فصلنامه علمی پژوهشی دانش سرمایه‌گذاری
دوره ۱۶ / شماره ٤ (پیاپی ٦٤) / زمستان ۱٤۰۶
صفحه ٦٤٥ تا ٦٦٥

مقایسه بهینه سازی پرتفوی به روش کلاسیک و الگوریتم بهینه‌سازی مگس میوه در دو پرتفوی سهام رشدی و ارزشی

منیره مشهدی رمضانعلی
گروه علمی علوم اقتصادی، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی،کرج، ایران
حمید احمدزاده
گروه علمی علوم اقتصادی، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی،کرج، ایران نویسنده مسئول
h.ahmadzadeh@kiau.ac.ir
محمود خدام
گروه علمی علوم اقتصادی، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی،کرج، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۷/۲۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۲/۰۴

چکیده

انتخاب استراتژی‌های سرمایه‌گذاری در بازار سرمایه به عوامل متعددی از جمله ویژگی‌های بنیادی شرکت‌ها و روش‌های مورد استفاده در بهینه‌سازی پرتفوی وابسته است. یکی از رویکردهای متداول در ادبیات مالی، تفکیک سهام به پرتفوی‌های ارزشی و رشدی و ارزیابی عملکرد آن‌ها در چارچوب مدل‌های قیمت‌گذاری دارایی است. هدف پژوهش حاضر، مقایسه تجربی قدرت توضیح‌دهندگی پرتفوی‌های ارزشی و رشدی بهینه‌سازی‌شده با استفاده از روش کلاسیک مارکویتز و الگوریتم فراابتکاری بهینه‌سازی مگس میوه در بورس اوراق بهادار تهران است.

در این راستا، سهام نمونه بر اساس نسبت قیمت به درآمد و نسبت قیمت به ارزش دفتری به دو گروه ارزشی و رشدی تفکیک شده و سپس برای هر یک از این پرتفوی‌ها، فرآیند بهینه‌سازی وزن دارایی‌ها با استفاده از دو رویکرد مذکور انجام شده است. به‌منظور ارزیابی عملکرد پرتفوی‌های حاصل، از مدل پنج‌عاملی فاما و فرنچ (۲۰۱۴) استفاده شده و قدرت توضیح‌دهندگی آن‌ها از طریق آزمون‌های آماری مرتبط مورد بررسی قرار گرفته است.

نتایج تجربی نشان می‌دهد که پرتفوی‌های بهینه‌سازی‌شده با روش کلاسیک مارکویتز، در هر دو گروه ارزشی و رشدی، از قدرت توضیح‌دهندگی آماری بالاتری در چارچوب مدل پنج‌عاملی فاما و فرنچ برخوردار هستند. این یافته‌ها بیانگر آن است که به‌رغم توان الگوریتم‌های فراابتکاری در فرآیند بهینه‌سازی، استفاده از روش‌های کلاسیک همچنان می‌تواند سازگاری بیشتری با مدل‌های قیمت‌گذاری دارایی و تبیین بازده پرتفوی‌ها داشته باشد.

واژه‌های کلیدی: بهینه‌سازی پرتفوی - روش کلاسیک - الگوریتم بهینه‌سازی مگس میوه – سهام رشدی – سهام ارزشی.

۱- مقدمه و بیان مساله

بازار سرمایه به‌عنوان یکی از مهم‌ترین بسترهای تخصیص بهینه منابع مالی، همواره با چالش انتخاب ترکیب مناسب دارایی‌ها مواجه است. در این میان، بهینه‌سازی پرتفوی نقش کلیدی در مدیریت ریسک و بازده ایفا می‌کند و از دیرباز مدل میانگین - واریانس مارکویتز به‌عنوان چارچوب کلاسیک این حوزه مورد استفاده قرار گرفته است. با وجود سادگی و شفافیت نظری، این مدل با فروض محدودکننده‌ای همچون توزیع نرمال بازده‌ها و ایستایی روابط آماری مواجه است که کارایی آن را در بازارهای نوظهور و پرنوسان با تردید روبه‌رو می‌سازد.

از سوی دیگر، ادبیات مالی تجربی نشان می‌دهد که ویژگی‌های بنیادی شرکت‌ها می‌تواند بر رفتار بازده سهام اثرگذار باشد. یکی از شناخته‌شده‌ترین تقسیم‌بندی‌ها در این زمینه، تفکیک سهام به دو گروه رشدی و ارزشی است. سهام رشدی معمولاً با انتظارات بالای بازار از رشد آتی سودآوری همراه بوده و در مقابل، سهام ارزشی به دلیل قیمت‌گذاری پایین‌تر نسبت به شاخص‌های بنیادی، اغلب دارای ریسک و الگوی بازده متفاوتی هستند. این تفاوت‌های ساختاری می‌تواند منجر به تفاوت در ماتریس واریانس–کوواریانس بازده‌ها شده و در نتیجه، عملکرد روش‌های بهینه‌سازی پرتفوی را تحت تأثیر قرار دهد.

در سال‌های اخیر، به‌منظور غلبه بر محدودیت‌های روش‌های کلاسیک، استفاده از الگوریتم‌های فراابتکاری در بهینه‌سازی پرتفوی مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است. این الگوریتم‌ها با الهام از پدیده‌های طبیعی و زیستی، امکان جستجوی فضای پاسخ‌های پیچیده و غیرخطی را فراهم می‌کنند. الگوریتم بهینه‌سازی مگس میوه (Fruit Fly Optimization Algorithm – FOA) یکی از این روش‌هاست که به دلیل ساختار ساده و توانایی اجتناب از بهینه‌های محلی، در مسائل بهینه‌سازی مختلف به‌کار گرفته شده است.

با وجود گسترش کاربرد الگوریتم‌های فراابتکاری در حوزه مالی، همچنان این پرسش اساسی مطرح است که آیا این روش‌ها در عمل می‌توانند نسبت به چارچوب‌های کلاسیک، بهبود معناداری در بهینه‌سازی پرتفوی ایجاد کنند یا خیر. این پرسش به‌ویژه در بستر بازارهای نوظهور و در مواجهه با انواع مختلف دارایی‌ها، از جمله سهام رشدی و ارزشی، اهمیت دوچندان می‌یابد.

بر این اساس، مسأله اصلی پژوهش حاضر آن است که عملکرد روش کلاسیک مارکویتز و الگوریتم FOA در بهینه‌سازی پرتفوی‌های سهام رشدی و ارزشی چگونه است و آیا تفاوت معناداری در قدرت توضیح‌دهندگی نتایج حاصل از این دو رویکرد مشاهده می‌شود یا خیر و با دو فرضیه ذیل بررسی‌ها صورت می‌پذیرد:

فرضیه اول: قدرت توضیح‌دهندگی مدل بهینه سازی شده پرتفوی سرمایه‌گذاری ارزشی بر اساس روش مارکویتز از الگوریتم مگس میوه بیشتر است.

فرضیه دوم: قدرت توضیح‌دهندگی مدل بهینه سازی شده پرتفوی سرمایه‌گذاری رشدی بر اساس روش مارکویتز از الگوریتم مگس میوه بیشتر است.

تمرکز پژوهش بر مقایسه تجربی این دو روش، با استفاده از ابزارهای آماری پیشرفته، امکان ارزیابی دقیق‌تر کارایی آن‌ها را فراهم می‌سازد.

هدف پژوهش حاضر، مقایسه تجربی روش کلاسیک مارکویتز و الگوریتم بهینه‌سازی مگس میوه در بهینه‌سازی پرتفوی‌های سهام رشدی و ارزشی است. در این راستا، با بهره‌گیری از رگرسیون چندکی و آزمون آماری GRS، قدرت توضیح‌دهندگی پرتفوی‌های حاصل از هر یک از روش‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد. نوآوری اصلی پژوهش در ترکیب همزمان نوع سهام (رشدی و ارزشی) و روش بهینه‌سازی، و ارزیابی نتایج در چارچوبی منسجم و قابل دفاع از منظر داوری علمی نهفته است.

۲-مبانی نظری و پیشینه تحقیق

۲-۱- تفکیک سهام رشدی و ارزشی و پیامدهای آن برای ریسک پرتفوی

در ادبیات مالی، تفکیک سهام به دو گروه رشدی و ارزشی مبتنی بر تفاوت‌های بنیادی در انتظارات بازار، الگوی جریان‌های نقدی و ساختار ریسک شرکت‌هاست. سهام رشدی معمولاً با نسبت‌های ارزش‌گذاری بالا، انتظارات رشد آتی قوی و حساسیت بیشتر به شوک‌های کلان اقتصادی شناخته می‌شوند، در حالی‌که سهام ارزشی غالباً دارای نسبت‌های ارزش‌گذاری پایین‌تر، جریان‌های نقدی پایدارتر و ریسک نزولی محدودتر هستند. این تمایز، نه‌تنها از منظر رفتاری و بنیادی اهمیت دارد، بلکه پیامدهای مستقیمی برای ساختار همبستگی بازده‌ها و ماتریس کوواریانس پرتفوی به همراه دارد.

مطالعات مبتنی بر مدل‌های چندعاملی نشان می‌دهند که تفاوت میان سهام رشدی و ارزشی به‌صورت سیستماتیک در بازده‌ها و ریسک‌ها منعکس می‌شود و این تفاوت‌ها می‌تواند بر کارایی روش‌های مختلف بهینه‌سازی پرتفوی اثرگذار باشد. ازاین‌رو، بررسی جداگانه پرتفوی‌های رشدی و ارزشی، چارچوبی مناسب برای ارزیابی عملکرد روش‌های بهینه‌سازی در مواجهه با ساختارهای ریسک متفاوت فراهم می‌کند.

۲-۲- منطق نظری بهینه‌سازی پرتفوی به روش کلاسیک مارکویتز

مدل میانگین–واریانس مارکویتز به‌عنوان هسته نظریه نوین پرتفوی، بر این اصل استوار است که سرمایه‌گذاران عقلایی به‌طور هم‌زمان به حداکثرسازی بازده مورد انتظار و حداقل‌سازی واریانس پرتفوی می‌اندیشند. در این چارچوب، ماتریس کوواریانس بازده دارایی‌ها نقش محوری در تعیین وزن‌های بهینه دارد و کارایی پرتفوی مستقیماً به دقت برآورد این ماتریس وابسته است.

اگرچه این مدل مبتنی بر فروضی نظیر خطی بودن روابط و پایداری ساختار همبستگی است، شواهد تجربی نشان می‌دهد که در بازارهایی با همبستگی نسبتاً قوی میان دارایی‌ها، روش مارکویتز همچنان قادر است پرتفوی‌هایی با ثبات آماری و قدرت توضیح‌دهندگی بالا ایجاد کند. ازاین‌رو، این روش به‌ویژه برای محیط‌هایی که روابط خطی بین بازده‌ها غالب است، همچنان یک معیار مرجع قابل اتکا در مقایسه با روش‌های نوین بهینه‌سازی محسوب می‌شود.

۲-۳- الگوریتم‌های فراابتکاری و الگوریتم بهینه‌سازی مگس میوه (FOA)

در سال‌های اخیر، الگوریتم‌های فراابتکاری به‌عنوان جایگزینی برای روش‌های کلاسیک بهینه‌سازی معرفی شده‌اند. این الگوریتم‌ها با استفاده از سازوکارهای جست‌وجوی تصادفی و انطباقی، تلاش می‌کنند محدودیت‌های مدل‌های تحلیلی سنتی را برطرف کنند. الگوریتم بهینه‌سازی مگس میوه (FOA) یکی از این روش‌هاست که بر پایه شبیه‌سازی رفتار جست‌وجوی غذایی مگس میوه و استفاده هم‌زمان از سازوکارهای بویایی و بینایی برای حرکت در فضای جواب طراحی شده است.

به‌طور مشخص، Mirshahvalad, Mehrani and Abbasi (۲۰۱۹) نشان می‌دهند که در مسائل بهینه‌سازی پرتفوی، حساسیت FOA به مقداردهی اولیه و پارامترهای کنترلی، در حضور نویز بالا و ناپایداری کوواریانس‌ها، می‌تواند به نوسان شدید وزن‌های بهینه و کاهش قابلیت تعمیم نتایج منجر شود. این ویژگی، FOA را در مقایسه با روش‌های مبتنی بر ساختار تحلیلی ریسک–بازده، در بازارهای بی‌ثبات، در معرض چالش‌های جدی قرار می‌دهد.

۲-۴- مقایسه نظری روش مارکویتز و FOA در بستر بازار ایران

بازار سرمایه ایران دارای ویژگی‌هایی نظیر نوسانات مقطعی بالا، همبستگی قابل توجه میان بازده سهام و محدودیت‌های اطلاعاتی است. چنین شرایطی می‌تواند پیامدهای متفاوتی برای عملکرد روش‌های بهینه‌سازی داشته باشد. از یک‌سو، وجود روابط همبستگی خطی قوی می‌تواند به نفع روش‌های مبتنی بر کوواریانس، نظیر مدل مارکویتز، عمل کند. از سوی دیگر، حساسیت الگوریتم‌هایی مانند FOA به پارامترهای اولیه و دامنه جست‌وجو ممکن است موجب کاهش پایداری نتایج در چنین بازاری شود.

مطالعات بین‌المللی اخیر نشان می‌دهند که برتری الگوریتم‌های فراابتکاری نسبت به روش‌های کلاسیک همواره قطعی نیست و به ویژگی‌های بازار و داده‌ها بستگی دارد (Kakpo et al., ۲۰۲۴; Wang, ۲۰۲۲). این یافته‌ها، به‌ویژه در بازارهای نوظهور، ضرورت مقایسه تجربی هم‌زمان این دو رویکرد را برجسته می‌کند.

۲-۵- جمع‌بندی چارچوب نظری و ارتباط با فرضیه‌های پژوهش

بر مبنای مباحث فوق، تفاوت در ماهیت سهام رشدی و ارزشی از یک‌سو، و تفاوت بنیادین در منطق بهینه‌سازی روش کلاسیک مارکویتز و الگوریتم FOA از سوی دیگر، می‌تواند به تفاوت معنادار در عملکرد پرتفوی‌های بهینه‌شده منجر شود. در بستر بازار سرمایه ایران، انتظار می‌رود ساختار همبستگی بازده‌ها و ویژگی‌های آماری داده‌ها موجب شود روش کلاسیک مارکویتز پرتفوی‌هایی با ثبات آماری بیشتر و قدرت توضیح‌دهندگی بالاتر در چارچوب مدل‌های قیمت‌گذاری دارایی‌ها ایجاد کند.

این چارچوب نظری، مبنای تدوین فرضیه‌های پژوهش و طراحی تجربی مقاله قرار گرفته و زمینه لازم برای مقایسه تجربی عملکرد دو روش بهینه‌سازی در پرتفوی‌های رشدی و ارزشی را فراهم می‌کند.

۲-۶- انتظارات نظری و مفروضات قابل آزمون پژوهش

بر اساس مباحث نظری و شواهد تجربی ارائه‌شده، می‌توان استدلال کرد که عملکرد روش‌های بهینه‌سازی پرتفوی به نحوه مواجهه آن‌ها با ناپایداری آماری داده‌ها و ساختار همبستگی بازده‌ها وابستگی معناداری دارد. در بازار سرمایه ایران، که بازده سهام با نوسانات مقطعی، شوک‌های برون‌زا و تغییرپذیری روابط کوواریانسی در طول زمان همراه است، دقت در برآورد ریسک و تعامل متقابل دارایی‌ها نقش تعیین‌کننده‌ای در کیفیت پرتفوی‌های بهینه ایفا می‌کند.

روش کلاسیک مارکویتز با اتکا بر ماتریس واریانس–کوواریانس، این روابط همبستگی را به‌صورت صریح وارد فرآیند بهینه‌سازی می‌کند؛ ازاین‌رو، تغییرات در ساختار کوواریانسی مستقیماً به تعدیل وزن‌های پرتفوی منجر می‌شود. این ویژگی، به‌ویژه در بازاری با همبستگی‌های نسبتاً پایدار اما نوسانات سطحی بالا، می‌تواند به شکل‌گیری پرتفوی‌هایی با پراکندگی وزنی کنترل‌شده و رفتار آماری باثبات‌تر منجر شود. در مقابل، الگوریتم‌های فراابتکاری نظیر الگوریتم بهینه‌سازی مگس میوه (FOA)، با وجود توانایی جست‌وجوی گسترده در فضای جواب، به دلیل وابستگی به تنظیم پارامترها، مقداردهی اولیه و دامنه جست‌وجو، ممکن است در مواجهه با داده‌های مالی پرنویز به ناپایداری در وزن‌های بهینه و در نتیجه کاهش سازگاری آماری پرتفوی‌ها دچار شوند.

از آنجا که ارزیابی عملکرد پرتفوی‌ها در این پژوهش در چارچوب مدل پنج‌عاملی فاما و فرنچ و با استفاده از آزمون GRS انجام می‌گیرد، توانایی پرتفوی‌ها در انطباق با ساختار ریسک سیستماتیک بازار اهمیت ویژه‌ای دارد. در چنین چارچوبی، انتظار می‌رود پرتفوی‌هایی که بر مبنای فروض خطی و روابط کوواریانسی شکل گرفته‌اند، از قدرت توضیح‌دهندگی بالاتر و احتمال رد آماری کمتری در آزمون GRS برخوردار باشند.

بر این اساس، پژوهش حاضر انتظار دارد پرتفوی‌های بهینه‌سازی‌شده با روش کلاسیک مارکویتز، چه در گروه سهام ارزشی و چه در گروه سهام رشدی، در مقایسه با پرتفوی‌های حاصل از الگوریتم FOA، عملکردی باثبات‌تر، وزن‌هایی پایدارتر و سازگاری آماری بیشتری با مدل‌های قیمت‌گذاری دارایی از خود نشان دهند. این انتظارات، مبنای تدوین فرضیه‌های پژوهش و تفسیر نتایج تجربی قرار می‌گیرند.

۲-۷- پیشینه پژوهش

انتخاب و بهینه‌سازی سبد سهام از جمله مهم‌ترین موضوعات در حوزه مدیریت سرمایه‌گذاری است که در دهه‌های اخیر، با گسترش ابزارهای محاسباتی و الگوریتم‌های هوشمند، توجه پژوهشگران را بیش از پیش به خود جلب کرده است. پیچیدگی ساختار بازارهای مالی، رفتارهای غیرعقلایی سرمایه‌گذاران و وجود عدم‌اطمینان بالا در بازده دارایی‌ها، موجب شده است که روش‌های کلاسیک بهینه‌سازی پرتفوی با محدودیت‌هایی مواجه شوند و در نتیجه، استفاده از الگوریتم‌های فراابتکاری و هوش محاسباتی به‌عنوان جایگزین یا مکمل رویکردهای سنتی مورد توجه قرار گیرد.

در همین راستا، شفیعی و همکاران (۱۴۰۳) در پژوهشی به پیش‌بینی بازار سهام با استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی ملخ بهبودیافته و الگوریتم‌های سری زمانی پرداختند. نتایج شبیه‌سازی آن‌ها نشان داد که مدل مبتنی

بر الگوریتم بهینه‌سازی ملخ بهبودیافته، دقت بالاتری در پیش‌بینی قیمت سهام نسبت به سایر روش‌ها دارد و ارزیابی عملکرد مدل‌ها بر اساس معیار خطای میانگین مربعات (RMSE)، برتری این الگوریتم را تأیید نمود. این پژوهش نشان‌دهنده توان بالای الگوریتم‌های فراابتکاری در مدل‌سازی رفتارهای پیچیده بازار سهام است.

درفشی و همکاران (۱۴۰۳) با تمرکز بر کاربرد الگوریتم‌های فراابتکاری در بهینه‌سازی سبد سهام، به بررسی عملکرد الگوریتم‌های جستجوی هارمونی و جستجوی شکار پرداختند. آن‌ها با اشاره به اهمیت مشارکت فعال سرمایه‌گذاران در بازار سرمایه، نشان دادند که استفاده از الگوریتم‌های هوشمند می‌تواند فرآیند انتخاب سهام و تشکیل سبد بهینه را تسهیل نماید. نتایج این پژوهش بیانگر آن است که الگوریتم‌های نوین، در مقایسه با برخی روش‌های کلاسیک، قابلیت بالاتری در حل مسائل پیچیده بهینه‌سازی سبد سهام دارند.

گوهرنیا و همکاران (۱۴۰۲) در پژوهشی به بهینه‌سازی سبد سهام چندهدفه با استفاده از معیار ریسک GlueVaR پرداختند و برای حل مدل پیشنهادی از الگوریتم ریاضی نقطه درونی بهره گرفتند. نتایج آن‌ها نشان داد که الگوریتم نقطه درونی، با تعداد تکرار کمتر، سرعت و دقت بالاتری در یافتن جواب بهینه دارد و استفاده از معیار GlueVaR نسبت به معیارهای سنتی ریسک نظیر واریانس، VaR و CVaR، عملکرد بهتری در انطباق با ترجیحات مختلف سرمایه‌گذاران ارائه می‌دهد.

در حوزه مقایسه استراتژی‌های سرمایه‌گذاری، کریمی و همکاران (۱۴۰۱) به تحلیل و مقایسه عملکرد پرتفوی‌های مبتنی بر سهام ارزشی و سهام رشدی پرداختند. نتایج این پژوهش نشان داد که تفاوت معناداری میان ویژگی‌های ریسک و بازده این دو استراتژی وجود دارد و انتخاب هر یک از آن‌ها تأثیر مستقیمی بر جریان‌های نقدی و بازده مورد انتظار سرمایه‌گذاران دارد. این یافته‌ها اهمیت تفکیک سهام رشدی و ارزشی را در تصمیم‌گیری‌های سرمایه‌گذاری برجسته می‌سازد.

در پژوهش دیگری، قالیباف اصل (۱۳۹۸) با بررسی رابطه نسبت ارزش دفتری به ارزش بازار (B/P) و بازده سهام، نشان داد که بین نوع سهام (رشدی یا ارزشی) و متوسط بازدهی آن رابطه معناداری وجود دارد. نتایج این مطالعه حاکی از آن است که سهام با نسبت B/P بالاتر، رفتار متفاوتی نسبت به سهام با نسبت پایین‌تر از خود نشان می‌دهند و این موضوع می‌تواند مبنایی برای طراحی استراتژی‌های سرمایه‌گذاری متمایز باشد.

در مطالعات بین‌المللی، کاکپو و همکاران (۲۰۲۴) به بهینه‌سازی سبد سهام با استفاده از یک الگوریتم ترکیبی ژنتیک و شبیه‌سازی‌شده مگس میوه پرداختند. آن‌ها با تکیه بر مدل میانگین—واریانس مارکویتز نشان دادند که الگوریتم ترکیبی پیشنهادی، در مقایسه با الگوریتم ژنتیک و تبرید شبیه‌سازی‌شده، زمان محاسباتی کمتر و عملکرد بهتری از حیث بازده و ریسک دارد. این نتایج، کارایی رویکردهای هیبریدی در حل مسائل بهینه‌سازی پرتفوی را تأیید می‌کند.

دیچو و همکاران (۲۰۲۳) با ارائه یک مدل تصمیم‌گیری سه‌طرفه مبتنی بر نظریه چشم‌انداز تجمعی، به مسئله انتخاب پرتفوی چنددوره‌ای در شرایط عدم‌اطمینان پرداختند. آن‌ها برای حل مدل پیشنهادی از الگوریتم ازدحام ذرات بهبودیافته استفاده کردند. نتایج تجربی مبتنی بر داده‌های واقعی بازار نشان داد که مدل پیشنهادی، نسبت به سایر مدل‌های مورد مقایسه، از نظر بازده، ریسک و معیارهای تعدیل‌شده ریسک عملکرد بهتری دارد.

وانگ (۲۰۲۲) نیز در پژوهشی با رویکرد تصمیم‌گیری فازی و نظریه چشم‌انداز تجمعی، به انتخاب پرتفوی در شرایطی پرداخت که سرمایه‌گذار پیش از بهینه‌سازی دارای موقعیت‌های سرمایه‌گذاری است. نتایج دو مطالعه موردی مبتنی بر داده‌های واقعی بازار نشان داد که این رویکرد می‌تواند بازده سرمایه‌گذاری را افزایش داده و همزمان ریسک را کاهش دهد؛ امری که نشان‌دهنده اهمیت در نظر گرفتن شرایط واقعی سرمایه‌گذاران در مدل‌های بهینه‌سازی پرتفوی است.

کادینی و همکاران (۲۰۲۱) با مقایسه الگوریتم‌های مختلف بهینه‌سازی از جمله الگوریتم مورچگان، ژنتیک، ازدحام ذرات و کرم شب‌تاب، نشان دادند که هیچ الگوریتمی لزوماً در تمام شرایط برتری مطلق ندارد و انتخاب روش بهینه‌سازی به ویژگی‌های داده‌ها، مفروضات مدل و شرایط بازار وابسته است. این پژوهش به‌روشنی بر ضرورت مقایسه تجربی الگوریتم‌ها در مسائل واقعی بازار سرمایه تأکید می‌کند.

در نهایت، جیانگ و همکاران (۲۰۲۰) با معرفی مدل هیبریدی FOA-MHW نشان دادند که الگوریتم مگس میوه به‌ویژه در مسائل پیش‌بینی و بهینه‌سازی، از حیث سرعت اجرا و دقت پیش‌بینی، عملکرد قابل توجهی دارد. اگرچه حوزه کاربرد این پژوهش مصرف برق بوده است، اما نتایج آن ظرفیت بالای الگوریتم بهینه‌سازی مگس میوه در حل مسائل پیچیده با داده‌های محدود را نشان می‌دهد که می‌تواند به حوزه مدیریت پرتفوی نیز تعمیم یابد.

جمع‌بندی پیشینه و شکاف پژوهشی

مرور پیشینه پژوهش نشان می‌دهد که اگرچه مطالعات متعددی به کاربرد الگوریتم‌های فراابتکاری در پیش‌بینی بازار سهام و بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری پرداخته‌اند و همچنین پژوهش‌هایی عملکرد استراتژی‌های سرمایه‌گذاری در سهام رشدی و ارزشی را بررسی کرده‌اند، ترکیب این دو حوزه به‌صورت یکپارچه کمتر مورد توجه قرار گرفته است. به‌طور خاص، مطالعه‌ای که به مقایسه عملکرد مدل کلاسیک میانگین–واریانس مارکویتز و الگوریتم‌های فراابتکاری، در قالب پرتفوی‌های تفکیک‌شده رشدی و ارزشی بپردازد، در ادبیات موجود به‌ندرت مشاهده می‌شود. پژوهش حاضر درصدد است با تمرکز بر این شکاف، کارایی رویکردهای کلاسیک و هوشمند بهینه‌سازی پرتفوی را در سبدهای رشدی و ارزشی مورد مقایسه قرار دهد.

۳-روش تحقیق

پژوهش حاضر از نظر ماهیت داده‌ها کمی، از حیث هدف کاربردی و از نظر روش‌شناسی توصیفی– اکتشافی است. با توجه به اینکه در این پژوهش از داده‌های تاریخی شرکت‌ها استفاده شده و عملکرد گذشته آن‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد، پژوهش در زمره مطالعات پس‌رویدادی (Ex Post Facto) قرار می‌گیرد.

جامعه آماری پژوهش شامل کلیه شرکت‌های پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران طی دوره زمانی ۱۳۹۱ تا ۱۴۰۲ است. پس از اعمال محدودیت‌هایی نظیر توقف طولانی نماد، تغییر سال مالی و عدم دسترسی به اطلاعات مورد نیاز، نمونه نهایی پژوهش شامل ۱۲۰ شرکت انتخاب شد.

داده‌های مورد نیاز پژوهش از طریق روش اسنادی و کتابخانه‌ای و با استفاده از پایگاه‌های اطلاعاتی رسمی بازار سرمایه گردآوری شد. محاسبات اولیه متغیرها با استفاده از نرم‌افزار Excel انجام شد و سپس تحلیل‌های آماری و الگوریتمی با بهره‌گیری از نرم‌افزارهای EViews و MATLAB صورت گرفت.

در این پژوهش، برای آزمون فرضیه‌ها از مدل پنج‌عاملی فاما و فرنچ (۲۰۱۴) استفاده شده است. الگوی مورد استفاده جهت آزمون فرضیات به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$R_{it} - R_{ft} = a_i + b_i(R_{mt} - R_{ft}) + s_i SMB_t + h_i HML_t + r_i RMW_t + c_i CMA_t + e_{it}$$

بازدهی اضافی سهم ($R_{it} - R_{ft}$): میزان بازده و منفعتی مازادی از نرخ بدون ریسک که سرمایه‌گذار از خرید سهم خود از تغییرات قیمت یا تقسیم سود در طول دوره نگه‌داری به دست می‌آورد و با عنوان صرف ریسک سهم شناخته می‌شود.

بازدهی اضافی بازار ($R_{mt} - R_{ft}$): میزان بازده و منفعتی مازادی از نرخ بدون ریسک که سرمایه‌گذار از خرید پرتفوی بازار در طول دوره نگه‌داری به دست می‌آورد و با عنوان صرف ریسک بازار شناخته می‌شود.

متغیر SMB_t: بیان‌گر تفاوت میان میانگین بازدهی پرتفوی شرکت‌ها با اندازه کوچک و میانگین بازدهی پرتفوی شرکت‌ها با اندازه بزرگ است.

متغیر HML_t: بیان‌گر تفاوت میان میانگین بازدهی پرتفوی شرکت‌ها با نسبت B/M کوچک و میانگین بازدهی پرتفوی شرکت‌ها با نسبت B/M بزرگ است.

متغیر RMW_t بیان‌گر تفاوت میان میانگین بازدهی پرتفوی شرکت‌ها با سودآوری قوی و میانگین بازدهی پرتفوی شرکت‌ها با سودآوری ضعیف است.

متغیر CMA_t بیان‌گر تفاوت میان میانگین بازدهی پرتفوی شرکت‌ها با سرمایه‌گذاری کم و میانگین بازدهی پرتفوی شرکت‌ها با سرمایه‌گذاری بالا است.

در این پژوهش، برای بهینه‌سازی پرتفوی‌ها از مدل میانگین–واریانس مارکویتز و الگوریتم بهینه‌سازی مگس میوه (Fruit Fly Optimization Algorithm – FOA) استفاده شده است. الگوریتم FOA که نخستین بار توسط پن (۲۰۱۲) معرفی شد، یکی از الگوریتم‌های فراابتکاری الهام‌گرفته از طبیعت است که بر اساس رفتار غذایابی مگس میوه طراحی شده است.

مزیت اصلی این الگوریتم، سادگی ساختار، سرعت همگرایی و توانایی جست‌وجوی نقطه بهینه سراسری در مسائل پیچیده و غیرخطی است. از این‌رو، FOA به‌عنوان یک ابزار مناسب برای حل مسائل بهینه‌سازی پرتفوی در بازارهای مالی پرنوسان مورد استفاده قرار گرفته است.

در این پژوهش، تابع هدف الگوریتم بهینه‌سازی مگس میوه به‌منظور حداقل‌سازی واریانس پرتفوی به ازای سطح معینی از بازده مورد انتظار تعریف شده است. این تعریف منطبق با چارچوب کلاسیک میانگین–واریانس

مارکویتز بوده و بدین‌ترتیب امکان مقایسه مستقیم، منصفانه و قابل اتکای نتایج حاصل از الگوریتم FOA و مدل مارکویتز فراهم می‌شود.

به‌منظور افزایش شفافیت روش‌شناسی و امکان بازتولید نتایج، تنظیمات اجرایی الگوریتم بهینه‌سازی مگس میوه (FOA) در این پژوهش به‌صورت صریح مشخص شده است. اندازه جمعیت اولیه الگوریتم برابر با ۵۰ مگس در نظر گرفته شده و حداکثر تعداد تکرارها ۲۰۰ بار تعیین گردیده است. فرآیند بهینه‌سازی برای هر مسأله در قالب ۳۰ اجرای مستقل انجام شده تا اثر تصادفی‌بودن مقداردهی اولیه کاهش یابد و نتایج از پایداری بیشتری برخوردار شوند. معیار توقف الگوریتم رسیدن به حداکثر تعداد تکرارها یا عدم بهبود مقدار تابع هدف کمتر از 10^{-6}در تکرارهای متوالی بوده است. مقداردهی اولیه موقعیت مگس‌ها به‌صورت تصادفی و یکنواخت در فضای مجاز اوزان دارایی‌ها انجام شده و کلیه محاسبات با استفاده از نرم‌افزار MATLAB صورت پذیرفته است. تابع هدف الگوریتم FOA حداقل‌سازی واریانس پرتفوی تحت قیود کلاسیک مارکویتز تعریف شده و بدین ترتیب، امکان مقایسه مستقیم نتایج حاصل از الگوریتم FOA با روش کلاسیک مارکویتز فراهم شده است.

۴-یافته‌ها

در این بخش، نتایج حاصل از تجزیه‌وتحلیل داده‌های پژوهش ارائه می‌شود. تحلیل داده‌ها در چند مرحله انجام شده است. ابتدا آمار توصیفی متغیرها بررسی شده، سپس روش مناسب تشکیل عوامل انتخاب شده و در ادامه، فرضیه‌های پژوهش مورد آزمون قرار گرفته‌اند.

۴-۱-آمار توصیفی

آمار توصیفی به‌منظور بررسی ویژگی‌های عمومی متغیرهای پژوهش شامل میانگین، میانه، انحراف معیار، چولگی، کشیدگی و آزمون نرمال‌بودن ارائه شده است. جدول (۱) خلاصه آمار توصیفی متغیرهای پژوهش را نشان می‌دهد. آمار توصیفی شامل مجموعه روش‌هایی است که برای جمع‌آوری، خلاصه کردن، طبقه‌بندی و توصیف حقایق عددی به کار می‌رود.

لازم به توضیح است که نمادهای PRC۲×۲، PRC۲×۳ و PRC۲×۲×۲×۲ به روش‌های مختلف تشکیل عامل قیمت در چارچوب مدل فاما–فرنچ اشاره دارند. در روش ۲×۲، سهام بر اساس دو معیار قیمت به ارزش دفتری و اندازه به دو گروه تقسیم شده و عامل قیمت از تفاضل بازده پرتفوی‌های متناظر استخراج شده است. در روش ۳×۲، تقسیم‌بندی سه‌گانه در بُعد قیمت و دوگانه در بُعد اندازه انجام شده و در روش ۲×۲×۲×۲، علاوه بر قیمت و اندازه، سودآوری و سرمایه‌گذاری نیز در فرآیند تشکیل عوامل لحاظ شده‌اند.

در این پژوهش، عامل قیمت (Price Factor) بر اساس چارچوب فاما–فرنچ و با استفاده از سه روش مختلف تشکیل پرتفوی محاسبه شده است. نماد PRC ۲×۲ نشان‌دهنده‌ی عامل قیمت حاصل از تقسیم‌بندی دو بعدی سهام بر اساس نسبت قیمت به ارزش دفتری (دو گروه) و اندازه شرکت (دو گروه) استPRC .۲×۳ حاصل تقسیم‌بندی سه‌گانه در بعد قیمت و دوگانه در بعد اندازه می‌باشدPRC .۲×۲×۲×۲ نیز عامل قیمتی است که علاوه

بر دو بعد مذکور، ابعاد سودآوری و سرمایه‌گذاری را نیز در فرآیند تشکیل پرتفوی‌های پایه لحاظ می‌کند. این متغیرها به‌منظور بررسی حساسیت نتایج به روش تشکیل عوامل در مدل‌سازی به کار گرفته شده‌اند.

جدول ۱: آمار توصیفی عوامل پنج‌گانه مدل فاما-فرنچ

متغیرها	نماد	میانگین	میانه	ماکزیمم	مینیمم	انحراف معیار	چولگی	کشیدگی	آماره جارک برا	احتمال آماره جارک برا
صرف ریسک بازار	R_mt - R_ft	۰.۰۱۶	۰.۰۱۳	۰.۱۶۷	-۰.۰۹۱	۰.۰۶۱	۰.۳۵۶	۲.۲۹۴	۸.۴۲۹	۰.۰۰۱
عامل قیمت	PRC2X2	۶.۶۸	۹.۳۶	۱۵.۹۷	۶.۰۲	۲.۵۷	۰.۲۷۶	۴.۶۵۲	۹.۳۵۹	۰.۰۰۰
عامل قیمت	PRC2X2X2X2	۶.۹۲	۹.۴۲	۱۵.۵۰	۶.۱۲	۲.۶۹	۰.۴۶۸	۳.۹۸۶	۸.۹۴۲	۰.۰۰۰
عامل قیمت	PRC2X3	۶.۶۷	۹.۵۷	۱۵.۱۹	۶.۰۸	۳.۰۷	۰.۳۸۲	۴.۵۰۶	۸.۶۵۱	۰.۰۰۰
عامل اندازه	SMB2X2	۰.۰۰۳	۰.۰۰۰	۰.۰۹۲	-۰.۰۷۹	۰.۰۳۷	-۰.۰۳	۲.۵۳۷	۷.۶۵۶	۰.۰۰۰
عامل اندازه	SMB2X2X2X2	۰.۰۰۱	۰.۰۰۳	۰.۱۹۹	-۰.۱۰۰	۰.۵۱	۰.۶۳۸	۴.۷۴۹	۱۴.۰۶۳	۰.۰۰۰
عامل اندازه	SMB2X3	۰.۰۰۳	۰.۰۰۰	۰.۰۸۹	-۰.۰۷۸	۰.۰۳۷	۰.۰۰۵	۲.۵۹۷	۸.۴۸۵	۰.۰۰۰
عامل ارزش	HML2X2	۰.۰۰۰	-۰.۰۰۲	۰.۱۱۴	-۰.۰۶۲	۰.۰۳۸	۰.۷۳۵	۳.۵۷۱	۷.۴۷۲	۰.۰۲۳
عامل ارزش	HML2X2X2X2	۰.۰۰۱	-۰.۰۰۷	۰.۱۶۸	-۰.۱۲۰	۰.۰۵۳	۰.۹۵۲	۴.۳۷۴	۱۶.۵۶	۰.۰۰۰
عامل ارزش	HML2X3	۰.۰۰۲	-۰.۰۱۰	۰.۱۴۱	-۰.۰۸۷	۰.۰۵۰	۰.۸۶۲	۳.۴۴۲	۹.۵۱۸	۰.۰۰۸
عامل سرمایه‌گذاری	CMA2X2	۰.۰۰۴	۰.۰۱۳	۰.۱۰۹	-۰.۱۵۶	۰.۰۴۷	-۰.۶۸۱	۴.۵۳۶	۱۲.۶۶۰	۰.۰۰۱
عامل سرمایه‌گذاری	CMA2X2X2X2	-۰.۰۰۳	-۰.۰۰۱	۰.۱۳۳	-۰.۱۳۴	۰.۰۴۶	-۰.۱۴۴	۳.۸۴۷	۲.۴۰۶	۰.۳۰۰
عامل سرمایه‌گذاری	CMA2X3	۰.۰۰۴	۰.۰۰۲	۰.۱۴۳	-۰.۲۱۱	۰.۰۵۷	-۰.۶۹۰	۵.۰۸۶	۱۸.۷۸۵	۰.۰۰۰
عامل سودآوری	RMW2X2	۰.۰۰۱	-۰.۰۰۲	۰.۱۵۵	-۰.۱۰۴	۰.۰۴۰	۰.۶۵۸	۵.۳۹۹	۲۲.۴۷۳	۰.۰۰۰
عامل سودآوری	RMW2X2X2X2	-۰.۰۰۳	-۰.۰۱۰	۰.۱۸۹	-۰.۲۲۴	۰.۰۶۳	-۰.۴۰۲	۶.۰۵۵	۲۹.۹۵۹	۰.۰۰۰
عامل سودآوری	RMW2X3	۰.۰۰۱	-۰.۰۰۲	۰.۲۱۱	-۰.۱۱۵۹	۰.۰۵۳	۰.۸۷۳	۵.۱۳۵	۲۲.۸۴۷	۰.۰۰۰
عامل عملکرد	WML2X2	۰.۰۰۲	۰.۰۰۱	۰.۲۳۵	-۰.۱۱۳	۰.۰۵۲	۰.۵۶۲	۶.۲۱۸	۱۹.۸۵۳	۰.۰۰۰
عامل عملکرد	WML 2X2X2X2	۰.۰۰۱	۰.۰۰۸	۰.۱۶۹	-۰.۲۰۹	۰.۰۶۷	۰.۶۲۳	۶.۳۸۲	۲۴.۳۸۲	۰.۰۰۰
عامل عملکرد	WML 2X3	۰.۰۰۲	۰.۰۰۱	۰.۲۱۶	-۰.۱۰۸	۰.۰۵۸	۰.۶۶۹	۶.۲۷۶	۲۲.۷۰۹	۰.۰۰۰

بر اساس نتایج آزمون جارک–برا، اکثر متغیرها از توزیع نرمال پیروی نمی‌کنند (سطح معناداری کمتر از ۰.۰۵). این موضوع، استفاده از روش‌های مقاوم در برابر نرمال‌نبودن، نظیر رگرسیون چندکی را توجیه می‌کند.

۲-۴-انتخاب روش مناسب برای تشکیل عوامل

با توجه به اهمیت نحوه تشکیل عوامل در قدرت توضیح‌دهندگی مدل‌های قیمت‌گذاری دارایی‌ها، سه روش مختلف ساخت عوامل شامل 2×2، ۳×۲ و ۲×۲×۲×۲ مورد بررسی قرار گرفت. برای انتخاب روش مناسب، از میانگین مقادیر آماره GRS به‌عنوان معیار نخست استفاده شد.

جدول ۲: نتیجه تحلیل واریانس روش‌های تشکیل عوامل با استفاده از آماره GRS

تحلیل واریانس					
	جمع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	آماره F	احتمال آماره
بین گروهی	۱۷.۶۴۶	۲	۸.۸۲۳	۰.۶۳۹	۰.۵۳۰
درون‌گروهی	۱۲۰۱.۵۳۶	۸۷	۱۳.۸۱۱		
مجموع	۱۲۱۹.۱۸۲	۸۹			

نتایج تحلیل واریانس آماره GRS در (جدول ۲) نشان می‌دهد که در سطح اطمینان ۹۵ درصد، تفاوت معناداری میان میانگین آماره GRS روش‌های مختلف ساخت عوامل وجود ندارد. همچنین نتایج آزمون‌های تعقیبی Tukey HSDو LSD (جدول ۳) نیز این یافته را تأیید می‌کند.

جدول ۳: آزمون‌های تعقیبی روش‌های تشکیل عوامل با استفاده از آماره GRS

آزمون‌های تعقیبی (Post Hoc)							
آزمون	گروه ۱	گروه ۲	تفاوت میانگین گروه ۱ و ۲	خطای استاندارد	احتمال آماره	بازه اطمینان ۹۵٪	
						حد پایینی	حد بالایی
Tukey HSD	۱	۲	۱.۰۴۵۳۹۸۳	۰.۹۵۹۵	۰.۵۲۳	-۰.۹۵۰۱۷۰	۳.۰۴۰۹۶۶
		۳	۰.۷۷۳۰۳۶۷	۰.۹۵۹۵	۰.۷۰۱	-۱.۲۲۲۵۳۱	۲.۷۶۸۶۰۵
	۲	۱	-۱.۰۴۵۳۹۸۳	۰.۹۵۹۵	۰.۵۲۳	-۳.۰۴۰۹۶۶	۰.۹۵۰۱۷۰
		۳	-۰.۲۷۲۳۶۱۶	۰.۹۵۹۵	۰.۹۵۷	-۲.۲۶۷۹۳۰	۱.۷۲۳۲۰۷
	۳	۱	-۰.۷۷۳۰۳۶۷	۰.۹۵۹۵	۰.۷۰۱	-۲.۷۶۸۶۰۵	۱.۲۲۲۵۳۱
		۲	۰.۲۷۲۳۶۱۶	۰.۹۵۹۵	۰.۹۵۷	-۱.۷۲۳۲۰۷	۲.۲۶۷۹۳۰
LSD	۱	۲	۱.۰۴۵۳۹۸۳	۰.۹۵۹۵	۰.۲۷۹	-۰.۵۴۹۸۹۲	۲.۶۴۰۶۸۹
		۳	۰.۷۷۳۰۳۶۷	۰.۹۵۹۵	۰.۴۲۳	-۰.۸۲۲۲۵۴	۲.۳۶۸۳۲۷
	۲	۱	-۱.۰۴۵۳۹۸۳	۰.۹۵۹۵	۰.۲۷۹	-۲.۶۴۰۶۸۹	۰.۵۴۹۸۹۲
		۳	۰.۲۷۲۳۶۱۶	۰.۹۵۹۵	۰.۷۷۷	-۱.۸۶۷۶۵۲	۱.۳۲۲۹۲۹
	۳	۱	-۰.۷۷۳۰۳۶۷	۰.۹۵۹۵	۰.۴۲۳	-۲.۳۶۸۳۲۷	۰.۸۲۲۲۵۴
		۲	-۰.۲۷۲۳۶۱۶	۰.۹۵۹۵	۰.۷۷۷	-۱.۳۲۲۹۲۹	۱.۸۶۷۶۵۲

از آنجا که آماره GRS قادر به تمایز روش‌ها نبود، در گام بعدی، میانگین قدر مطلق عرض از مبدأها به‌عنوان معیار انتخاب جایگزین در نظر گرفته شد. نتایج تحلیل واریانس این معیار در (جدول ۴) نشان می‌دهد که تفاوت معناداری میان روش‌های تشکیل عوامل وجود دارد. نتایج آزمون‌های تعقیبی (جدول ۵) نشان داد که روش 2×2×2×2×2 کمترین مقدار میانگین قدر مطلق عرض از مبدأها را دارد.

جدول۴: نتیجه تحلیل واریانس روش‌های تشکیل عوامل با استفاده از قدر مطلق عرض از مبداها

تحلیل واریانس					
	جمع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	آماره F	احتمال آماره
بین گروهی	۰.۰۰۰	۲	۰.۰۰۰	۱۷.۸۳۸	۰.۰۰۰
درون‌گروهی	۰.۰۰۰	۸۷	۰.۰۰۰		
مجموع	۰.۰۰۰	۸۹			

جدول ۵: آزمون‌های تعقیبی روش‌های نشکیل عوامل با استفاده از قدر مطلق عرض از مبداها

آزمون‌های تعقیبی (Post Hoc)							
آزمون	گروه ۱	گروه ۲	تفاوت میانگین گروه ۱ و ۲	خطای استاندارد	احتمال آماره	بازه اطمینان ۹۵٪	
						حد پایینی	حد بالایی
Tukey HSD	۱	۲	-۰.۰۰۰۴۳۹۸	۰.۰۰۰۲۰۰۱	۰.۰۷۷	-۰.۰۰۰۸۵۶	۰.۰۰۰۰۲۴
		۳	۰.۰۰۰۷۴۲۴	۰.۰۰۰۲۰۰۱	۰.۰۰۱	۰.۰۰۰۳۲۶	۰.۰۰۱۱۵۸
	۲	۱	۰.۰۰۰۴۳۹۸	۰.۰۰۰۲۰۰۱	۰.۰۷۷	۰.۰۰۰۰۲۴	۰.۰۰۰۸۵۶
		۳	۰.۰۰۱۱۸۲۲	۰.۰۰۰۲۰۰۱	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰۷۶۶	۰.۰۰۱۵۹۸
	۳	۱	-۰.۰۰۷۴۲۴	۰.۰۰۰۲۰۰۱	۰.۰۰۱	-۰.۰۰۱۱۵۸	-۰.۰۰۰۳۲۶
		۲	-۰.۰۰۱۱۸۲۲	۰.۰۰۰۲۰۰۱	۰.۰۰۰	-۰.۰۰۱۵۹۸	-۰.۰۰۰۷۶۶
LSD	۱	۲	-۰.۰۰۰۴۳۹۸	۰.۰۰۰۲۰۰۱	۰.۰۳۱	-۰.۰۰۰۷۷۲	-۰.۰۰۰۱۰۷
		۳	۰.۰۰۰۷۴۲۴	۰.۰۰۰۲۰۰۱	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰۴۱۰	۰.۰۰۱۰۷۵
	۲	۱	۰.۰۰۰۴۳۹۸	۰.۰۰۰۲۰۰۱	۰.۰۳۱	۰.۰۰۰۱۰۷	۰.۰۰۰۷۷۲
		۳	۰.۰۰۱۱۸۲۲	۰.۰۰۰۲۰۰۱	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰۸۵۰	۰.۰۰۱۵۱۵
	۳	۱	-۰.۰۰۷۴۲۴	۰.۰۰۰۲۰۰۱	۰.۰۰۰	-۰.۰۰۱۰۷۵	-۰.۰۰۰۴۱۰
		۲	-۰.۰۰۱۱۸۲۲	۰.۰۰۰۲۰۰۱	۰.۰۰۰	-۰.۰۰۱۵۱۵	+۰.۰۰۰۸۵۰

بر این اساس، روش تشکیل عوامل ۲×۲×۲×۲ به‌عنوان روش بهینه تشکیل عوامل در پژوهش حاضر انتخاب شد . خلاصه نتایج آماری روش‌های مختلف در (جدول ۶) ارائه شده است.

جدول ۶: روش‌های تشکیل عوامل

متغیر	میانگین	میانه	انحراف معیار	احتمال آماره جارک – برا
آماره GRS – روش ساخت ۲×۲	۲.۰۸۹۳	۰.۹۷۵۳	۶.۴۲۲۸۶۰	۰.۰۰۰۰
آماره GRS – روش ساخت ۳×۲	۱.۰۴۳۹	۰.۹۶۴۸	۰.۳۱۹۵۳۲	۰.۰۰۰۴
آماره GRS – روش ساخت ۲×۲×۲×۲	۱.۳۱۶۲	۱.۳۷۰۹	۰.۲۷۷۵۸۲	۰.۰۰۴۶

متغیر	میانگین	میانه	انحراف معیار	احتمال آماره جارک – برا
میانگین قدر مطلق عرض از مبدأها - روش ساخت ۲×۲	۰.۰۰۹۷	۰.۰۰۹۶	۰.۰۰۰۹۶۶	۰.۰۰۰۴
میانگین قدر مطلق عرض از مبدأها - روش ساخت ۳×۲	۰.۰۱۰۲	۰.۰۰۹۹	۰.۰۰۰۷۰۰	۰.۰۰۴۶
میانگین قدر مطلق عرض از مبدأها - روش ساخت ۲×۲×۲×۲×۲	۰.۰۰۸۹۹	۰.۰۰۹۰	۰.۰۰۰۶۱۵	۰.۲۰۱۷

بر این اساس، روش تشکیل عوامل ۲×۲×۲×۲×۲، پس از مقایسه با سایر روش‌های تشکیل پرتفوی، به دلیل دستیابی به کمترین مقدار میانگین قدر مطلق عرض از مبدأها در مدل تجربی، به‌عنوان روش نهایی انتخاب شد.

۳-۴- نتایج اجزای شبکه الگوریتم

پن (۲۰۱۱) برای اولین بار الگوریتم بهینه‌سازی مگس میوه (Fruit Fly Optimization Algorithm – FOA) را ارائه نمود. این الگوریتم ساده و روان، بخشی از چالش‌های مرتبط با دشواری‌های الگوریتم‌های پیشین را برطرف کرده است. اهمیت این الگوریتم از آن جهت است که روشی آسان و کارا در بهینه‌سازی معرفی می‌کند و امکان حل طیف وسیعی از مسائل بهینه‌سازی را فراهم می‌سازد.

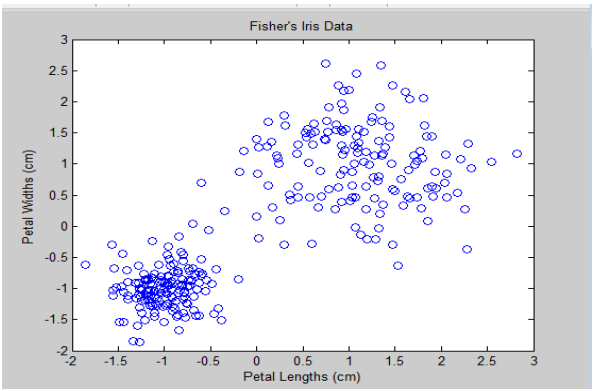
در این پژوهش، الگوریتم FOA به‌عنوان یک ابزار محاسباتی برای تعیین اوزان بهینه پرتفوی مورد استفاده قرار گرفته و به‌منظور ایجاد قابلیت مقایسه مستقیم با روش کلاسیک مارکویتز، تابع هدف و قیود آن منطبق با چارچوب مدل میانگین–واریانس مارکویتز تعریف شده است. بر این اساس، تابع هدف الگوریتم FOA به صورت حداقل‌سازی واریانس پرتفوی تعریف می‌شود:

$$>\min\ \sigma_p^2 = w'\Sigma w>$$

که در آن w بردار اوزان دارایی‌ها و Σ ماتریس کوواریانس بازده سهام است. قیود مسأله بهینه‌سازی شامل حداقل بازده مورد انتظار و عدم فروش استقراضی بوده و به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$>E(R_p) = w'\mu \geq R^*, \sum_{i=1}^{n} w_i = 1, w_i \geq 0>$$

نتایج تحلیل اجزای الگوریتم FOA نشان می‌دهد که مقادیر فعال الگوریتم در بازه $[3+, 3-]$قرار دارند (شکل ۱). این موضوع بیانگر پایداری عددی و همگرایی مناسب الگوریتم در فرآیند بهینه‌سازی است و نشان می‌دهد که اختلاف عملکرد مشاهده‌شده در ادامه تحلیل‌ها ناشی از ضعف همگرایی الگوریتم نبوده، بلکه به ساختار بهینه‌سازی و چارچوب نظری مورد استفاده بازمی‌گردد.



شکل ۱: پراکنش مقدایر داده‌های پژوهش

۴-۴-آزمون فرضیه

به‌منظور آزمون فرضیه‌ها از رگرسیون چندکی کونکر و باست (1978) استفاده شده است. برتری این روش نسبت به رگرسیون حداقل مربعات معمولی، مقاومت در برابر داده‌های پرت و نرمال‌نبودن توزیع متغیرها است.

۱-۴-۴-فرضیه اول پژوهش

فرضیه اول بیان می‌کند که قدرت توضیح‌دهندگی مدل بهینه‌سازی‌شده پرتفوی سرمایه‌گذاری ارزشی مبتنی بر روش مارکویتز، بیش از الگوریتم مگس میوه است.

نتایج آزمون GRS و میانگین قدر مطلق عرض از مبدأها که در جدول (۷) گزارش شده‌اند، نشان می‌دهند که در سطح اطمینان ۹۵ درصد، فرض صفر آزمون GRS (صفر بودن عرض از مبدأها) رد نمی‌شود. با این حال، مقایسه مقادیر آماره GRS و میانگین قدر مطلق عرض از مبدأها نشان می‌دهد که مدل مارکویتز در پرتفوی‌های ارزشی نسبت به الگوریتم بهینه‌سازی مگس میوه توان توضیح‌دهندگی بالاتری دارد. بنابراین، فرضیه اول پژوهش مورد تأیید قرار می‌گیرد. اگرچه فرض صفر آزمون GRS در هر دو روش رد نمی‌شود، اما مقادیر کمتر آماره GRS و میانگین قدر مطلق عرض از مبدأها در پرتفوی‌های مبتنی بر روش مارکویتز، نشان‌دهنده برازش نسبی بهتر این روش در مقایسه با الگوریتم FOA است. این نتیجه را می‌توان با شواهد Mehrani et al. (۲۰۱۹) نیز هم‌راستا دانست؛ به‌گونه‌ای که ناپایداری وزن‌های بهینه در الگوریتم FOA، در داده‌های مالی پرنویز، می‌تواند منجر به افزایش پراکندگی عرض از مبدأها و تضعیف سازگاری پرتفوی با مدل‌های قیمت‌گذاری دارایی، حتی در صورت عدم رد آماری آزمون GRS، شود.

جدول ۷: بررسی عملکرد مدل‌های ساخته شده به روش ۲×۲×۲×۲

عوامل ساخته‌شده با روش ۲×۲×۲×۲			
	آماره GRS	احتمال آماره GRS	$A\|a_i\|$
بخش اول: ۹ پرتفوی ساخته‌شده از عوامل اندازه – ارزش			
سه عاملی	۰.۹۷۶۷۳۳۳۳	۰.۴۶۸۳۲۲۷۱۴	۰.۰۰۹۰۱۴
چهار عاملی ارزش – سودآوری	۰.۹۹۸۵۷۵۶۰۶	۰.۴۵۱۴۰۲۱۳۱	۰.۰۰۸۸۵۴۲۲۲
چهار عاملی ارزش – سرمایه‌گذاری	۰.۸۳۴۴۹۲۲۱۹	۰.۵۸۷۴۳۰۱۶۶	۰.۰۰۹۵۵۹
چهار عاملی سودآوری – عملکرد	۱.۰۴۹۷۷۲۷۱۳	۰.۴۱۲۷۸۲۷۸۱	۰.۰۱۰۷۷۳۲۲۲
پنج عاملی	۰.۹۷۳۹۰۲۹۸	۰.۴۷۰۹۳۰۴۴۱	۰.۰۱۰۳۹۸۱۱۱
بخش دوم: ۹ پرتفوی ساخته‌شده از عوامل اندازه – سودآوری			
سه عاملی	۰.۴۴۷۷۶۷۶۰۳	۰.۹۰۳۱۰۸۲۳۹	۰.۰۰۹۰۰۷۳۳۳
چهار عاملی ارزش – سودآوری	۰.۳۹۶۰۲۶۱۴۸	۰.۹۳۲۲۱۸۸۰۵	۰.۰۰۸۶۶۳۸۸۹
چهار عاملی ارزش – سرمایه‌گذاری	۰.۷۲۲۰۶۱۵۱۸	۰.۶۸۶۷۳۷۴۱۲	۰.۰۰۹۵۵۱۸۸۹
چهار عاملی سودآوری – عملکرد	۰.۵۹۱۱۹۹۸۷۶	۰.۷۹۹۰۷۳۷۲۸	۰.۰۱۰۷۹۴
پنج عاملی	۰.۵۸۶۳۳۳۷۲۴	۰.۸۰۲۹۲۳۳۱۸	۰.۰۱۰۴۶۹۷۷۸
بخش سوم: ۹ پرتفوی ساخته‌شده از عوامل اندازه – سرمایه‌گذاری			
سه عاملی	۱.۰۲۸۱۰۴۱۴۹	۰.۴۲۸۶۴۴۴۱۷	۰.۰۰۸۹۲۰۱۱۱
چهار عاملی ارزش – سودآوری	۱.۰۸۷۴۳۷۰۰۸	۰.۳۸۵۷۵۶۴۴۹	۰.۰۰۸۸۵۱۵۵۶
چهار عاملی ارزش – سرمایه‌گذاری	۱.۰۶۰۳۴۵۵۵۲	۰.۴۰۵۰۷۴۷۹۸	۰.۰۰۹۳۴۷۲۲۲
چهار عاملی سودآوری – عملکرد	۰.۹۳۰۸۵۱۰۸۹	۰.۵۰۵۵۴۷۶۹۶	۰.۰۱۰۶۲۱۵۵۶
پنج عاملی	۰.۹۳۷۹۴۵۰۶۵	۰.۴۹۹۸۷۷۸۱۶	۰.۰۱۰۴۰۶۵۵۶
بخش چهارم: ۸ پرتفوی ساخته‌شده از عوامل اندازه – ارزش – عملکرد			
سه عاملی	۰.۹۷۹۱۵۶۵۵	۰.۴۶۰۹۱۸۰۸۹	۰.۰۰۹۶۹۵
چهار عاملی ارزش – سودآوری	۱.۰۱۷۳۶۸۶۶۸	۰.۴۳۳۰۰۲۹۸	۰.۰۱۰۲۶۹۱۲۵
چهار عاملی ارزش – سرمایه‌گذاری	۱.۲۹۱۱۴۱۷۲۲	۰.۲۶۵۴۱۸۷۴۷	۰.۰۰۹۷۶۲۶۲۵
چهار عاملی سودآوری – عملکرد	۱.۱۶۲۸۹۱۹۴۳	۰.۳۳۶۴۰۴۰۳۷	۰.۰۱۲۰۲۶۶۲۵
پنج عاملی	۱.۲۳۷۷۸۶۲۸۱	۰.۲۹۳۶۸۸۲۹	۰.۰۱۱۸۹۵
بخش پنجم: ۸ پرتفوی ساخته‌شده از عوامل اندازه – ارزش – عملکرد			
سه عاملی	۰.۹۰۶۸۵۵۷۶۴	۰.۵۱۶۸۷۱۹۲۸	۰.۰۰۸۲۲۴۸۷۵
چهار عاملی ارزش – سودآوری	۱.۲۰۳۵۳۵۶۷۹	۰.۳۱۲۴۷۷۱۴۳	۰.۰۰۸۹۴۲۶۲۵
چهار عاملی ارزش – سرمایه‌گذاری	۱.۱۴۰۲۸۰۳۰۲	۰.۳۵۰۲۹۷۱۴۵	۰.۰۰۸۴۷۶۱۲۵
چهار عاملی سودآوری – عملکرد	۳۶.۰۷۴۳۰۲۲۴	۰.۰۰۰۰۰۰۰۰۰۳	۰.۰۱۰۸۸۱۵
پنج عاملی	۱.۲۲۶۷۰۰۳۳۸	۰.۲۹۹۷۷۰۴۹۴	۰.۰۰۹۷۰۷۵

عوامل ساخته‌شده با روش ۲×۲×۲×۲			
	آماره GRS	احتمال آماره GRS	$A\|a_i\|$
بخش ششم: ۸ پرتفوی ساخته‌شده از عوامل اندازه – سودآوری – سرمایه‌گذاری			
سه عاملی	۰.۷۹۸۷۴۵۴۰۱	۰.۶۰۵۹۲۲۰۲	۰.۰۰۹۱۳۳۳۷۵
چهار عاملی ارزش – سودآوری	۰.۷۱۸۵۹۵۲۱۸	۰.۶۷۴۲۵۸۱۸۷	۰.۰۰۸۵۴۰۷۵
چهار عاملی ارزش – سرمایه‌گذاری	۰.۸۸۰۰۵۸۷۷۹	۰.۵۳۸۵۲۳۳۳۸	۰.۰۰۹۳۹۵۷۵
چهار عاملی سودآوری – عملکرد	۰.۷۲۲۷۵۷۱۸۳	۰.۶۷۰۶۹۷۸۲۳	۰.۰۱۰۰۰۸۲۵
پنج عاملی	۰.۶۹۶۵۷۵۰۴۴	۰.۶۹۳۰۵۰۵۹۸	۰.۰۰۹۸۲۸۷۵

۲-۴-۴-فرضیه دوم پژوهش

فرضیه دوم بیان می‌کند که قدرت توضیح‌دهندگی مدل بهینه‌سازی‌شده پرتفوی سرمایه‌گذاری رشدی مبتنی بر روش مارکویتز، بیش از الگوریتم بهینه‌سازی مگس میوه است.

نتایج ارائه‌شده در جدول (۸) نشان می‌دهد که در تمامی مدل‌ها، فرض صفر آزمون GRS رد نمی‌شود. با این حال، مقایسه آماره GRS و میانگین قدر مطلق عرض از مبدأها بیانگر آن است که در پرتفوی‌های رشدی نیز مدل مارکویتز نسبت به الگوریتم بهینه‌سازی مگس میوه عملکرد بهتری دارد. در نتیجه، فرضیه دوم پژوهش نیز تأیید می‌شود. اگرچه فرض صفر آزمون GRS در هر دو روش رد نمی‌شود، اما مقادیر کمتر آماره GRS و میانگین قدر مطلق عرض از مبدأها در پرتفوی‌های مبتنی بر روش مارکویتز، نشان‌دهنده برازش نسبی بهتر این روش در مقایسه با الگوریتم FOA است.

جدول ۸: بررسی عملکرد مدل‌های ساخته شده به روش ۲×۲×۲×۲ در آزمون پرسش دوم

عوامل ساخته‌شده با روش ۲×۲×۲×۲			
	آماره GRS	**احتمال آماره GRS**	$A\|a_i\|$
بخش اول: ۹ پرتفوی ساخته‌شده از عوامل اندازه – ارزش			
سه عاملی	۰.۸۲۴۶۲۱۵۱	۰.۵۹۶۰۰۸۶۹۹	۰.۰۰۹۹۶۲۳۳۳
چهار عاملی ارزش – سودآوری	۰.۷۶۶۸۵۴۴۳۸	۰.۶۴۷۰۱۸۸۸۵	۰.۰۰۹۵۹۹
چهار عاملی ارزش – سرمایه‌گذاری	۰.۸۰۲۴۲۷۴۹۱	۰.۶۱۵۵۵۲۴۹۵	۰.۰۰۹۹۲۸۶۶۷
چهار عاملی سودآوری – سرمایه‌گذاری	۰.۹۱۶۰۷۸۹۷	۰.۵۱۷۷۷۲۳۳	۰.۰۱۰۲۹۷۴۴۴
پنج عاملی	۰.۸۹۹۳۰۱۸۸۳	۰.۵۳۱۹۳۱۷۴۹	۰.۰۱۰۴۸۱۱۱۱
بخش دوم: ۹ پرتفوی ساخته‌شده از عوامل اندازه – سودآوری			
-سه عاملی	۰.۶۲۲۴۶۰۶۷	۰.۷۷۳۲۶۸۳۴۹	۰.۰۰۹۹۲۹۴۴۴
چهار عاملی ارزش – سودآوری	۰.۴۵۶۵۷۴۲۵۳	۰.۸۹۷۵۳۲۴۱۲	۰.۰۰۹۴۹۹۵۵۶
چهار عاملی ارزش – سرمایه‌گذاری	۰.۸۷۰۲۴۷۸۰۱	۰.۵۵۶۵۰۴۴۵۱	۰.۰۱۰۰۱۰۴۴۴
چهار عاملی سودآوری – سرمایه‌گذاری	۰.۶۹۵۲۴۵۲۹۳	۰.۷۱۰۳۹۵۸۱۴	۰.۰۱۰۵۵۹

عوامل ساخته‌شده با روش ۲×۲×۲×۲			
	آماره GRS	احتمال آماره GRS	$A\|a_i\|$
پنج عاملی	۰.۷۲۱۶۹۶۷۹	۰.۶۸۷۰۲۴۶۴۲	۰.۰۱۰۷۲۹۲۲۲
بخش سوم: ۹ پرتفوی ساخته‌شده از عوامل اندازه – سرمایه‌گذاری			
سه عاملی	۰.۸۹۸۱۷۳۷۷۱	۰.۵۳۲۶۵۵۸۶۸	۰.۰۰۹۷۵۰۵۵۶
چهار عاملی ارزش – سودآوری	۰.۹۴۶۹۶۱۸۸۲	۰.۴۹۲۳۷۵۴۳۳	۰.۰۰۹۵۶۴۵۵۶
چهار عاملی ارزش – سرمایه‌گذاری	۰.۹۲۳۷۱۰۴۲۵	۰.۵۱۱۴۳۹۸۸۶	۰.۰۰۹۷۸۱۵۵۶
چهار عاملی سودآوری – سرمایه‌گذاری	۱.۰۱۳۸۷۶۹۰۹	۰.۴۳۹۶۳۹۹۳۵	۰.۰۱۰۲۹۶۳۳۳
پنج عاملی	۰.۹۷۹۰۱۹۴۰۳	۰.۴۶۶۸۸۶۲۷۴	۰.۰۱۰۷۱۱
بخش چهارم: ۸ پرتفوی ساخته‌شده از عوامل اندازه – ارزش – سودآوری			
سه عاملی	۱.۳۸۰۶۰۲۰۱۱	۰.۲۲۳۱۲۱۰۹۷	۰.۰۱۰۲۸۱۸۷۵
چهار عاملی ارزش – سودآوری	۱.۲۳۲۷۴۶۹۲۷	۰.۲۹۶۱۰۶۲۸۳	۰.۰۱۱۲۲۰۳۷۵
چهار عاملی ارزش – سرمایه‌گذاری	۱.۸۳۴۳۸۶۱۸۱	۰.۰۸۸۱۳۱۲۹۲	۰.۰۱۰۲۹۴۱۲۵
چهار عاملی سودآوری – سرمایه‌گذاری	۱.۴۱۵۸۲۶۸۳	۰.۲۰۸۵۹۵۵۵۶	۰.۰۱۱۸۳۸۸۷۵
پنج عاملی	۱.۷۳۶۷۶۵۴۳۹	۰.۱۰۸۷۴۰۹۲	۰.۰۱۲۲۶۹۱۲۵
بخش پنجم: ۸ پرتفوی ساخته‌شده از عوامل اندازه – ارزش – سرمایه‌گذاری			
سه عاملی	۱.۲۴۲۳۱۵۱۳۳	۰.۲۹۰۵۶۴۴۲۲	۰.۰۰۹۳۰۷۸۷۵
چهار عاملی ارزش – سودآوری	۱.۳۴۷۳۰۰۸۵۹	۰.۲۳۸۴۰۱۰۷۶	۰.۰۱۰۰۱۹۱۲۵
چهار عاملی ارزش – سرمایه‌گذاری	۱.۳۷۵۷۱۵۱۰۴	۰.۲۲۵۶۳۱۰۳۳	۰.۰۰۹۴۴۱۶۲۵
چهار عاملی سودآوری – سرمایه‌گذاری	۱.۱۸۲۲۹۶۴۹۹	۰.۳۲۴۸۱۳۲۱	۰.۰۱۰۴۰۲۶۲۵
پنج عاملی	۱.۴۱۸۸۴۳۷۱۳	۰.۲۰۷۷۵۲۶۹۳	۰.۰۱۰۴۸۷۳۷۵
بخش ششم: ۸ پرتفوی ساخته‌شده از عوامل اندازه – سودآوری – سرمایه‌گذاری			
سه عاملی	۰.۹۸۳۲۹۰۹۵۷	۰.۴۵۷۸۲۵۰۶۲	۰.۰۰۹۹۷۵۲۵
چهار عاملی ارزش – سودآوری	۰.۷۴۴۰۰۴۰۶۳	۰.۶۵۲۵۲۵۲۲۷	۰.۰۰۸۸۸۹۷۵
چهار عاملی ارزش – سرمایه‌گذاری	۱.۱۵۵۴۲۵۷۷۶	۰.۳۴۰۹۴۵۳۹۹	۰.۰۰۹۹۸۸۵
چهار عاملی سودآوری – سرمایه‌گذاری	۰.۹۷۲۷۶۷۶۸	۰.۴۶۵۸۸۸۵۹۲	۰.۰۰۹۸۴۹۸۷۵
پنج عاملی	۰.۹۵۶۸۱۳۰۰۵	۰.۴۷۸۱۵۶۵۲۲	۰.۰۰۹۸۴۸۲۱۳

۵-نتیجه‌گیری

این تفسیر با شواهد پیشین درباره حساسیت الگوریتم‌های فراابتکاری به ناپایداری برآورد پارامترها هم‌راستا است (Mehrani et al., ۲۰۱۹; Kakpo et al., ۲۰۲۴). نتایج تجربی پژوهش نشان می‌دهد که پرتفوی‌های حاصل از روش کلاسیک مارکویتز، در مقایسه با پرتفوی‌های بهینه‌سازی‌شده با الگوریتم FOA، از منظر سازگاری با مدل

قیمت‌گذاری دارایی مورد استفاده و بر اساس آزمون GRS، عملکرد قابل اتکاتری داشته‌اند. این یافته حاکی از آن است که اگرچه الگوریتم‌های فراابتکاری با هدف بهبود فرآیند بهینه‌سازی و غلبه بر محدودیت‌های روش‌های کلاسیک معرفی می‌شوند، اما در عمل، مزیت آن‌ها به‌شدت به پایداری برآورد پارامترها و ساختار کوواریانس بازده‌ها وابسته است.

از منظر اقتصادی، برتری نسبی روش مارکویتز را می‌توان در حساسیت کمتر آن به ناپایداری ماتریس کوواریانس تفسیر کرد. در شرایطی که برآورد کوواریانس‌ها با خطا و نوسان همراه است، الگوریتم FOA به‌دلیل اتکای شدید بر جست‌وجوی تکراری و وزن‌دهی انعطاف‌پذیر، ممکن است به تخصیص وزن‌های افراطی منجر شود؛ امری که در نهایت باعث کاهش سازگاری پرتفوی با مدل قیمت‌گذاری دارایی و تضعیف عملکرد آزمون GRS می‌گردد. در مقابل، ساختار تحلیلی روش مارکویتز، حتی در حضور ناپایداری پارامترها، به تولید پرتفوی‌هایی با رفتار منسجم‌تر از نظر ریسک–بازده می‌انجامد.

همچنین، نتایج آزمون لوین نشان‌دهنده وجود ناهمسانی واریانس در برخی ضرایب برآوردی است؛ با این حال، از آنجا که آزمون GRS بر مبنای ماتریس کوواریانس جملات اخلال و در چارچوب ناهمسانی واریانس نیز معتبر است، این ویژگی مانعی برای استفاده از این آزمون به‌عنوان معیار اصلی قضاوت پژوهش محسوب نمی‌شود. بنابراین، استنتاج‌های حاصل از مقایسه عملکرد پرتفوی‌ها از نظر آماری و اقتصادی قابل اتکا هستند.

در مجموع، یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد که استفاده از الگوریتم‌های فراابتکاری لزوماً به بهبود عملکرد پرتفوی منجر نمی‌شود و مزیت بالقوه آن‌ها تنها در صورتی محقق می‌گردد که مسئله بهینه‌سازی با برآوردهای پایدار و ساختار اطلاعاتی مناسب همراه باشد. این نتیجه ضمن هم‌راستایی با مبانی نظری پژوهش، تأکید می‌کند که در بازارهای با ناپایداری بالا، روش‌های کلاسیک همچنان می‌توانند معیار قابل اعتمادی برای تصمیم‌گیری پرتفوی باشند.

محدودیت‌ها و پیشنهادهای پژوهش‌های آتی

با وجود نتایج معنادار این پژوهش، برخی محدودیت‌ها قابل ذکر است. نخست، تحلیل‌ها محدود به شرکت‌های پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران و دوره زمانی مورد بررسی بوده است؛ از این‌رو، تعمیم نتایج به سایر بازارهای مالی یا دوره‌های زمانی دیگر باید با احتیاط صورت گیرد. دوم، در این پژوهش تنها یک الگوریتم فراابتکاری برای بهینه‌سازی پرتفوی‌ها به کار گرفته شده است؛ بررسی و مقایسه سایر الگوریتم‌های هوشمند می‌تواند در پژوهش‌های آینده به درک دقیق‌تری از کارایی روش‌های بهینه‌سازی منجر شود. در نهایت، پیشنهاد می‌شود پژوهش‌های آتی، اثر متغیرهای کلان اقتصادی و شرایط چرخه‌های تجاری را در کنار مدل‌های قیمت‌گذاری دارایی‌ها و روش‌های بهینه‌سازی پرتفوی مورد توجه قرار دهند.

فهرست منابع

اکبری‌فرد، حسین؛ انارکی‌محمدی، احمد. (۱۳۹۶). انتخاب پرتفوی بهینه با استفاده از الگوریتم جستجوی گرانشی. پنجمین کنفرانس بین‌المللی اقتصاد، مدیریت و حسابداری با رویکرد ارزش‌آفرینی، شیراز.

امینی، امیر. (۱۳۹۵). بهینه‌سازی سبد سهام با استفاده از رویکرد جدید الگوریتم کرم میوه. فصلنامه مدیریت صنعتی، ۳۶، ۵۹–۷۶.

بیات‌آزادباوند، محمد؛ پوررفیعی، مهدی؛ صباغیان، زهره. (۱۳۹۸). ارائه یک مدل سبد سهام چندهدفه با در نظر گرفتن آنتروپی و گشتاورهای مرتبه بالا در شرایط عدم اطمینان. چهارمین کنفرانس ملی مدیریت، حسابداری و اقتصاد با تأکید بر بازاریابی منطقه‌ای و جهانی، تهران.

تهرانی، رضا؛ فلاح‌پور، سعید؛ رستمی، محمدرضا. (۱۳۹۷). انتخاب سبد سهام چنددوره‌ای با استفاده از گشتاورهای مرتبه بالاتر. مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار، ۳۴، ۱–۲۰.

خلیلی اکبر، رعیتی شوازی علیرضا، رضائی پندری عباس. (۱۴۰۲). تحلیل استواری ریسک نامطلوب در مدیریت پرتفوی شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران. سومین کنفرانس ملی اقتصاد، مدیریت و حسابداری، شیروان، موسسه پژوهشی رهجویان پایا شهر اترک

قالیباف‌اصل، مهدی. (۱۳۹۸). بررسی رابطه نسبت ارزش دفتری به ارزش بازار و بازده سهام در بورس اوراق بهادار تهران. پژوهش‌های مالی، ۲۰(۳)، ۴۵–۶۲.

کریمی موحد، مهدی؛ احدزاده نمین، مهناز؛ شاهوردیانی، شادی؛ حبیبی، داوود. (۱۴۰۱). تحلیل و مقایسه عملکرد پرتفوی‌های مبتنی بر سهام رشدی و ارزشی در بازار سرمایه ایران. دانش سرمایه‌گذاری، ۱۱(۲)، ۹۵–۱۱۸.

گوهرنیا، محمد؛ همکاران. (۱۴۰۲). بهینه‌سازی سبد سهام چندهدفه با استفاده از معیار GlueVaR. پژوهش‌های مالی، ۲۵(۱)، ۷۳–۹۴.

شفیعی، علی؛ همکاران. (۱۴۰۳). پیش‌بینی بازار سهام با استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی ملخ بهبودیافته. فصلنامه پژوهش‌های مالی، ۲۸(۲)، ۱۱۳–۱۳۴.

Anione, S., Loraschi, A., & Tettamanzi, A. (1993). A genetic approach to portfolio selection. *Neural Network World*, 6, 597–604.

Chang, T. J., Meade, N., Beasley, J. E., & Sharaiha, Y. M. (2021). Heuristics for cardinality constrained portfolio optimization. *Computers & Operations Research*, 27(13), 1271–1302.

Crama, Y., & Schyns, M. (2013). Simulated annealing for complex portfolio selection problems. *European Journal of Operational Research*, 150(3), 546–571.

Fernández, A., & Gómez, S. (2023). Portfolio selection using neural networks. *Computers & Operations Research*, 34(4), 1177–1191.

Gilli, M., Këllezi, E., & Hysi, H. (2006). A data-driven optimization heuristic for downside risk minimization. *Journal of Risk*, 8(3), 1–23.

Holland, J. H. (1975). *Adaptation in natural and artificial systems*. Ann Arbor: University of Michigan Press.

Kakpo, D., Kouadio, A., & Yao, K. (2024). Hybrid metaheuristic approaches in modern portfolio theory. *Expert Systems with Applications*, 238, 121145.

Markowitz, H. (1952). Portfolio selection. *Journal of Finance*, 7(1), 77–91.

Mehrani, K., Mirshahvalad, A., & Abbasi, E. (2019). Portfolio optimization using black hole meta-heuristic algorithm. *Specialty Journal of Accounting and Economics*, 5(2), 1–13.

Wang, Y. (2022). Fuzzy multi-period portfolio selection under realistic constraints. *Expert Systems with Applications*, 195, 116–135.

Yu, Y., Li, Y. C., Li, J. C., & Gu, X. Y. (2016). Self-adaptive step fruit fly algorithm optimized support vector regression model. *Neurocomputing*, 211, 41–52.

Financial Economics
Vol. (16) Issue (64) Winter 2027

Comparison of Portfolio Optimization Using the Classical Method and the Fruit Fly Optimization Algorithm in Growth and Value Stock Portfolios

Monireh Mashhadi Ramezanali
Department of Economic Sciences, Ka.C., Islamic Azad University, Karaj, Iran

Hamid Ahmadzadeh
Department of Economic Sciences, Ka.C., Islamic Azad University, Karaj, Iran
Corresponding Author
h.ahmadzadeh@kiau.ac.ir

Mahmoud Khoddam
Department of Economic Sciences, Ka.C., Islamic Azad University, Karaj, Iran

Abstract

Investment strategy selection in capital markets depends on various factors, including firms' fundamental characteristics and portfolio optimization techniques. A common approach in the financial literature involves classifying stocks into value and growth portfolios and evaluating their performance within asset pricing frameworks. This study aims to empirically compare the explanatory power of value and growth portfolios optimized using the classical Markowitz mean–variance approach and the Fruit Fly Optimization Algorithm (FOA).

To this end, stocks listed on the Tehran Stock Exchange are classified into value and growth portfolios based on price-to-earnings and price-to-book ratios. Portfolio optimization is then conducted separately for each group using both optimization methods. The explanatory power of the resulting portfolios is assessed within the framework of the Fama–French five-factor model (2014).

The empirical results indicate that portfolios optimized using the classical Markowitz approach exhibit higher explanatory power than those constructed via the Fruit Fly Optimization Algorithm in both value and growth categories. These findings suggest that although metaheuristic algorithms may enhance the optimization process, such improvements do not necessarily translate into greater explanatory power within asset pricing models.

Keywords: Portfolio Optimization - Classical Method - Fruit Fly Algorithm – Growth stock – Value stock