نشریـه علمـی دانش مالی تحلیل اوراق بهادار
دوره ۱۶ / شماره ۶۰ / زمستان ۱۴۰۲
صفحه ۰۱ تا ۱۴

تحلیل کارایی الگوریتم‌های فراابتکاری در بهینه‌سازی سبد سهام

سینا شیرطوانی[۱]
مهدی همایونفر*[۲]
کیهان آزادی[۳]
امیر دانشور[۴]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۶/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۰/۲۱

چکیده

مهم‌ترین هدف هر سرمایه‌گذار در بازار بورس افزایش بازده و کاهش ریسک سرمایه‌گذاری است. لذا هدف از اجرای این پژوهش تحلیل کارایی الگوریتم‌های فراابتکاری در بهینه‌سازی سبد سهام می باشد. نظر به اینکه در این تحقیق، عملکرد گذشته شرکتهای بورس اوراق بهادار تهران در مطالعات گذشته از سال ۱۳۹۰-۱۳۹۹ مورد بررسی قرار میگیرد، بنابراین پژوهش حاضر از لحاظ طرح تحقیق، پس رویدادی با استفاده از تکنیک‌های دلفی و فراتحلیل بود.جامعه آماری پژوهش حاضر محققین دانشگاهی در زمینه مالی و فعال در بورس اوراق بهادار تهران بوده و شیوه نمونه‌گیری در این پژوهش هدفمند با حجم ۳۰ نفر در نظر گرفته شد.ابزار جمع‌آوری اطلاعات پرسشنامه محقق‌ساخته بوده است. شیوه گردآوری اطلاعات مصاحبه ساختاریافته از محققین و مرور نتایج حاصل از مطالعات مختلف در زمینه تعیین سبد بهینه سهام در بورس اوراق بهادار تهران بوده است. به منظور تجزیه و تحلیل اطلاعات از نرم افزار *Spss* نسخه ۲۳ و لیزرل نسخه ۷/۵ شد. نتایج نشان داد از میان الگوریتم‌های فراابتکاری الگوریتم ژنتیک، کلونی مورچگان و کلونی زنبور عسل مناسب‌ترین ابزار با هدف عدم توقف در نقاط بهینه محلی و عدم همگرایی زودرس هستند. در نهایت بعد از ارزیابی الگوریتم‌های مناسب، مقایسه میانگین ریسک و بازده سبد سهام در الگوریتم‌های ژنتیک، کلونی مورچگان و کلونی زنبور عسل در واحد مطالعات صورت گرفته، نشان دادند به لحاظ معیار کاهش ریسک الگوریتم‌های ژنتیک و زنبور عسل و در خصوص افزایش بازده سبد بهینه سهام الگوریتم زنبور عسل کاراتر عمل نموده است.

واژگان کلیدی: بهینه‌سازی، سبد سهام، الگوریتم‌های فراابتکاری؛ الگوریتم ژنتیک، الگوریتم کلنی مورچگان

[1] دانشجوی دکتری مدیریت صنعتی- مالی، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران *Sina_2332@yahoo.com*
[2] استادیار، گروه مدیریت صنعتی، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران(نویسنده مسئول)*Homayounfar@iaurasht.ac.ir*
[3] استادیار، گروه حسابداری، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران*Ka.cpa2012@yahoo.com*
[4] استادیار، گروه مدیریت فناوری اطلاعات، واحد الکترونیکی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران*Daneshvar.amir@gmail.com*

مقدمه

مفاهیم بهینه‌سازی سبد سهام و تنوع بخشی به مثابه ابزاری در راستای توسعه و فهم بازارهای مالی و تصمیم‌گیری مالی در آمده‌اند. انتشار نظریه پرتفوی سهام هری مارکوویتز، اصلی‌ترین و مهم‌ترین موفقیت در این راستا بود (کو سوگانتان، ۲۰۱۱)[۱]. سرمایه‌گذاران و مدیران مالی مؤسسات، همواره علاقه‌مند هستند که ضمن حفظ جریان نقدی مطلوب، سودآوری ناشی از سرمایه‌گذاری را حداکثر و ریسک را حداقل نمایند (چو و همکاران، ۲۰۱۱)[۲]. به عبارت دیگر مهم‌ترین هدف هر سرمایه‌گذار افزایش بازده و کاهش ریسک سرمایه‌گذاری است. بنابراین بهینه‌سازی سبد سهام از موضوعات مهم در زمینه‌ی سرمایه‌گذاری محسوب می‌شود که هدف آن ارایه‌ی روشی برای سرمایه‌گذاران جهت انتخاب سهام مناسب می‌باشد. الگوریتم‌های فراابتکاری، نوعی از الگوریتم‌های بهینه‌سازی هستند که جهت حل مشکل بهینه محلی راهکارهایی را ارائه داده‌اند و کاربردهای مختلفی دارند و بصورت گسترده‌ای در بهینه‌سازی سبد سهام مورد استفاده قرار می‌گیرند. به طور کلی مرور پژوهش‌های داخلی انجام شده بیانگر این است که در بورس اوراق بهادار تهران بیشتر از روش‌های سنتی به منظور پیش‌بینی استفاده شده است. در دنیای پیرامون انسان که پدیده‌ها اغلب رفتارهایی غیر خطی دارند، شناسایی و پیش‌بینی این پدیده‌ها نیازمند استفاده از روش‌های نوین پیش‌بینی و ارزیابی است. زیرا این تکنیک‌ها ابزارهایی دقیق برای پیش‌بینی در محیط های مغتشش و رهگیری رفتارهای غیرخطی هستند. با توجه به اینکه برای استفاده از الگوهای سنتی باید از سری‌های زمانی ساکن (ایستا) استفاده کرد و از آنجا که بیشتر سری‌های زمانی اقتصادی غیرایستا است، این الگوها مشکل عمده‌ای برای پیش‌بینی دارند (قندهاری و همکاران، ۲۰۱۹)[۳]، از طرفی روش‌های هوش مصنوعی مشکل عمده الگوهای سنتی را از نظر ایستایی در سری‌های زمانی ندارد. اگر چه نمی‌توان هیچ تضمینی قائل شد، اما آزمون این روش‌ها در مسائل مختلف فنی و مهندسی، اقتصاد، مالی و غیره نشان داده است که در صورت اجرای درست و انتخاب مناسب پارامترهای داخلی و متناسب با نو ع مسأله، با استفاده از این روش‌ها می‌توان به پاسخ‌های مناسب‌تری از پاسخ‌های همتاهای کلاسیکشان دست یافت. به عبارت دیگر، اصولاً این روش‌ها ایجاد شد تا کاستی‌های روش‌های کلاسیک را جبران کند. آن‌ها به گونه‌ای برنامه‌ریزی شده‌اند تا در صورت امکان، از بهینه‌های محلی، به اصطلاح بیرون بپرند، در آنها گیر نیفتند و به بهینه جامع برسند (سیمون، ۲۰۱۳)[۴]. اما در سال‌های اخیر مطالعات فراوانی در زمینه مقایسه روش‌های هوشمند و روش‌های کلاسیک آماری در مدلسازی مسائل پیش‌بینی انجام گرفته است و نتیجه‌ی آنها دقت بالاتر روش‌های هوشمند در مسائل پیش‌بینی را نشان داده است (قاسمی و فرزاد، ۱۳۹۷). رفتار سهام در بازار، مانند بسیاری از پدیده‌های طبیعی، رفتاری غیرخطی 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 به سزایی در پیش‌بینی آتی سهام و اتخاذ تصمیم مناسب دارد (مریکمی و همکاران، ۲۰۱۷)[۵]. بسیاری از سهام‌داران یک سبد سهام را انتخاب می‌کنند تا ریسک سرمایه‌گذاری را کاهش دهند. در مسئله بهینه‌سازی سبد سهام با محدودیت، فرض بر این است که تعدادی سهام برای انتخاب وجود دارند (پاک‌مرام و همکاران، ۱۳۹۵). هدف ما انتخاب بهینه یک سبد سهام با توجه به ریسک و عایدی مورد انتظار است. سبدهای سهامی که به ازای عایدی مورد انتظار مشخص، کمترین ریسک را دارا هستند جبهه‌ای تشکیل می‌دهند که به نام جبهه کارا شناخته می‌شود.

در یک دسته بندی کلی می‌توان الگوریتم‌های فراابتکاری را به دو دسته الگوریتم‌های مبتنی بر یک جواب و الگوریتم‌های مبتنی بر جمعیت تقسیم کرد (احسان‌فرد و همکاران، ۱۳۹۵). لذا با توجه به تنوع الگوریتم‌های فرا ابتکاری در تعیین سبد بهینه سهام بر این اساس پژوهش حاضر به دنبال آن است کارایی الگوریتم‌های فراابتکاری در بهینه‌سازی سبد سهام را مورد بررسی قرار دهد.

مبانی نظری پژوهش

مسأله انتخاب سبد سرمایه‌گذاری یکی از مسائل کلاسیک دنیای مالی است که اولین بار توسط مارکویتز (۱۹۵۹) مطرح گردید و شامل دو جزء اصلی و جدایی‌ناپذیر بازده و

ریسک است (نجفی و موشخیان، ۱۳۹۳). با گسترش خطرات و حوادث نامطلوب مختلف در جهان که بخشی از آن از افزایش فعالیت‌های اقتصادی، اجتماعی و سیاسی نشأت می‌گیرد، بی‌اطمینانی نسبت به آینده بیشتر شده است. خطر یا ریسک، یکی از مفاهیم پایه‌ای در بازارهای مالی به شمار می‌رود. باید توجه کرد که مهم‌ترین تصور از خطر همان احساس وقوع زیان مالی است (داوودی و صدری، ۱۳۹۷). امروزه شیوه انتخاب سهام در بورس اوراق بهادار برای سرمایه‌گذاران به عنوان یکی از دغدغه‌های اصلی در این بازارها مطرح است و انتخاب سهم و یا سبد سهامی که از لحاظ سودآوری، افزایش قیمت و سود هر سهم بهترین باشد، اهمیت بسزایی دارد. مساله انتخاب سبد سهام مطلوب و بهینه مساله‌ای است که همواره همه سرمایه‌گذاران اعم از حقیقی و حقوقی با آن روبرو هستند. مسئله انتخاب سهام شامل ایجاد سبد سهامی می‌شود که مطلوبیت سرمایه‌گذار را حداکثر سازد. به همین منظور روش‌های بسیاری در رابطه با انتخاب سبد سهام به وجود آمده و معرفی شده‌اند. اکثریت این روش‌ها برای انتخاب و تصمیم‌گیری صحیح از اطلاعات و تحلیل‌های مالی استفاده نموده‌اند (آبادیان و شجری، ۱۳۹۵). در حقیقت مفهوم افزایش قدرت پیش‌بینی بازار سهام و تنوع بخشی به عنوان رکن اصلی توسعه و تصمیم‌گیری مالی مطرح است. این مفهوم مهم از تئوری هری مارکویتز با عنوان انتخاب پرتفوی، در ادبیات مالی وارد شد. یکی از اصول مارکویتز، توجه به دو عامل ریسک پرتفوی و بازدهی پرتفوی بطور همزمان برای سرمایه‌گذار است. این ایده که تصمیم‌گیری مالی، از تقابل میان ریسک پرتفوی و بازدهی پرتفوی بوجود می‌آید، به دو دلیل یک انقلاب در مدیریت سرمایه‌گذاری ایجاد کرد: اول اینکه فرض می‌کند که سرمایه‌گذار ارزیابی کمی از ریسک پرتفوی و بازدهی پرتفوی را از طریق توجه به بازدهی پرتفوی و حرکت همزمان بازدهی پرتفوی‌ها نسبت به هم انجام می‌دهد که این ایده اصلی در تنوع بخشی پرتفوی است. دوم اینکه، فرآیند تصمیم گیری مالی را بعنوان یک مسأله بهینه سازی در نظر می‌گیرد، یعنی سرمایه گذار در میان انواع مختلف پرتفوهای در دسترس، پرتفویی را انتخاب می‌کند که کمترین واریانس را دارد (رهنمای رود پشتی و همکاران، ۱۳۹۴). در سالیان اخیر تلاش‌هایی برای هدایت سرمایه‌گذاران صورت گرفته و مدل‌هایی ارائه شده است، در این بین مدل‌های بهینه‌سازی سبد سهام به مثابه ابزاری در راستای بهبود تصمیمات در آمده است. برخی از مسائل اینقدر پیچیده‌اند که نمی‌توان از روش‌های حل متداول برای رسیدن به جواب بهینه استفاده نمود بلکه باید به جواب رضایت‌بخش اکتفا کرد، در این موارد می‌توان از روش‌های ابتکاری که بر مبنای یکسری ایده‌های منطقی پایه‌گذاری شده و لزوماً به دنبال جواب بهینه نیستند استفاده کرد. روش‌های فراابتکاری، روش‌های عمومی حل مسائل هستند (گیلی و شومن، ۲۰۱۲)[۶] که هم ساختار عمومی و هم رهنمودهای کاربردی جهت توسعه یک روش ابتکاری خاص را برای تناسب با نوع خاصی از مسأله فراهم می‌آورند. الگوریتم‌های تقریبی به دو دسته الگوریتم‌های ابتکاری و فراابتکاری تقسیم می‌شوند. دو مشکل اصلی الگوریتم‌های ابتکاری، توقف آن‌ها در نقاط بهینه محلی، همگرایی زودرس به این نقاط است. الگوریتم‌های فراابتکاری برای حل مشکلات الگوریتم‌های ابتکاری ارائه شده‌اند. رده‌های گوناگونی از این نوع الگوریتم‌ها در دهه‌های اخیر توسعه یافته است (همایون‌فر و همکاران، ۱۳۹۷). در ادامه جدول چارچوب نظری پژوهش در خصوص مطالعات صورت گرفته در زمینه تحلیل کارایی الگوریتم‌های فرا ابتکاری در تعیین سبد بهینه سهام ارائه می‌گردد:

جدول ۱. چارچوب نظری تحلیل کارایی الگوریتم‌های فراابتکاری در تعیین سبد بهینه سهام

محققین خارجی	سال	عنوان	نتیجه
دورینگ و همکاران	(۲۰۱۹)	الگوریتم‌های فراابتکاری برای بهینه‌سازی پورتفولیوی غنی و مدیریت ریسک: وضعیت فعلی و روندهای آینده	الگوریتم‌های فراابتکاری مبتنی بر جمعیت، و به ویژه GA و PSO، متدولوژی‌های حل غالب برای تعیین سبد بهینه سهام بوده‌اند.

محمودی و همکاران	(۲۰۲۰)	مقایسه بهینه سازی ازدحام ذرات و عملکرد الگوریتم ژنتیک در استخراج مرز کارآمد پرتفوی سهام بر اساس یک مدل گشتاور جزئی	نتایج ثابت می‌کند که هر دو الگوریتم در حل گشتاور جزئی متوسط-پایین با برتری بهینه‌سازی ازدحام ذرات کاملاً کارآمد هستند.

جدول ۲. چارچوب نظری تحلیل کارایی الگوریتم‌های فراابتکاری در تعیین سبد بهینه سهام شرکت‌های بورس اوراق بهادار تهران

محققین داخلی	سال	عنوان	نتیجه
رنجبری و همکاران	(۱۳۹۹)	بهینه سازی و مدیریت فعال پابرجای سبد سرمایه‌گذاری با استفاده از الگوریتم کلونی زنبور عسل؛ مورد مطالعاتی: بورس اوراق بهادار تهران	الگوریتم زنبور عسل هم در مرحله تشکیل سبد بهینه و هم در مرحله مدیریت آن، از روش‌های کلاسیک، عملکرد بهتری نشان داده است.
همایون‌فر و همکاران	(۱۳۹۷)	توسعه الگوریتم‌های فراابتکاری شیرمورچه- ژنتیک و *PBILDE* جهت بهینه‌سازی سبد سهام در بورس اوراق بهادار تهران	الگوریتم‌های *ALOGA* و *PBILDE* کارایی مناسبی برای حل مسأله بهینه‌سازی سبد سهام دارند. بعلاوه، با استفاده از الگوریتم *ALOGA* می‌توان با دقت و کارایی بالا سبد سهام بهینه تشکیل داد.
خواجه‌زاده و همکاران	(۱۳۹۹)	پیش بینی سبد بهینه سهام رویکرد الگوریتم فراابتکاری و فرآیند تصمیم مارکوف	الگوریتم فراابتکاری فرهنگی با توجه به روش شارپ توانایی ایجاد سبد بهینه سهام با استفاده از داده‌های پیش‌بینی‌شده را با روش مارکویتز برای سرمایه‌گذاران ریسک‌پذیر و ریسک گریز دارد.
حدادی و همکاران	(۱۴۰۰)	بهینه سازی سبد سهام با معیارهای *MAD* و *CVaR* با مقایسه روش‌های کلاسیک و فراابتکاری	روش فرا ابتکاری *NSGA2* در مقایسه با روش کلاسیک در حل مسئله بهینه سازی سبد ریسک بیشتری را در دو معیار *MAD* و *CVaR* به نمایش گذاشت و لذا روش بهتری برای حل مسائل بهینه سازی سبد می‌باشد.
حیدری و همکاران	(۱۴۰۰)	بهینه‌سازی سبد سهام مبتنی بر مدل برنامه ریزی امکانی استوار با استفاده از الگوریتم‌های ژنتیک و جهش قورباغه مخلوط شده	نتایج حاصل از اجرای دو الگوریتم بر روی ۱۵ مسئله با استفاده از آزمون آماری T مورد مقایسه قرار گرفته است که بیانگر عدم تفاوت معنادار بین دو الگوریتم در انتخاب سبد سرمایه‌گذاری است اما رویکرد ترکیبی تاپسیس و وزن‌دهی آنتروپی، الگوریتم ژنتیک را به‌عنوان الگوریتم برتر انتخاب می‌کند.

مقایسه مزایا و معایب الگوریتم‌های فراابتکاری در تعیین سبد بهینه سهام

انتخاب سبد سهام نشان می‌دهد که چگونه یک سرمایه گذار نقدینگی خود را با توجه به اهداف کارآیی و بازده ریسک به دارایی‌های مختلف برای دستیابی به سبد رضایت بخش دارایی‌ها تخصیص می‌دهد. ترکیب سبد مورد نظر می‌تواند نتیجه تصمیمات سرمایه‌گذاری تصادفی و بی ربط یا نتیجه برنامه‌ریزی عمدی باشد (ائونی، ۲۰۰۹)[۷].

انتخاب ابزارها و تکنیک‌هایی که بتوانند بهینه سازی سبد سهام را شکل دهند مورد علاقه دنیای سرمایه گذاری است. معروف‌ترین و رایج‌ترین رویکرد در مورد مدل بهینه سازی سبد سهام، انتخاب میانگین واریانس توسط مدل هری کوتزی است که در آن مدل ریسک سرمایه گذاری نه تنها بر اساس انحراف استاندارد سهام، بلکه بر ریسک سرمایه‌گذاری نیز استوار است. در ادامه به مقایسه مزایا و معایب الگوریتم‌های فراابتکاری در تعیین سبد بهینه سهام پرداخته می‌شود.

جدول ۳. مقایسه مزایا و معایب الگوریتم‌های فراابتکاری در تعیین سبد بهینه سهام

نوع الگوریتم	ابداع‌کننده	سال	مزایا	معایب
ژنتیک	هلند	۱۹۷۵	سیستم موازی - انعطاف پذیری - محدودیت - انتخاب بهترین‌ها از بین جمعیت - شانس زیاد برای دستیابی به بهینه سازی جهانی - پیاده سازی آسان	هزینه بالای آن - نیاز به حافظه و محاسبات زیاد
کلونی‌مورچه‌گان	دوریگو	۱۹۹۲	سیستم موازی-بازخورد مثبت-یافتن سریع-اجتناب از همگرایی اولیه مسائل پویا	نظریه دشوار-عدم وابستگی-تکرار تغییرات بر اساس احتمال، زمان همگرایی نامشخص
تجمعی ذرات	کندی و ابرهارت	۲۰۰۱	نظم صفر - بدون نیاز به عملیات پیچیده ریاضی، انعطاف پذیری بالا - پیاده سازی آسان - همگرایی سریع - حافظه - به اشتراک گذاری اطلاعات - بدون حذف	گرفتار شدن در محل کاهش بهینه تنوع جمعیتی
جستجوی هارمونی	جیم و همکاران	۲۰۰۱	نسبتاً بهینه سازی شده-پیاده سازی آسان-مشارکت هماهنگی-محاسبه ساده مفهوم ساده-الزامات ریاضی کمتر-انعطاف پذیری بالا برای جستجوی فضای بهتر	به دام افتاده در بهینه سازی محلی در مسائل گسسته
کلونی زنبور عسل	کارابوگا	۲۰۰۵	کارآیی بسیاری از راه حل‌های بهینه - پارامترهای کنترلی - سرعت همگرایی بالا - حداقل خروجی محلی - انعطاف پذیری بالا - مشکلات چند بعدی - بهینه سازی جهانی - تشخیص آسان - جستجوی جهانی و محلی - احتمال زیاد یافتن پاسخ	تعدد هماهنگی متغیرها پارامترهای کمی وابسته به اندازه جمعیت نیاز به تنظیم روابط پارامترها استفاده از روش احتمالات
کرم شب‌تاب	یانگ	۲۰۰۸	مسائل بیشینه سازی و کمینه سازی با قید و بدون قید - تنظیم آسان - پارامترهای کم - همگرایی بسیار سریع استقلال اعضا- گذر از بهینه محلی - پیاده سازی موازی — بخش‌بندی خودکار تمام جمعیت - قابلیت بهینه سازی چند کیفیتی - تنوع در راه حل‌ها	روش دقیقی برای تعیین پارامترها ندارد - به دام افتادن در بهینه محلی - عدم تغییر در لحظه - عدم یادآوری بهترین بهینه

روش اجرای تحقیق

روش پژوهش حاضر از نظر نوع داده کمی است، از نظر نتیجه کاربردی و از لحاظ هدف توصیفی و اکتشافی می‌باشد. با توجه به این که در این تحقیق، عملکرد گذشته شرکت‌های بورس اوراق بهادار تهران در مطالعات گذشته از سال ۱۳۹۰-۱۳۹۹ مورد بررسی قرار می‌گیرد یا به عبارتی بهتر از اطلاعات تاریخی مطالعات قبلی شرکت‌ها استفاده می‌گردد، بنابراین تحقیق در این بخش از لحاظ طرح تحقیق، پس رویدادی محسوب می‌شود. در ابتدا به منظور ارزیابی الگوریتم‌های فراابتکاری در تعیین سبد بهینه سهام از روش تکنیک دلفی استفاده شد. به این ترتیب که بعد از مطالعه‌ی کتابخانه‌ای و مرور پیشینه‌نگاشته‌ها در خصوص الگوریتم‌های فراابتکاری در بهینه‌سازی سبد سهام، با استفاده از نظرسنجی ۳۰ متخصص در زمینه مالی، اقدام به بررسی الگوریتم‌های مطالعه شده در تعیین سبد بهینه سهام گردیده شد. پس

از تعیین الگوریتم‌های فراابتکاری مناسب، در خصوص مقایسه کارایی الگوریتم‌ها در تعیین سبد بهینه سهام بورس اوراق بهادار تهران از تکنیک فراتحلیل استفاده شده است. این مراحل در فراتحلیل پژوهش حاضرانجام گرفت.

۱. شناسایی نتایج پژوهش‌ها در تعیین سبد بهینه سهام در شرکت‌های بورس اوراق بهادار تهران بر اساس دو شاخص بازده مالی و ریسک مالی

۲. ترکیب نتایج پژوهش‌های انتخاب شده (شبیه‌سازی اعداد بازده و ریسک مالی مطالعات مورد بررسی) و مقایسه آن‌ها با یکدیگر

۳. ارزشیابی نتایج فراتحلیل به منظور کاهش خطا.

جامعه آماری پژوهش حاضر محققین دانشگاهی در زمینه مالی و فعال در بورس اوراق بهادار تهران بوده و شیوه نمونه‌گیری در این پژوهش هدفمند با حجم ۳۰ نفر در نظر گرفته شده است. همچنین واحد تحقیق و مقایسه، تحقیقات صورت گرفته در خصوص سبد بهینه سهام در بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از الگوریتم‌های فراابتکاری مدنظر محققین می‌باشد. شیوه انتخاب مطالعات به عنوان واحد تحقیق به منظور تجزیه و تحلیل بر اساس ۲ عامل می‌باشد که عبارتند از:

۱. جامعه آماری مطالعات انتخابی، بورس اوراق بهادار تهران باشد. ۲. استفاده تحقیقات از الگوریتم‌های فراابتکاری مناسب (منتج از نتایج بخش اول تحقیق حاضر: الگوریتم ژنتیک، الگوریتم مورچگان و الگوریتم کلونی زنبور عسل) به منظور تعیین سبد بهینه سهام است.

ابزار جمع‌آوری اطلاعات در ابتدا پرسشنامه محقق‌ساخته بوده است که در ۶ بخش میزان تناسب الگوریتم ژنتیک، کلونی مورچگان، تجمعی‌ذرات، جستجوی هارمونی، کلونی زنبور عسل و کرم‌شب‌تاب طراحی شده است. که هر بخش با ۲ گویه شامل تناسب روش انتخابی در عدم توقف در نقاط بهینه محلی و عدم همگرایی زودرس بر اساس طیف لیکرت (بسیارکم، کم، متوسط و زیاد) طراحی شده است.

شیوه گردآوری اطلاعات مصاحبه ساختاریافته از محققین و مرور نتایج حاصل از مطالعات مختلف در زمینه تعیین سبد بهینه سهام در بورس اوراق بهادار تهران بوده است.

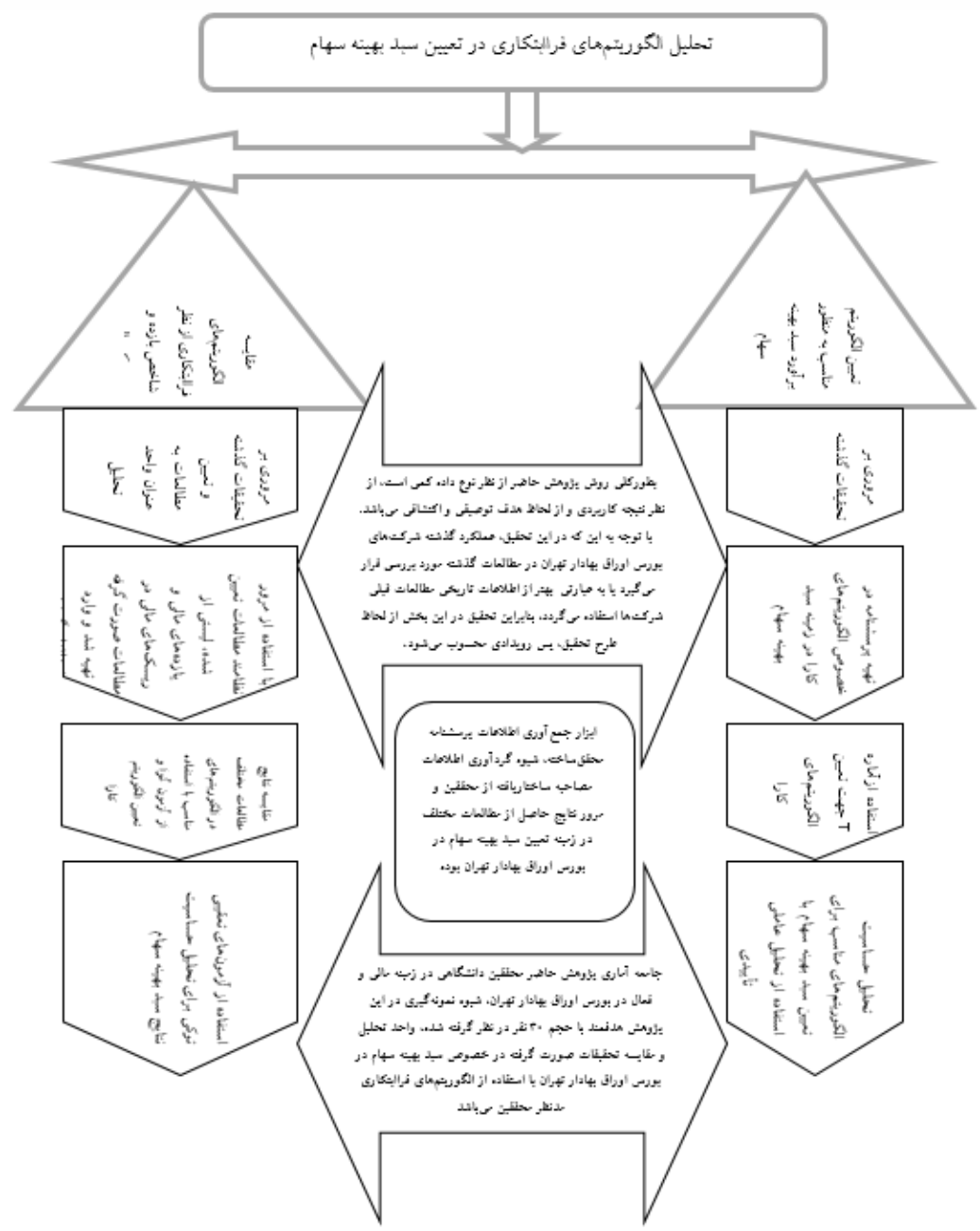
نرم‌افزار مورد استفاده به منظور تجزیه و تحلیل اطلاعات در هردو بخش *Spss* نسخه ۲۳ و لیزرل نسخه ۷/۵ می‌باشد. نوع آمارهای مورد استفاده به منظور ارزیابی الگوریتم فراابتکاری مناسب در تعیین سبد بهینه سهام، آماره‌ی T تک متغیره و در نهایت تحلیل حساسیت الگوریتم‌های مناسب برای تعیین سبد بهینه سهام با استفاده از تحلیل عاملی تأییدی بوده است.

در مطالعات مورد بررسی به منظور تعیین کارایی الگوریتم‌ها در سبد بهینه سهام، ریسک هر سهم براساس واریانس بازده ماهانه محاسبه گردیده است. و برای محاسبه کوواریانس میان سهام از بازده‌های ماهانه استفاده شده است. سپس با استفاده از نرم افزار متلب با استفاده از سه الگوریتم کلونی مصنوعی زنبور، کلونی مورچگان، و الگوریتم ژنتیک برای هرسال سبد سهام که در آن اوزان هر سهم محاسبه شده است به دست آمده است. برای تعیین عملکرد سبدهای سهام بدست آمده از سه الگوریتم مذکور، معیار ریسک و بازده آنها از طریق روابط زیر محاسبه شده است.

Rp: بازده پرتفوی که از طریق رابطه زیر محاسبه شده (رابطه ۳)

ریسک پرتفوی از طریق رابطه زیر محاسبه شده است: (رابطه ۴)

نوع آمارهای مورد استفاده به منظور مقایسه الگوریتم‌ها در تعیین سبد بهینه سهام در بورس اوراق بهادار تهران، تجزیه و تحلیل واریانس یک‌طرفه (آنوا) و در نهایت استفاده از آزمون‌های تعقیبی توکی برای تحلیل حساسیت نتایج سبد بهینه سهام می‌باشد. مبنای مقایسه الگوریتم‌های فراابتکاری مناسب، بر اساس فاکتورهای ریسک و بازده مالی صورت پذیرفته است.



شکل ۱. روش اجرای تحقیق تحلیل الگوریتم‌های فراابتکاری در تعیین سبد بهینه سهام

نتایج ارزیابی الگوریتم فراابتکاری مناسب به منظور تعیین سبد بهینه سهام در این بخش با استفاده از آزمون T تک متغیره بهترین الگو به منظور تعیین سبد بهینه سهام تعیین شده است. نتایج مربوط به آزمون T تک متغیره بر اساس نظرسنجی از متخصصین مالی در بورس اوراق بهادار تهران نشان می‌دهد، از میان الگوریتم‌های فراابتکاری الگوریتم ژنتیک، کلونی مورچگان و کلونی زنبور عسل در سطح یک درصد خطا و الگوریتم جستجوی هارمونی در سطح پنج درصد خطا در تعیین سبد بهینه سهام به شیوه مناسب عمل می‌کنند. به عبارت دیگر الگوریتم‌های ژنتیک، کلونی مورچگان و کلونی زنبور عسل با ۹۹ درصد اطمینان و الگوریتم جستجوی هارمونی با ۹۵ درصد اطمینان در عدم توقف در نقاط بهینه محلی و عدم همگرایی زودرس، مناسب عمل می‌نمایند.

جدول ۴. ارزیابی الگوریتم فراابتکاری به منظور تعیین سبد بهینه سهام

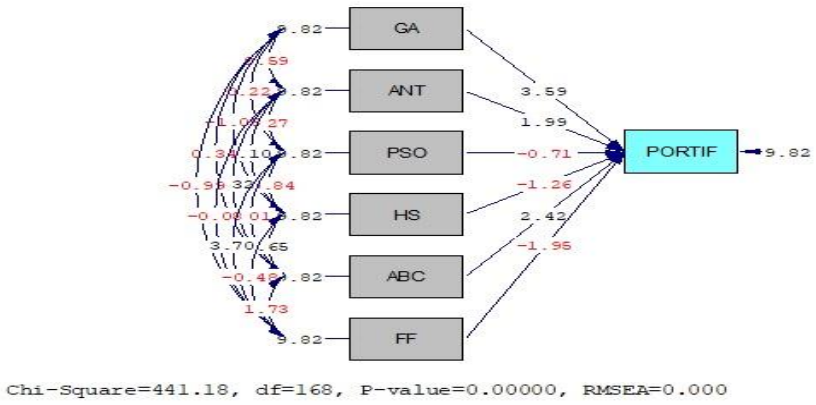
نوع الگوریتم	میانگین	انحراف‌استاندارد	مقدار T	سطح معناداری (Sig)
ژنتیک	۴/۱۷	۰/۳۳	۴۹/۳۴	۰/۰۰۰۰۱**
کلونی‌مورچه‌گان	۳/۸۱	۰/۷۱	۱۶/۱۶	۰/۰۰۰۰۱**
تجمعی ذرات	۱/۷۰	۰/۴۴	۴۱/۳۲	۰/۰۰۰۰۱**
جستجوی هارمونی	۳/۱۲	۰/۷۶	۲/۳۲	۰/۰۲*
کلونی زنبور عسل	۳/۹۰	۰/۷۶	۱۶/۵۷	۰/۰۰۰۰۱**
کرم شب‌تاب	۱/۶۶	۰/۳۰	۶۲/۴۷	۰/۰۰۰۰۱**

منبع: یافته‌های تحقیق، **: معناداری در سطح یک‌درصد خطا، *: معناداری در سطح پنج درصد خطا

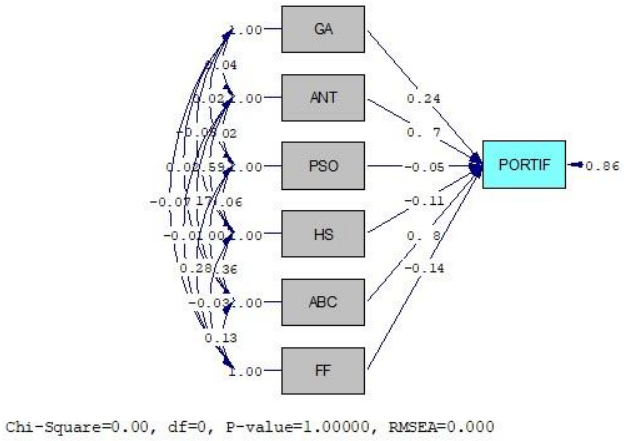
تحلیل حساسیت الگوریتم‌های مناسب برای تعیین سبد بهینه سهام

برای رسیدن به هدف تحلیل حساسیت الگوی مناسب برای تعیین سبد بهینه سهام از شیوه تحلیل عاملی تأییدی استفاده شد. ضابطه تصمیم‌گیری در این بخش بار عاملی (*Factor Loading*) و آماره تی (*T-Value*) می‌باشد. به این ترتیب که قدرت رابطه بین عامل (متغیر پنهان) و متغیر قابل مشاهده بوسیله بار عاملی نشان داده می‌شود. بار عاملی مقداری بین صفر و یک است. اگر بار عاملی کمتر ۰/۲ از باشد رابطه ضعیف درنظر گرفته شده و از آن صرف‌نظر می‌شود. بارعاملی بین ۰/۲ تا ۰/۶ قابل‌قبول است و اگر بزرگ‌تر از ۰/۷ باشد خیلی مطلوب است. در خصوص آماره t اگر این آماره کمتر از ۱/۹۶ باشد یعنی روش تعیین شده مناسب نمی‌باشد.

نتایج تحلیل عاملی تأییدی در خصوص روش مناسب برای تعیین سبد بهینه سهام بر اساس شکل ۲ نشان می‌دهد مقدار *T-Value* در الگوریتم ژنتیک (*T-value=3.59*)، الگوریتم مورچگان (*T-value=1.99*) و الگوریتم زنبور عسل (*T-value=2.42*) چون بزرگ‌تر از ۱/۹۶ می‌باشد مناسب‌ترین الگوریتم‌ها فراابتکاری در تعیین سبد بهینه سهام به منظور عدم گیر افتادن در نقاط بهینه محلی و عدم همگرایی زودرس مناسب می‌باشند. همچنین شکل ۲ نشان می‌دهد مقدار بار عاملی الگوریتم ژنتیک (*a=0.24*)، الگوریتم مورچگان (*a=0.7*) و الگوریتم زنبور عسل (*a=0.8*) به این دلیل که بالاتر از ۰/۲ می‌باشد، موثرترین روش‌های فراابتکاری در تعیین سبد بهینه سهام می‌باشند. بر این اساس نتایج نشان می‌دهد بهترین الگوریتم‌های فراابتکاری در تعیین سبد بهینه سهام در بورس اوراق بهادار تهران الگوریتم ژنتیک، الگوریتم مورچگان و الگوریتم زنبور عسل هستند. به عبارت دیگر در تحلیل حساسیت‌سنجی تناسب روش الگوریتم هارمونی برای تعیین سبد بهینه سهام در بورس اوراق بهادار تهران رد شده است. به همین خاطر در بخش بعدی به مقایسه الگوریتم‌های مذکور در خصوص تعیین سبد بهینه سهام بر اساس ریسک کم و بازده بالا در مطالعات پرداخته می‌شود.



شکل ۲. مقدار آماره T در پیش‌بینی بهترین روش الگوریتم فراابتکاری در تعیین سبد بهینه سهام



شکل ۳. مقدار بارعاملی در پیش‌بینی بهترین روش الگوریتم فراابتکاری در تعیین سبد بهینه سهام

مقایسه سبد بهینه سهام در الگوریتم ژنتیک، الگوریتم مورچگان و الگوریتم زنبور عسل با استفاده از معیارهای ریسک و بازده مالی در بورس اوراق بهادار تهران برای این منظور محقق برای هر موضوع تعیین سبدبهینه سهام با استفاده از الگوریتم‌های ژنتیک، مورچگان و زنبور عسل چندین مطالعه صورت گرفته در بورس اوراق بهادار تهران را انتخاب نموده و به مقایسه روش‌های مطرح شده در مطالعات فوق پرداخته و در نهایت بهترین الگو برای رسیدن به هدف تعیین سبد بهینه سهام بر اساس اجرای روش تحلیل محتوا انتخاب می‌گردد. واحد تحقیق در این بخش مطالعات صورت گرفته در خصوص تعیین سبد بهینه سهام در بورس اوراق بهادار تهران بوده است. در ادامه بر اساس یافته پژوهش‌های دیگر در خصوص مقایسه الگوریتم ژنتیک، کلونی مورچه‌گان و زنبور عسل به مقایسه یافته‌های مطالعات مختلف در خصوص میانگین ریسک و بازده در هر الگوریتم پرداخته شده و بر اساس مقایسه یافته‌های مذکور الگوریتم مناسب انتخاب می‌گردد. اعداد بدست آمده از نتایج مطالعات قبلی در خصوص تعیین سبد بهینه سهام در بورس اوراق بهادار تهران می‌باشد. نتایج جدول ۵ نشان می‌دهد در سطح یک درصد خطا بین عملکرد سبدهای سهام در بورس اوراق بهادار تهران در معیار ریسک به واسطه الگوریتم‌های مختلف تفاوت معنی‌دار وجود دارد. به عبارت دیگر با ۹۹ درصد اطمینان مشخص می‌شود که الگوریتم زنبور عسل، ژنتیک و مورچگان به ترتیب با عدد ریسک ۱/۸۵، ۲/۰۳ و ۴/۴۲ با یکدیگر متفاوت‌اند. به منظور تعیین دقیق‌تر نتایج که کدام الگوریتم کاراتر است از آزمون تعقیبی توکی استفاده می‌شود.

جدول ۵. مقایسه نتایج معیار ریسک محاسبه شده با استفاده از الگوریتم‌های فراابتکاری در تعیین سبد بهینه سهام در مطالعات مختلف

معیار ریسک	تعداد مطالعات	اولویت	میانگین	انحراف‌معیار	مقدار F	سطح معناداری
الگوریتم ژنتیک	۸	۲	۲/۰۳	۲/۲۵	۱۲/۲۱	۰/۰۰۰۰۱**
الگوریتم مورچگان	۸	۳	۴/۴۲	۲/۱۲		
الگوریتم کلونی زنبور عسل	۸	۱	۱/۸۵	۱/۴۸		

منبع: یافته‌های تحقیق، **: معناداری در سطح یک‌درصد خطا

نتایج آزمون توکی در جدول ۶ نشان می‌دهد الگوریتم زنبور عسل و ژنتیک به لحاظ تعیین معیار ریسک بایکدیگر تفاوت معنی‌دار نداشته‌اند ولی هردو الگوریتم با الگوریتم مورچگان یا ۹۹ درصد اطمینان به لحاظ تعیین معیار ریسک تفاوت معنی‌دار داشته‌اند و چون الگوریتم مورچگان معیار ریسک بالاتری را در سبد سهام داشته در مقایسه با الگوریتم ژنتیک و زنبور عسل کارایی کمتری دارد. ولی با اینکه الگوریتم زنبور عسل معیار ریسک کمتری (۱/۸۵) نسبت به الگوریتم ژنتیک (۲/۰۳) داشته اما چون تفاوت معنی‌دار نبوده است، محققین هردو روش را کارا تلقی می‌نمایند.

جدول ۶. نتایج تحلیل حساسیت معیار ریسک الگوریتم‌های انتخابی

آزمون	الگوریتم	ژنتیک	مورچگان	کلونی زنبور عسل
توکی	ژنتیک	-	*Md=-2.39*	*Sig=0/067*
	مورچگان	*sig=۰/۰۰۰۰۱***	-	*sig=۰/۰۰۰۰۱***
	کلونی زنبور عسل	*Md=-0. 18*	*Md=-2.57*	-

منبع: یافته‌های تحقیق، **: معناداری در سطح یک‌درصد خطا

جدول ۷ نشان می‌دهد بین عملکرد سبدهای سهام در معیار بازده در بورس اوراق بهادار تهران به واسطه الگوریتم‌های مختلف زنبور عسل، ژنتیک و مورچگان در سطح یک‌درصد خطا تفاوت معنی‌دار وجود دارد. به عبارت دیگر با ۹۹ درصد اطمینان مشخص می‌شود که در تعیین بازده سبد سهام الگوریتم زنبور عسل (۴۹/۴۷) با اولویت اول، الگوریتم ژنتیک (۳۷/۳۴) با اولویت دوم و الگوریتم مورچگان (۳۲/۶۵) با اولویت سوم عمل می‌نمایند. با توجه به معنی‌داری آزمون تجزیه و تحلیل واریانس معیار بازده سبد سهام در مطالعات مختلف به منظور تعیین دقیق‌تر نتایج که کدام الگوریتم کاراتر است از آزمون تعقیبی توکی استفاده می‌شود.

جدول ۷. مقایسه نتایج معیار بازده محاسبه شده با استفاده از الگوریتم‌های فراابتکاری در تعیین سبد بهینه سهام در مطالعات مختلف

معیار بازده	تعداد مطالعات	اولویت	میانگین	انحراف‌معیار	مقدار F	سطح معناداری
الگوریتم ژنتیک	۸	۲	۳۷/۳۴	۴۲/۵۵	۲۹/۴۱	۰/۰۰۰۰۱**
الگوریتم مورچگان	۸	۳	۳۲/۶۵	۵۱/۳۲		
الگوریتم کلونی زنبور عسل	۸	۱	۴۹/۴۷	۵۰/۴۸		

منبع: یافته‌های تحقیق، **: معناداری در سطح یک‌درصد خطا

نتایج آزمون توکی در جدول ۸ نشان می‌دهد الگوریتم زنبور عسل با بالاترین معیار بازده در سبد سهام با یک درصد خطا به لحاظ تعیین معیار بازده باالگوریتم ژنتیک و الگوریتم مورچگان تفاوت معنی‌دار داشته‌اند. همچنین الگوریتم ژنتیک با بازده بالاتر نسبت به الگوریتم مورچگان با ۹۹ درصد اطمینان در تعیین بازده سبد سهام کاراتر از الگوریتم مورچگان عمل نموده است. به عبارت‌دیگر با توجه به اینکه با ۹۹ درصد اطمینان الگوریتم زنبور عسل، ژنتیک و مورچگان در تعیین بازده سبد سهام با یکدیگر تفاوت معنادار دارا می‌باشند لذا به ترتیب الگوریتم زنبور عسل با اولویت اول، الگوریتم ژنتیک با اولویت دوم و الگوریتم مورچگان با اولویت سوم در تعیین بازده سبد سهام کارا عمل نموده‌اند.

جدول ۸. نتایج تحلیل حساسیت معیار بازده سبد سهام الگوریتم‌های انتخابی

آزمون	الگوریتم	ژنتیک	مورچگان	کلونی زنبور عسل
توکی	ژنتیک	-	*Md=-4.69*	*Sig=0/00001***
	مورچگان	*sig=۰/۰۰۰۰۱***	-	*sig=۰/۰۰۰۰۱***
	کلونی زنبور عسل	*Md=-12.13*	*Md=-16.82*	-

منبع: یافته‌های تحقیق، **: معناداری در سطح یک‌درصد خطا

بحث و نتیجه‌گیری

در تحقیق حاضر جهت انتخاب روش کارا و مناسب برای تعیین سبد بهینه سهام در بورس اوراق بهادار تهران از روش مروری و نظرسجی از صاحبنظران مالی به واسطه تکنیک دلفی استفاده گردید. به این ترتیب که در روش‌های فراابتکاری مناسب و کارا در تعیین سبد بهینه سهام با هدف کاهش ریسک و افزایش بازده نتایج نظرسنجی نشان داد از میان الگوریتم‌های فراابتکاری الگوریتم ژنتیک، کلونی مورچگان و کلونی زنبور عسل مناسب‌ترین روش‌ها با هدف عدم توقف در نقاط بهینه محلی و عدم همگرایی زودرس مناسب هستند. در نهایت بعد از تعیین روش‌های کارا با مرور نتایج تحقیقات (با هدف تعیین سبد بهینه سهام و مقایسه میانگین ریسک و بازده سبد سهام در الگوریتم‌های ژنتیک، کلونی مورچگان و کلونی زنبور عسل مطالعات مختلف)، آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه و آزمون تعقیبی توکی نشان دادند در خصوص معیار کاهش ریسک الگوریتم‌های ژنتیک و زنبور عسل و در خصوص افزایش بازده سبد بهینه سهام الگوریتم زنبور عسل کاراتر عمل نموده است. نتایج این تحقیق با نتایج تحقیق سینایی و زمانی (۱۳۹۳)، (دیوان دارو و همکاران[۸] (۲۰۱۴) وتوبا[۹] (۲۰۱۴) که نشان دادند الگوریتم زنبور عسل کارایی بهتری در تعیین سبد بهینه سهام دارند مطابقت دارد. و با نتایج تحقیقات دورینگ و همکاران[۱۰] (۲۰۱۹) و محمودی و همکاران (۲۰۲۰) در یک راستا نمی‌باشند. لذا پیشنهاد محققین این پژوهش به مدیران و سرمایه‌گذارن در بورس اوراق بهادار تهران این است که از الگوریتم زنبور عسل و ژنتیک به دلیل نزدیکی نتایج به هم برای کسب عملکرد بهتر استفاده نمایند.

منابع

آبادیان، مرضیه و شجری، هوشنگ. (۱۳۹۵). روش چند شاخصه برای انتخاب سبد سهام بهینه با استفاده از متغیرهای تحلیل بنیادی در شرکت‌های پتروشیمی عضو بورس. *مجله مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار*، ۲۶(۲۳)، ۲۵-۱.

احسان‌فرد، آزاد، سرور جلال و مصلی‌نژاد، علی. (۱۳۹۵). الگوریتم‌های فراابتکاری در بهینه سازی سبد سهام. پنجمین کنفرانس بین المللی مهندسی کامپیوتر، برق و الکترونیک.

بحری‌ثالث، جواد، پاک‌مرام علی و ولی‌زاده، محمد. (۱۳۹۹). انتخاب و بهینه سازی سبد سهام با استفاده از روش میانگین واریانس مارکویتز با بهره گیری از الگوریتم‌های مختلف. *نشریه دانش مالی تحلیل اوراق بهادار (مطالعات مالی)*، ۱۱(۳۷)، ۵۷-۴۳.

پاک‌مرام، علی، بحری‌ثالث، جواد و ولی‌زاده، محمد. (۱۳۹۵). انتخاب و بهینه سازی سبد سهام با استفاده از الگوریتم ژنتیک، با بهره گیری از مدل میانگین-نیمه واریانس مارکویتز. *فصلنامه مهندسی‌مالی و مدیریت اوراق‌بهادار*، ۳۱(۳۱)، ۴۲-۱۹.

حدادی، محمدرضا، نادمی یونس و طافی، فاطمه. (۱۴۰۰). بهینه سازی سبد سهام با معیارهای MAD و $CVaR$ با مقایسه روش‌های کلاسیک و فراابتکاری. *فصلنامه مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار*،۱۲(۴۷)، ۵۱۴-۵۳۳.

حیدری، محمدسعید، ولیدی، جواد و ابراهیمی، سید بابک. (۱۴۰۰). بهینه سازی سبد سهام مبتنی بر مدل برنامه ریزی امکانی استوار با استفاده از الگوریتم‌های ژنتیک و جهش قورباغه مخلوط شده. *فصلنامه مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار*، ۱۲(۴۷)، ۵۸۶-۵۶۴.

خواجه‌زاده، سامیران، شاهوردیانی، شادی، دانشور، امیر و معدنچی‌زاج، مهدی. (۱۳۹۹). پیش‌بینی سبد بهینه سهام رویکرد الگوریتم فراابتکاری و فرآیند تصمیم مارکوف. *مجله تصمیم‌گیری و تحقیق در عملیات*، ۵(۴)، ۵۴۵-۵۲۶.

داوودی، سیدمحمدرضا و صدری، ابوالفضل. (۱۳۹۷). مقایسه الگوریتم‌های فراابتکاری در ارائه مدل بهینه سبد سهام چند دوره‌ای بر اساس معیار ارزش در معرض ریسک. *مجله بورس اوراق بهادار*، ۴۱(۱۰)، ۱۵۲-۱۲۱.

رهنمای رودپشتی فریدون، نیکومرام، هاشم، طلوعی اشلقی، عباس، حسین زاده لطفی، فرهاد و بیات، مرضیه. (۱۳۹۴). بررسی کارایی بهینه سازی پرتفوی بر اساس مدل پایدار با بهینه سازی کلاسیک در پیش بینی ریسک و بازده پرتفوی. *مجله مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار (مدیریت پرتفوی)*، ۶(۲۱)، ۵۹-۲۹.

رنجبری‌وحید، محمدحسین، صادقی‌شریف، سیدجلال، عیوض‌لو، رضا و مهرآرا، محسن. (۱۳۹۹). بهینه سازی و مدیریت فعال پابرجای سبد سرمایه گذاری با استفاده از

الگوریتم کلونی زنبور عسل؛ مورد مطالعاتی: بورس اوراق بهادار تهران. *مجله مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار*، ۱۱(۴۳)، ۳۳۲-۳۱۳.

سینایی، حسنعلی و زمانی، سعید. (۱۳۹۳). تصمیم گیری برای انتخاب سبدسهام مقایسه الگوریتم‌های ژنتیک و زنبورعسل. *پژوهشنامه مدیریت اجرایی*، ۶(۱۱)، ۱۲۵-۱۰۵.

قاسمی، جمال و فرزاد، سروه. (۱۳۹۷). پیش بینی خطر سقوط قیمت سهام با استفاده از روش‌های فرا ابتکاری (الگوریتم بهینه سازی حرکت تجمعی ذرات) و مقایسه با رگرسیون لوجستیک. *نشریه مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار*، ۲(۳۶)، ۱۱۹-۱۰۵.

نجفی، امیرعباس و موشخیان، سیامک. (۱۳۹۳). مدلسازی و ارائهٔ راهحل بهینه برای بهینه سازی سبد سرمایه گذاری چند دوره‌ای با الگوریتم ژنتیک. *مجله مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار*، ۲۱(۱۰)، ۳۵-۱۳.

همایونفر، مدی، دانشور، امیر و رحمانی، جواد. (۱۳۹۷). توسعه الگوریتم‌های فراابتکاری شیرمورچه- ژنتیک و PBILDE جهت بهینه‌سازی سبد سهام در بورس اوراق بهادار تهران. مجله مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار، ۹(۳۴)، صص ۳۸۱-۴۰۴.

Aouni, B. (2009). Multi-attribute portfolio selection: New Perspectives. INFOR: Information Systems and Operational Research, 47(1), 1-4. Doi:org/10.3138/infor.47.1.1.

Dewandaru, G., Masih, R., Bacha, O. I., & Masih, A. M. M. (2014). Combining momentum, value, and quality for the Islamic equity portfolio: Multi-style rotation strategies using augmented Black Litterman factor model. Pacific-Basin Finance Journal, 34, 205-232. Doi.org/10.1016/j.pacfin.2014.12.006

Doering, J., Kizys, R., Juan, A. A., Fitó, À, & Polat, O. (2019). Metaheuristics for rich portfolio optimisation and risk management: Current state and future trends. Operations Research Perspectives, 6, 100121. Doi.org/10.1016/j.orp.2019.100121

Dorigo, M., & Gambardella, L. M. (1991). Ant Colony System: A Cooperative Learning Approach to the Travelling Salesman Problem. IEEE Trans. Evol. Comp, 1, 53-66. DOI: 10.1109/4235.585892

Ghandehari, M., Azar, A., Yazdanian, A. R., & Golarzi, G. (2019). A Hybrid Model of Stochastic Dynamic Programming and Genetic Algorithm for Multistage Portfolio Optimization with GlueVaR Risk Measurement. Industrial Management Journal, 11(3), 517-542.

Geem, Z.W., Kim, J. H., & Lognathan, G. V. (2001). A Heuristic optimization algorithm. Harmony search.Simulation, 76(1), 60-68, DOI:10.1177/003754970107600201.

Gilli, M., & Schumann, E. (2012). Heuristic optimisation in financial modelling. Annals of operations research, 193(1), 129-158. DOI:10.1007/s10479-011-0862-y.

Holland, J. H. (1975). Adaptation in natural and artificial systems, univ. of Mich. Press. Ann Arbor. DOI:10.4236/ajc.2015.31003

Karaboga, D. (2005). An idea based on honey bee swarm for numerical optimization-Technical Report TR06. Engineering Faculty, Computer Engineering Department, 10.

Eberhart, R. C., Shi, Y., & Kennedy, J. (2001). Swarm intelligence. Elsevier.

Mahmoudi, A., Hashemi, L., Jasemi, M., & Pope, J. (2020). A comparison on particle swarm optimization and genetic algorithm performances in deriving the efficient frontier of stocks portfolios based on a mean- lower partial moment model. International Journal of Finance & Economics, 26(4), 5659-5665.

Miryekemami, S., Sadeh, E., & Sabegh, Z. (2017). Using Genetic Algorithm in Solving Stochastic Programming for Multi-Objective Portfolio Selection in Tehran Stock Exchange. Advances in Mathematical Finance and Applications, 2(4), 107-120. Doi: 10.22034/AMFA.2017.536271.

Qu, B. Y., & Suganthan, P. N. (2011). Constrained multi-objective optimization algorithm with an ensemble of constraint handling

methods. EngineeringOptimization, 43(4), 403-416. https://doi.org/10.1080/0305215X.2010.493937

Simon, D. (2013). Evolutionary Optimization Algorithms: Biologically-Inspired and Population-Based Approaches to Computer Intelligence. Hoboken: Wiley. Doi: 978-0-470-93741-9

value. Journal of the Stock Exchange, 41(10), 152-121. [In Persian]

Roodpashti Guide, F., Nicomram, H., Toloui Ashlaghi, A., Hosseinzadeh Lotfi, F., & Bayat, M. (2016). Evaluation of portfolio optimization efficiency based on sustainable model with classical optimization in predicting portfolio risk and return. Journal of Financial Engineering and Securities Management (Portfolio Management), 6 (21), 59-29. [In Persian]

Ranjbari Wahid, M. H., Sadeghi Sharif, J., Eivozlu, R., & Mehr Arara, M. (2018). Optimization and active management of a stable investment portfolio using the bee colony algorithm; Case study: Tehran Stock Exchange. Journal of Financial Engineering and Securities Management, 11 (43), 332-313. [In Persian]

Sinai, H. A., and Zamani, S. (2015). Deciding to select a stock portfolio comparing genetic and bee algorithms. Journal of Executive Management, 6 (11), 125-105. [In Persian]

Qasemi, J., and Farzad, S. (2019). Predicting the risk of stock price falls using meta-innovative methods (particle cumulative motion optimization algorithm) and comparison with logistic regression. Journal of Financial Engineering and Securities Management, 2 (36), 119-105. [In Persian]

Najafi, A., and Musicians, S. (2015). Modeling and presenting the optimal solution for optimizing a multi-period portfolio with genetic algorithm. Journal of Financial Engineering and Securities Management, 21(10), 35-13. [In Persian]

Homayounfar, M., Daneshvar, A., & Rahmani, J. (2019). Development of meteorological-genetic algorithms and PBILDE for stock portfolio optimization in Tehran Stock Exchange. Journal of Financial Engineering and Securities Management, 9(34), 381-404. [In Persian]

Yang, X. S. (2008). Nature Inspird Metaheuristic Algorithms. Luniver Prees. Doi: 978-1-905986-10-1

Abadian, M., & Shajari, H. (2017). Multi-criteria method for selecting the optimal stock portfolio using fundamental analysis variables in petrochemical companies. Journal of Financial Engineering and Securities Management, 26 (23), 1-25. [In Persian]

Ehsanifard, A., Sarvars, J., & Mosallnejhad, A. (2017). Trans-innovation algorithms in stock portfolio optimization. Fifth International Conference on Computer. Electrical and Electronics Engineering. [In Persian]

Bahri sales, J., Pakmaram, A., & Valizadeh, V. (2020). Selection and optimization of stock portfolio using Markowitz mean variance method using different algorithms. Journal of Securities Analysis (Financial Studies), 11 (37), 43-57. [In Persian]

Pakmaram, A., bahri sales, J., & Valizadeh, V. (2017). Selection and optimization of stock portfolio using genetic algorithm, using Markowitz mean-half variance model. Quarterly Journal of Financial Engineering and Securities Management, 31(31), 42-19. [In Persian]

Haddadi, M., Name, R., & Tafi, F. (2022). Stock portfolio optimization with MAD and CVaR criteria by comparing classical and meta-innovative methods. Quarterly Journal of Financial Engineering and Securities Management, 12(47), 533-514. [In Persian]

Heydari, M. S., Walidi, J., & Ebrahimi, S. B. (2022). Stock portfolio optimization based on robust feasibility planning model using genetic algorithms and mixed frog mutation. Quarterly Journal of Financial Engineering and Securities Management, 12 (47), 586-564. [In Persian]

Khajehzadeh, S., Shahverdiani, Sh., Daneshvar, A., & Madanchizaj, M. (2021). Predicting the optimal portfolio of stocks Markov meta-heuristic algorithm approach and decision process. Journal of Decision Making and Operations Research, 5(4), 545-526. [In Persian]

Davoodi, S. M., & Sadri, A. (2019). Comparison of meta-heuristic algorithms in presenting the optimal model of multi-period stock portfolio based on the criterion of risk

Journal of Financial Knowledge of Securities Analysis
Vol. 16 / No. 60, Winter 2023

Analysis of the efficiency of meta-heuristic algorithms in Stock portfolio optimization

Sina Shirtavani[1]
Mahdi Homayounfar*[2]
Keyhan Azadi[3]
Amir Daneshvar[4]

Abstract
The most important goal of every investor in the stock market is to increase returns and reduce investment risk. Therefore, the purpose of this research is to analyze the effectiveness of meta-heuristic algorithms in stock portfolio optimization. Considering that in this research, the past performance of Tehran Stock Exchange companies is examined in past studies from 1390-1399, therefore, in terms of the research design, this research was post-event using Delphi and meta-analysis techniques. The statistical community of this research Academic researchers in the field of finance and active in the Tehran Stock Exchange, and the sampling method in this research was targeted with a volume of 30 people. The data collection tool was a researcher-made questionnaire. The method of collecting information was structured interview of researchers and review of the results of various studies in the field of determining the optimal stock portfolio in Tehran Stock Exchange. In order to analyze the data, Spss software version 23 and Laserl version 5.7 were used. The results showed that among meta-heuristic algorithms of genetic algorithm, ant colony and bee colony are the most suitable tools with the aim of not stopping at local optimal points and not premature convergence. Finally, after evaluating the appropriate algorithms, a comparison of the average risk and returns of the stock portfolio in genetic algorithms, ant colony and bee colony was done in the study unit, they showed that in terms of the criteria of reducing the risk of genetic and bee algorithms and in terms of increasing the return of the optimal portfolio Stock bee algorithm has worked more efficiently.

Keywords: *Optimization, Stock Portfolio, Meta-heuristic Algorithms; Genetic Algorithm, Ant colony Algorithm*

[1]*PhD Candidate, Department of Industrial Management, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht, Iran . Sina_2332@yahoo.com*
[2] *Assistant Professor, Department of Industrial Management, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht, Iran. .Homayounfar@iaurasht.ac.ir*
[3]*Assistant Professor, Department of Accounting, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht, Iran.Ka.cpa2012@yahoo.com*
[4] *Assistant Professor, Department of Information Technology Management, Electronic Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran .Daneshvar.amir@gmail.com*