌انداز مدیریت مالی*، ۱۲(۳۷)، ۹۳-۱۲۲.

Citation

Aghamohammadi, Reza; Tehrani, Reza & Khademi, Maryam (2022). Investigating the Effect of Study Period Selection on Solving Portfolio Optimization Based on Different Risk Criteria Using Meta-Heuristic Algorithms. *Journal of Financial Management Perspective*, 12(37), 93 - 122. (*in Persian*)