



فصلنامه علمی پژوهشی دانش سرمایه‌گذاری  
دوره ۱۶ / شماره ۲ (پیاپی ۶۲) / تابستان ۱۴۰۶  
صفحه ۳۰۷ تا ۳۲۲

## تحلیل ویژگی‌های پرتفوی بهینه در شرکتهای با اندازه متفاوت: شواهدی از مدل PSO در بورس اوراق بهادار تهران

زینب قلی‌پور سوته

دانشجوی دکتری مهندسی مالی، گروه مالی و حسابداری، واحد قم، دانشگاه آزاد اسلامی، قم، ایران  
zeinab.gholipour@iau.ir

رضا غلامی جمکرانی

دانشیار، گروه مالی و حسابداری، واحد قم، دانشگاه آزاد اسلامی، قم، ایران، (نویسنده مسئول)  
reza.gholami@iau.ac.ir

سید کاظم چاووشی

دانشیار، گروه مدیریت مالی، واحد علوم اقتصادی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران  
Chavoshi@khu.ac.ir

مژگان صفا

دانشیار، گروه مالی و حسابداری، واحد قم، دانشگاه آزاد اسلامی، قم، ایران  
dr.mojgansafa@iau.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۳/۱۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۵/۰۴

### چکیده

هدف این مقاله، تحلیل ویژگی‌های ساختاری پرتفوی بهینه با تمرکز بر نقش اندازه شرکت‌ها در ترکیب دارایی‌هاست. در این راستا، از نتایج حاصل از یک مدل بهینه‌سازی پرتفوی بر پایه الگوریتم فراابتکاری ازدحام ذرات (PSO) استفاده شده است. مدل مذکور با در نظر گرفتن دو متغیر کلیدی، یعنی اندازه شرکت و ریسک سیستمی، طراحی شده و داده‌های آن شامل اطلاعات ۲۵ شرکت منتخب بورس اوراق بهادار تهران در بازه زمانی ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۲ می‌باشد. انتخاب شرکت‌ها از طریق روش نمونه‌گیری حذف سیستماتیک انجام گرفته است.

یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد که ساختار پرتفوی پیشنهادی متأثر از اندازه شرکت‌ها بوده و گرایش مدل به تخصیص وزن بیشتر به شرکت‌های بزرگ‌تر و کم‌ریسک‌تر قابل توجه است. این نتایج حاکی از آن است که شرکت‌های بزرگ در شرایط نوسان‌های بازار و ریسک سیستمی، نقش تثبیت‌کننده‌تری در ترکیب سبد دارند. تحلیل ارائه شده می‌تواند به درک عمیق‌تر از عملکرد الگوریتم‌های فراابتکاری در تصمیم‌گیری‌های مالی کمک نماید و به‌عنوان مبنایی برای بهبود سیاست‌های تخصیص دارایی و طراحی پرتفوی در بازارهای نوظهور مانند ایران مورد استفاده قرار گیرد.

**واژه‌های کلیدی:** پرتفوی بهینه، مدل PSO، بورس اوراق بهادار تهران، اندازه شرکت، ریسک سیستمی.

## ۱- مقدمه

مارکویتز<sup>۱</sup> در سال ۱۹۵۲ با ارائه مدلی برای بهینه‌سازی سبد سهام نشان داد با تشکیل سبدهای مالی، می‌توان در سطح معینی از بازده ریسک را کاهش داد. به همین دلیل سرمایه‌گذاران تمایل دارند با شناخت و انتخاب ترکیب بهینه‌ی دارایی‌های مالی در سبد سهام خود، بازده مورد انتظارشان را بیشینه کنند و ریسک را به حداقل برسانند. اگرچه مدل مارکویتز برای نخستین بار در تلفیق بهینه‌سازی نرخ بازده و کمینه کردن ریسک موفق بود اما در برخورد با محدودیت‌های دنیای واقعی مانند تعداد دارایی‌های سبد یا حداقل و حداکثر مقدار هر یک از دارایی‌های سبد موفق نبود. (امیری و همکاران، ۱۳۹۹). تئوری پرتفوی مارکویتز، تنها راه حلی جهت تخصیص سرمایه ارائه می‌کند اما در بازارهای سرمایه که صدها نوع سرمایه مختلف با کیفیت‌های متفاوت موجود می‌باشد و همچنین سرمایه‌گذاران با انبوهی از اطلاعات روبرو هستند و در نتیجه برای آن‌ها دشوار می‌باشد. در این بین، وقتی محدودیت‌هایی مثل حداکثر تعداد انواع دارایی‌ها در پرتفوی، حدود بالا و پایین سرمایه‌گذاری مجاز سهم‌ها (محدودیت سقف و کف) و غیره مطرح می‌شوند، فضای جستجو آنقدر گسترده می‌گردد که عملاً استفاده از مدل‌های ریاضی ناممکن گشته، از این رو الگوریتم‌های فراابتکاری مانند ژنتیک، شبکه‌های عصبی، مورچه و غیره جایگاه ویژه‌ای می‌یابند. (آرنها و ایبا، ۲۰۰۹).<sup>۲</sup>

روش‌های متعددی برای بهینه‌سازی سبد سهام (پرتفوی) وجود دارد که در حل مسئله دارای محدودیت و چالش‌های متعددی می‌باشند. سال‌هاست که در حل چنین مسائلی پیچیده‌ای ریاضیات پیشرفته و کامپیوترها به کمک انسان شتافته تا هر چه بیشتر وی را در بیرون آوردن از شرایط عدم اطمینان محیطی و ابهام یاری رسانند. از جمله روش‌هایی که در سال‌های اخیر در حل بسیاری مسائل بهینه‌سازی، گره گشای ابهامات بشر بوده است و در پاسخ به مسائل پیچیده رویکردی موفق داشته است، روش‌ها و الگوریتم‌های موسوم به فراابتکاری است. روش‌های فراابتکاری که با هدف رفع کاستی‌های روش‌های کلاسیک بهینه‌سازی معرفی شدند با جستجویی جامع و تصادفی، احتمال دستیابی به نتایج بهتر را تا حد زیادی تضمین می‌کنند.

با افزایش پیچیدگی بازارها و ظهور داده‌های بزرگ، الگوریتم‌های فراابتکاری جایگزینی کارآمد برای مدل‌های سنتی به‌شمار می‌آیند. این الگوریتم‌ها، با الهام از پدیده‌های طبیعی یا رفتاری، امکان حل مسائل چندهدفه و غیرخطی را فراهم کرده‌اند. یکی از این روش‌ها، الگوریتم ازدحام ذرات (PSO) است که نخستین بار توسط کندی و ابرهارت<sup>۳</sup> در سال ۱۹۹۵ معرفی شد و به سرعت در حوزه‌هایی مانند مهندسی، زیست‌شناسی و علوم مالی توسعه یافت.

در حوزه مالی، PSO به دلیل سرعت همگرایی بالا و توانایی در اجتناب از بهینه‌های محلی، برای حل مسائل تخصیص دارایی‌ها، زمان‌بندی معاملات، و ساختاردهی پرتفوی استفاده شده است. در مطالعاتی نظیر گیلی و شومان<sup>۴</sup> (۲۰۱۰) و تاکور و هنس<sup>۵</sup> (۲۰۱۳)، مزایای PSO نسبت به الگوریتم‌های ژنتیک و روش‌های سنتی در مدل‌سازی سبدهای سرمایه‌گذاری مورد تأیید قرار گرفته است.

<sup>۱</sup>. Markowitz

<sup>۲</sup>. Arenha & Eba

<sup>۳</sup>. Kennedy & Eberhart

<sup>۴</sup>. Gilli & Schumann

<sup>۵</sup>. Thakur & Hens

مقاله حاضر با تمرکز ویژه بر ویژگی‌های ساختاری پرتفوی بهینه از منظر اندازه شرکت، تلاش دارد نشان دهد که چه نوع شرکت‌هایی - از حیث اندازه - در سبد پیشنهادی مدل سهم بیشتری دارند. این تحلیل به بررسی الگوی تخصیص وزن به شرکت‌ها در طبقات مختلف اندازه می‌پردازد. تحلیل چنین الگویی، از منظر عملیاتی برای مدیران سبد، مشاوران مالی و سرمایه‌گذاران حقیقی یا نهادی حائز اهمیت است؛ چرا که در تصمیم‌گیری برای تخصیص سرمایه، دانستن این‌که شرکت‌های بزرگ، متوسط یا کوچک در شرایط واقعی چه جایگاهی در سبد بهینه دارند، می‌تواند مسیر انتخاب را روشن‌تر سازد.

با آنکه در مطالعات متعدد، هر یک از این عوامل به‌طور جداگانه مورد توجه قرار گرفته‌اند، ترکیب آن‌ها در قالب یک مدل بهینه‌سازی با رویکرد فراابتکاری، نوآوری اصلی پژوهش مزبور را تشکیل می‌دهد. این مدل با استفاده از داده‌های ۲۵ شرکت پذیرفته‌شده در بورس تهران در در بازه زمانی ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۲ و اجرای الگوریتم در محیط متلب طراحی شده و نتایج آن نشان‌دهنده تأثیرگذاری قابل توجه اندازه شرکت و میزان ریسک سیستمی در ساختار پرتفوی منتخب است.

از سوی دیگر، یافته‌های این مقاله می‌توانند در سیاست‌گذاری‌های بازار سرمایه نیز مؤثر واقع شوند. اگر به‌عنوان مثال، مشخص شود که شرکت‌های بزرگ با ثبات مالی بالاتر سهم غالبی در پرتفوی بهینه دارند، آنگاه ممکن است تدوین سیاست‌هایی برای تقویت حضور شرکت‌های متوسط یا کوچک در بازار سرمایه مدنظر قرار گیرد. بنابراین مقاله حاضر دارای ارزش افزوده کاربردی و نظری مستقل برای حوزه مالی محسوب می‌شود.

پژوهش مبنای این مقاله با استفاده از الگوریتم PSO، مدل بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری را با لحاظ هم‌زمان اندازه شرکت و ریسک سیستمی طراحی کرده است. مقاله حاضر با تمرکز بر خروجی‌های این مدل، به بررسی نقش اندازه شرکت در ساختار پرتفوی منتخب می‌پردازد. این تحلیل می‌تواند درک عمیق‌تری از ترجیحات الگوریتم در شرایط واقعی بازار ارائه دهد و برای سرمایه‌گذاران، مدیران سبد و تحلیل‌گران بازار سرمایه، راهگشا باشد.

### پیشینه پژوهش

بهینه‌سازی پرتفوی یکی از مباحث محوری در نظریه‌های مالی است که هم در حوزه‌های نظری و هم کاربردی مورد توجه قرار گرفته است. مدل مارکوویتز (۱۹۵۲) به عنوان نقطه‌ی آغاز این حوزه، تعادلی بین بازده مورد انتظار و واریانس پرتفوی برقرار می‌کند و مفهوم «مرز کارا» را معرفی نمود. با وجود نوآوری این مدل، فرض‌های محدودکننده‌ی آن نظیر نرمال بودن بازده‌ها، وجود تنها یک دوره سرمایه‌گذاری و نبود هزینه‌های معاملاتی، باعث شد که در عمل کارایی آن زیر سؤال برود.

در پاسخ به این محدودیت‌ها، پژوهشگران به سمت استفاده از الگوریتم‌های هوش محاسباتی و فراابتکاری حرکت کردند که قابلیت مدل‌سازی رفتارهای پیچیده، داده‌های پرنوسان، و شرایط واقعی بازار را دارند. در این میان، الگوریتم ازدحام ذرات (PSO) به عنوان یکی از الگوریتم‌های پرکاربرد در مسائل مالی مطرح شد. این الگوریتم، که توسط کندی و ابرهات در سال ۱۹۹۵ معرفی گردید بر مبنای رفتار اجتماعی ذرات در جست‌وجوی مکان

بهینه عمل می‌کند و نسبت به روش‌هایی نظیر الگوریتم ژنتیک، سرعت همگرایی بالاتر و انعطاف‌پذیری بیشتری دارد (کندی و ابره‌ارت، ۱۹۹۵).

از منظر عوامل مؤثر بر بازده دارایی‌ها، دو متغیر «اندازه شرکت» و «ریسک سیستمی» نقش مهمی در تعیین ترجیحات سرمایه‌گذاران و ساختار پرتفوی دارند. اندازه شرکت معمولاً به‌عنوان یک شاخص بنیادی برای ارزیابی ثبات، نقدشوندگی، و دسترسی به منابع مالی در نظر گرفته می‌شود. مطالعات کلاسیکی همچون پژوهش بنز<sup>۱</sup> در سال ۱۹۸۱ و مدل‌های فاما و فرنچ<sup>۲</sup> در ۱۹۹۲ تأکید می‌کنند که شرکت‌های کوچک‌تر گرچه پتانسیل بازدهی بالاتری دارند، اما با ریسک بیشتری نیز مواجه‌اند.

ریسک سیستمی نیز به ویژه پس از بحران مالی ۲۰۰۸، به یکی از موضوعات محوری در ادبیات مالی تبدیل شده است. این ریسک به‌جای تمرکز بر ویژگی‌های خاص شرکت، به احتمال سقوط هم‌زمان چندین نهاد مالی یا کل بازار اشاره دارد. شاخص‌هایی همچون  $MES^3$  و  $CoVaR^4$  توسط آچاریا و همکاران<sup>۵</sup> (۲۰۱۰) و آدریان و برونمایر<sup>۶</sup> (۲۰۱۶) برای اندازه‌گیری این نوع ریسک توسعه یافته‌اند.

در این پژوهش، هدف بررسی اثر الگوریتم PSO در بهینه‌سازی پرتفوی با تأکید بر متغیرهای اندازه شرکت و ریسک سیستمی است. با وجود اهمیت این موضوع، مطالعات پیشین عمدتاً تمرکز خود را بر مدل‌های کلاسیک یا دیگر الگوریتم‌های فراابتکاری قرار داده‌اند و کمتر به ترکیب هم‌زمان این دو متغیر کلیدی با الگوریتم PSO در فضای بازار واقعی پرداخته‌اند. در ادامه، تعدادی از پژوهش‌های داخلی و خارجی مرتبط مرور می‌شود:

#### پیشینه داخلی

- کریمی و گودرزی (۱۳۹۹): در مقاله‌ای با عنوان «بهینه‌سازی سبد سهام با استفاده از الگوریتم رقابت استعماری (ICA) و الگوریتم ازدحام ذرات (PSO) تحت معیار ریسک ارزش در معرض خطر مشروط (CoVaR)» با استفاده از معیار ارزش در معرض ریسک و ارزش در معرض ریسک شرطی، به ارزیابی دو الگوریتم یاد شده در بهینه‌سازی سبد سهام پرداختند.
- حمیدرضا نوربخش و همکاران (۱۳۹۹): در پژوهشی با عنوان «بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری با استفاده از الگوریتم PSO و بررسی عملکرد آن در مقایسه با الگوریتم ژنتیک»، نشان دادند که الگوریتم PSO توانایی بالایی در یافتن پرتفوی بهینه در بازار سرمایه ایران دارد.
- لیلا حاتمی و همکاران (۱۴۰۰): در مقاله‌ای با موضوع «کاربرد الگوریتم‌های فراابتکاری در بهینه‌سازی پرتفوی با در نظر گرفتن ریسک سیستماتیک»، به بررسی اثر ترکیب الگوریتم‌های PSO و GA با شاخص بتا پرداختند و به نتایج معناداری در زمینه بهینه‌سازی پرتفوی دست یافتند.

<sup>۱</sup>. Banz

<sup>۲</sup>. Fama and French

<sup>۳</sup>. Marginal Expected Shortfall

<sup>۴</sup>. Conditional Value at Risk

<sup>۵</sup>. Acharya et al.

<sup>۶</sup>. Adrian & Brunnermeier

### پیشینه بین‌المللی

- گیلی و شومان در سال ۲۰۱۰ کارایی PSO را در شرایط محدودیت‌های واقعی نظیر سقف وزن دارایی‌ها و هزینه‌های معاملاتی بررسی کردند و نشان دادند PSO در مدل‌سازی پرتفوی با شرایط مزبور نتایج قابل اعتمادی تولید می‌کند.
- تاکور و هنس در سال ۲۰۱۳ از PSO برای تخصیص بهینه دارایی‌ها در شرایط چندهدفه استفاده کرده‌اند.
- آچاریا و همکاران در سال ۲۰۱۰ و همچنین آدریان و برونمایر در سال ۲۰۱۶ شاخص‌های MES و CoVaR را برای سنجش ریسک سیستمی توسعه دادند که در ارزیابی پایداری بازار مالی کاربرد دارند.

### روش شناسی پژوهش

این پژوهش از نوع کاربردی بوده و به لحاظ روش، در زمره‌ی مطالعات توصیفی-تحلیلی قرار می‌گیرد که از داده‌های واقعی بازار سرمایه به منظور طراحی و تحلیل یک مدل بهینه‌سازی پرتفوی بهره می‌برد. در این مدل، دو متغیر «اندازه شرکت» و «ریسک سیستمی» به عنوان عوامل تأثیرگذار در انتخاب دارایی‌ها در نظر گرفته شده‌اند و الگوریتم ازدحام ذرات (PSO) به عنوان ابزار حل مسئله برای تعیین ترکیب بهینه دارایی‌ها به کار گرفته شده است.

جامعه آماری، قلمرو زمانی و مکانی

قلمرو مکانی تحقیق شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران می‌باشد. داده‌های تحقیق مربوط به بازه زمانی سال ۱۳۹۰ الی ۱۴۰۲ می‌باشد.

### جدول ۱ - روند انتخاب نمونه

ردیف	شرایط عمومی انتخاب شرکت	شرایط اختصاصی انتخاب شرکت
۱	در دوره زمانی پژوهش در بورس اوراق بهادار لیست شده باشد.	سطح و حجم معاملاتی در دسترس داشته باشد (برای انتخاب سبد سهام)
۲	تغییر سال مالی در دوره زمانی پژوهش نداشته باشد	توقف معاملاتی طی ۱-۳ ماه نداشته باشد.
۳	سال مالی، پایان اسفندماه باشد.	
۴	به دلیل ماهیت خاص فعالیت شرکت‌های هلدینگ، بیمه، لیزینگ، بانک‌ها، موسسات مالی و سرمایه‌گذاری و تفاوت قابل ملاحظه آن‌ها با شرکت‌های تولید و بازرگانی، شرکت انتخابی جز شرکت‌های یاده شده نباشد.	
۵	اطلاعات مالی و مورد نیاز دسترس باشد.	

در ابتدا با اعمال شرایط عمومی، تعداد ۵۲ شرکت واجدالشرایط به روش حذف سیستماتیک انتخاب گردید و سپس با شروط تخصصی، ۲۷ شرکت حذف و غربال گردید و در نهایت ۲۵ شرکت به شرح زیر برای نمونه نهایی پژوهش انتخاب گردیدند. ترکیب این شرکت‌ها به گونه‌ای بوده که امکان متنوع‌سازی سبد سرمایه‌گذاری و تحلیل تفاوت‌ها از منظر اندازه شرکت فراهم باشد.

### ابزار تحلیل داده‌ها

در این پژوهش از دو نرم‌افزار تخصصی برای تحلیل داده‌ها و اجرای مراحل پژوهش استفاده شده است: نرم‌افزار Eviews برای انجام تحلیل‌های آماری مقدماتی و آزمون‌های اقتصادسنجی کلاسیک به کار گرفته شد. در این مرحله، آزمون نرمال بودن توزیع متغیرها، آزمون ایستایی سری‌های زمانی از طریق آزمون دیکی-فولر تعمیم‌یافته (ADF)، محاسبه آمارهای توصیفی اولیه مانند میانگین، انحراف معیار، چولگی و کشیدگی، و تحلیل همبستگی بین متغیرهای پژوهش انجام گرفت. این تحلیل‌ها به منظور اطمینان از صحت ساختار داده‌ها و تعیین ویژگی‌های آماری آن‌ها پیش از ورود به مدل بهینه‌سازی صورت پذیرفت.

نرم‌افزار MATLAB برای پیاده‌سازی مدل بهینه‌سازی پرتفوی با استفاده از الگوریتم ازدحام ذرات مورد استفاده قرار گرفت. در این مرحله، مدل مارکویتز به عنوان مدل پایه بهینه‌سازی در نظر گرفته شد و الگوریتم PSO برای تعیین وزن‌های بهینه دارایی‌ها در سبد سرمایه‌گذاری به کار رفت. در طراحی مدل، متغیرهای ریسک سیستمی (با شاخص‌های MES و CoVaR) و اندازه شرکت (بر اساس لگاریتم طبیعی دارایی‌ها) لحاظ شدند. تنظیمات الگوریتم شامل تعداد ذرات، تکرارها، ضرایب یادگیری و حدود جست‌وجو بر اساس مطالعات پیشین و تنظیمات تجربی تعیین شد تا هم اهداف مدل پوشش داده شود و هم همگرایی مطلوب حاصل گردد.

### نحوه محاسبه متغیرها

برای سنجش ریسک سیستمی، از شاخص MES (ارزش مورد انتظار نهایی) استفاده شده است که پیش‌تر توسط آچاربا و همکاران در سال ۲۰۱۰ معرفی شده است. این شاخص به کمک داده‌های بازده روزانه و شاخص کل بازار محاسبه گردید. از شاخص‌های نوین در سنجش ریسک سیستمی است که به منظور ارزیابی میزان آسیب‌پذیری نهاد‌های مالی در مواجهه با بحران‌های بازار طراحی شده و برخلاف شاخص‌هایی همچون (VaR) که صرفاً بر ریسک فردی تمرکز دارند، MES در بستر ریسک سیستمی و شرایط بحرانی بازار عمل می‌کند.

MES به صورت علمی، زیان مورد انتظار یک نهاد مالی را در زمانی که بازار در شرایط بحرانی قرار دارد، اندازه‌گیری می‌کند. به عبارت دیگر، این شاخص میزان ضرری را که یک نهاد در صورت سقوط شدید بازار تجربه می‌کند، برآورد می‌نماید. این مفهوم به‌طور خاص نشان‌دهنده سرایت‌پذیری شرکت از بحران بازار است؛ یعنی مشخص می‌سازد اگر بازار دچار افت قابل توجهی شود، هر نهاد تا چه میزان در معرض آسیب قرار دارد (برانلس و انگل، ۲۰۱۷).

بر اساس این تعریف، MES به بررسی میانگین بازده منفی یک شرکت در روزهایی که بازار در وضعیت بحرانی قرار دارد، می‌پردازد. هرچه MES یک نهاد مالی بالاتر باشد، نشان از آسیب‌پذیری بیشتر آن نهاد در برابر بحران‌های بازار دارد. از همین رو، این شاخص می‌تواند در شناسایی نهادهای سیستمی مهم برای تنظیم‌گری مالی و نظارت کلان مورد استفاده قرار گیرد.

در مقابل شاخص MES که از منظر "سرایت بحران از بازار به نهاد" عمل می‌کند، شاخص CoVaR که توسط آدریان و برونمایر در سال ۲۰۱۶ معرفی شده، نشان می‌دهد که یک نهاد خاص در صورت قرار گرفتن در وضعیت بحرانی، تا چه میزان می‌تواند موجب کاهش بازده بازار شود. به عبارت دیگر CoVaR بازتاب‌دهنده «سرایت از شرکت به بازار»، و MES نشان‌دهنده «سرایت از بازار به شرکت» است.

ریزش مورد انتظار نهایی توسط برانلس و انگل (۲۰۱۲) برای ارزیابی ریسک سیستمی در نهادهای مالی پایه‌گذاری شد و براساس تعریف، ریزش مورد انتظار نهایی نهاد مالی  $i$  در زمان  $t$  به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$MES_{it}(C) = E_{t-1}[R_{it}|R_{mt} < C]$$

که در آن  $R_{mt}$  بازده شاخص کل بازار در زمان  $t$ ، و  $R_{it}$  بازده حقوق صاحبان سهام مؤسسه مالی (شرکت)  $i$  ام در زمان  $t$  است و  $C$  ارزش آستانه که نشان دهنده وقوع بحران در بازار است و معمولاً آن را با ارزش در معرض خطر بازار در نظر می‌گیرند.

برای اندازه شرکت نیز، معیار رایج لگاریتم طبیعی مجموع دارایی‌ها در پایان هر سال مالی به کار رفته است که در مطالعاتی همچون فاما و فرنچ (۱۹۹۲) به عنوان شاخص بنیادی رایج استفاده شده است.

### مدل بهینه‌سازی و الگوریتم مورد استفاده

تابع هدف مدل، به دنبال حداکثرسازی بازده پرتفوی و حداقل‌سازی ریسک سیستمی است، با در نظر گرفتن اندازه شرکت‌ها به عنوان یک قید تأثیرگذار. تابع هدف و محدودیت‌های مدل بر مبنای تعاریف رایج در ادبیات مالی و با توجه به داده‌های تاریخی طراحی شده است.

PSO الگوریتم بهینه‌سازی تصادفی گروهی است که از شبیه‌سازی رفتار اجتماعی گروه پرندگان الهام گرفته شده است. از آنجا که PSO به صورت گروهی کار می‌کند و دارای تابع شایستگی می‌باشد، شبیه به الگوریتم‌های تکاملی است ولی تفاوت اصلی در آن است که در PSO هر فرد از اطلاعات گذشته خود سود می‌برد. در حالی که چنین رفتاری در الگوریتم‌های تکاملی دیگر وجود ندارد و هر عضو جامعه موقعیت خود را با توجه به تجربیات شخصی و تجربیات کل جامعه تغییر می‌دهد. اشتراک اجتماعی اطلاعات بین اعضای یک جامعه یک سری مزیت‌های تکاملی را در پی دارد و این فرضیه پایه و اساس PSO و توسعه آن محسوب می‌شود. PSO به آسانی قابل اجرا و در حل بسیاری از مسائل بهینه‌سازی گسسته و غیرخطی پیوسته مورد استفاده قرار گرفته است.

حرکت توده‌ای نوعی حرکت دسته جمعی هماهنگ است که معمولاً با استفاده از ارتباطات اندک موجود بین اعضا آن و اطلاعات محدود اعضا از وضعیت کل سیستم انجام می‌شود. الگوریتم پرواز پرندگان یکی از شیوه‌های محاسبات پویا است که بر پایه جمعیت اولیه استوار است. الگوریتم ابداعی، از شبیه‌سازی رفتار اجتماعی یک گروه از پرندگان در یافتن غذا الهام گرفته شده است. گروهی از پرندگان در فضایی به صورت تصادفی دنبال غذا می‌گردند. تنها یک تکه غذا در فضای مورد بحث وجود دارد. هیچ یک از پرندگان محل غذا را نمی‌دانند ولی در هر مرحله فاصله خود را تا محل غذا می‌دانند و بر این اساس، بهترین رویکرد برای پیدا کردن غذا، پیروی کردن از نزدیک‌ترین پرنده به غذا می‌باشد. یکی از بهترین استراتژی‌ها می‌تواند دنبال کردن پرنده‌ای باشد که کمترین فاصله را تا غذا داشته باشد که PSO این رفتار را در مسائل بهینه‌سازی شبیه‌سازی می‌نماید.

این استراتژی در واقع جان مایه الگوریتم است. هر پرنده یک جواب ممکن در فضای جستجوی مسئله می‌باشد که به آن ذره گفته می‌شود. PSO در الگوریتم معادل یک پرنده در الگوی حرکت جمعی پرندگان می‌باشد. هر ذره یک مقدار شایستگی دارد که توسط یک تابع شایستگی محاسبه می‌شود. هرچه ذره در فضای جستجو به هدف غذا در مدل حرکت پرندگان نزدیکتر باشد، شایستگی بیشتری دارد. همچنین هر ذره دارای یک سرعت است که هدایت حرکت ذره را بر عهده دارد. هر ذره با دنبال کردن ذرات بهینه در حالت فعلی، به حرکت خود در فضای مسئله ادامه می‌دهد. به این شکل است که گروهی از ذرات PSO آغاز کار به صورت تصادفی به وجود می‌آیند و با به روز کردن نسل‌ها سعی در یافتن راه حل بهینه می‌نمایند. در ابتدا، به وسیله گروهی از پرندگان که به طور تصادفی در فضای مسئله که به آن ذره گفته می‌شود، مقدار دهی می‌شود و سپس جستجو برای رسیدن به بهترین جواب آغاز می‌گردد. در هر مرحله از تکرار الگوریتم، ذره به سمت موقعیت بهتر جابه جا می‌شوند. موقعیت بعدی برای هر ذره با توجه به دو مقدار به دست می‌آید.

در هر گام، هر ذره با استفاده از بهترین مقدار به روز می‌شود. اولین مورد، بهترین موقعیتی است که تاکنون ذره موفق به رسیدن به آن شده است (pbest)، که موقعیت مذکور شناخته و نگهداری می‌شود. دومین مقدار، بهترین موقعیتی است که تاکنون توسط جمعیت ذرات به دست آمده است. این موقعیت با gbest نمایش داده می‌شود، این فرآیند تا زمانی که نتیجه مطلوب حاصل گردد یعنی سرعت پرندگان به سمت صفر میل نماید و یا این که حداکثر تعداد تکرار در نظر گرفته شده برای الگوریتم تکرار می‌گردد.

### یافته‌های پژوهش

مدل طراحی شده در این پژوهش، با هدف بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری در حضور دو عامل «ریسک سیستمی» و «اندازه شرکت»، با استفاده از الگوریتم ازدحام ذرات (PSO) در نرم‌افزار MATLAB اجرا شده است. خروجی این مدل، مجموعه‌ای از وزن‌های بهینه تخصیص یافته به ۲۵ شرکت منتخب بازار سرمایه در طول دوره مورد بررسی است.

برای تحلیل نقش اندازه شرکت، شرکت‌ها بر اساس مقدار لگاریتم طبیعی مجموع دارایی‌هایشان، به سه گروه کلی شرکت‌های بزرگ، متوسط و کوچک تقسیم شده‌اند.

ابتدا ۲۵ شرکت را انتخاب کرده و میزان سهم هریک از سهام شرکت‌های مذکور که در سبدهای سهام نمونه‌ی پژوهش تعیین گردید که به زیر صورت می‌باشد:

نماد	تعریف
$w_i$	وزن اختصاص یافته مرتبط به سهام شرکت $i$ ام. $i = ۱, ۲, \dots, ۲۷$
$w_{ij}$	وزن اختصاص یافته مرتبط به سهام شرکت $i$ ام در سال $j$ ام. $j = ۱۳۹۰, \dots, ۱۴۰۲$
$\sum_{i=1}^{27} w_i$	مجموع وزن اختصاص یافته در یک سال مشخص

$$w_i \geq 0$$

$$\sum_{i=1}^{27} w_i \leq 1$$

با توجه به دو شرط فوق، باید هریک از وزن‌های اختصاص یافته نامنفی و مجموع وزن‌های اختصاص یافته دارایی‌ها/نقدینگی به سید سهام در یک سال مشخص کمتر مساوی یک می‌باشد.

بر اساس طبقه‌بندی شرکت‌ها بر حسب کمیسیون اروپا، شرکت‌های مورد مطالعه به صورت زیر طبقه‌بندی شده است. بنا بر نرخ مصوبه دلار/یورو دولتی در سال‌های اخیر (به عنوان نمونه سال ۱۳۹۷، نرخ دلار ۴۲۰۰ و سال ۱۴۰۳ نیز ۵۷۰۰۰ تعیین شده است) اگر دارایی در گردش شرکت‌ها کمتر مساوی ۲۸۵۰۰۰ میلیون ریال [یا ۲۸.۸۵ میلیارد تومان] (معادل ۵ میلیون دلار) باشد، جزو شرکت‌ها با اندازه کوچک و اگر ۵۷۰۰۰۰ میلیون ریال (کمتر از ۱۰ میلیون دلار) و در نهایت اگر بیشتر از این مقادیر باشد (بزرگتر از ۱۰ میلیون دلار) باشد، جزو شرکت‌های بزرگ می‌باشد.

جدول ۲ - فراوانی مشاهدات سال - شرکت بر حسب اندازه شرکت در نمونه پژوهش

سطح اندازه	تعداد	درصد
کوچک	۱۲۹	٪ ۴۰
متوسط	۶۳	٪ ۱۹/۷
بزرگ	۱۲۹	٪ ۴۰
Missing	۱	٪ ۳

ملاحظه می‌شود که حدود ۴۰ درصد از مشاهدات سال - شرکت، شرکت‌هایی است که دارای اندازه کوچک و ۴۰ درصد آن‌ها دارای اندازه بزرگ و ۱۹/۷ درصد از آن‌ها دارای اندازه متوسط می‌باشد. حدود ۳ درصد از شرکت‌ها (یک مشاهده - یک شرکت) اندازه آن مشخص نیست.

به عنوان مثال، اندازه شرکت آبسال در طی سال‌های متعدد مشخص و تعیین شده است، بقیه شرکت‌ها نیز به همین صورت طبقه‌بندی شده است که از ارائه جزئیات مرتبط به طبقه‌بندی آن‌ها چشم‌پوشی شده است.

جدول ۳ - میانگین بازدهی پرتفوی، ریسک سیستمی و ارزش در معرض ریسک و اندازه شرکت

شرکت	میانگین بازده پرتفوی	میانگین ریسک سیستمی MES	SIZE	VAR
آبسال (ABSAL)	۰/۰۱۲	-۰/۰۰۰۳	۶۶۳	۰/۴۶۱
البرز دارو	-۰/۰۰۷	-۰/۰۰۷۵	۷۰۳۵	۰/۹۷۱
کاشی الوند	۰/۰۰۳۰۴	۰/۰۰۳۱۲	۶/۵۸۳	۰/۴۲۵
اما	-۰/۰۰۷۸۴	-۰/۰۰۷۲۸	۶/۷۴۴	۰/۸۹۷
امیرکبیر	۰/۰۰۲۶۴	۰/۰۰۳۳	۷/۰۶۸	۰/۶۹۸
سرامیک اردکان	-۰/۰۱۹۴	۰/۰۰۲	۶/۷۱۸	۱/۶۶۲
فرآورده‌های نسوز آذر	۰/۰۰۱۱	۰/۰۲۲	۶/۷۱۲	۰/۸۴۹
فبهنر	۰/۰۱۰۷	-۰/۰۰۰۱	۷/۱۳۵	۰/۵۵۴
بهنوش مازندران	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۰۴	۶/۹۵۷	۰/۲۶۱
نفت بهران	-۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۰۶	۷/۷۸۳	۰/۹۸۱
الکتریک خودرو شرق	۰/۰۰۲	-۰/۰۰۳	۶/۶۱۹	۰/۱۰۸
لبنیاتی پگاه	-۰/۰۰۰۸	-۰/۰۰۰۲	۶/۶۲۳	۰/۴۲۳
	-۰/۰۰۲	۰/۰۰۰۳	۶/۵۶۶	۰/۴۳۰
ایران خودرو	-۰/۰۲۹۵	-۰/۰۳۰۹	۸/۱۲۴	۰/۱۴۱
تراکتورسازی ایران	۰/۰۰۳	-۰/۰۰۱	۷/۲۶۴	۰/۵۹۷
قند اصفهان	۰/۰۰۸	۰/۰۰۸	۶/۵۸۱	۰/۸۷۰
پتروشیمی خارک	۰/۰۰۲۵	۰/۰۰۰۱	۷/۷۷۳	۱/۸۶۶
نیرومحرکه	۰/۰۰۹	۰/۰۱۲	۶/۹۹۳	۰/۳۲۱
لبنیاتی پاک	۰/۰۱۶	۰/۰۰۴	۷/۰۷۸	۰/۲۵۰
پارس مینو	۰/۰۳۲	۰/۰۲۴	۷/۰۶۹	۰/۵۲۲
نفت پارس	-۰/۰۱۲۵	-۰/۰۰۹	۷/۴۴۰	۰/۸۰۱
پارس سوییج	-۰/۰۰۰۲	-۰/۰۰۰۴	۶/۷۵۴	۰/۷۳۶
کاشی پارس	-۰/۰۰۲	۰/۰۰۱	۶/۵۷۰	۰/۷۹۳
فولاد مبارکه	-۰/۰۰۷	-۰/۰۰۶	۸/۷۴۱	۰/۸۷۷
کهنرام	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲۵	۶/۲۱۸	۰/۴۰۵

در نهایت باید به دنبال انتخاب پرتفویی باشیم که:

- به صورت ترکیبی حداقل MES و حداکثر بازدهی پرتفوی را داشته باشیم.
  - به صورت ترکیبی حداکثر/بهینه‌ترین اندازه شرکت و حداکثر بازدهی پرتفوی را داشته باشیم.
- این مسئله را با استفاده از مرز کارا در الگوریتم پیشنهادی پژوهش به شرح زیر به دست آورده‌ایم:

جدول ۴ - میانگین بازدهی پرتفوی، ریسک سیستمی و ارزش در معرض ریسک و اندازه شرکت بهینه

سال	وزن بهینه	بازده پرتفوی بهینه	اندازه شرکت بهینه	MES بهینه
۱۳۹۰	۰/۰۹	۰/۲۶۴	۸/۷۱	-۰/۰۰۱
۱۳۹۱	۰/۰۰۱	۰/۲۴۹	۸/۲۱	-۰/۰۰۶
۱۳۹۲	۰/۰۴	۱/۰۵	۸/۲۴	-۰/۰۰۸
۱۳۹۳	۰/۰۰۹	۰/۰۷۶	۸/۵۳	-۰/۱۳۸
۱۳۹۴	۰/۰۷۳	۰/۲۹۹	۸/۳۹	-۰/۰۲۸
۱۳۹۵	-	-	-	-
۱۳۹۶	۰/۱۵۹	۰/۰۳۸	۸/۰۲	-۰/۰۵۳
۱۳۹۷	۰/۱۳۲	۰/۰۴۲	۸/۰۶	-۰/۰۴۴
۱۳۹۸	۰/۰۱۶	۰/۰۰۳	۸/۱۶	-۰/۰۱۴
۱۳۹۹	۰/۰۰۱	۰/۰۰۵	۸/۲۳	-۰/۰۶۳
۱۴۰۰	۰/۰۴۲	۰/۰۴۸	۸/۳۶	۰
۱۴۰۱	۰/۰۲۷	۰/۰۳۲	۸/۲۸	۰
۱۴۰۲	۰/۰۰۸	۰/۷۴۶	۸/۳۱	۰

وزن بهینه سبد سهام در هر سال با توجه به ترکیب بهینه دوتایی (بازده پرتفوی، ریسک سیستمی) یا (بازده پرتفوی، اندازه شرکت) انتخاب شده است. ملاحظه می‌شود که سبد سهام در سال‌های ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ دارای بیشترین مقادیر برای وزن بهینه می‌باشد. این مسئله به دلیل رشد بازار بورس در طی سال‌های ۱۳۹۶-۱۳۹۹ بود، لذا تخصیص بخش عمده‌ای از دارایی‌ها توسط سرمایه‌گذاران، امر طبیعی بوده است زیرا بازار در این مدت زمانی روند صعودی داشته و بازدهی سالانه سهام مثبت بوده است.

#### سهام شرکت‌های بزرگ در پرتفوی بهینه

یافته‌ها نشان می‌دهد که شرکت‌های بزرگ، به‌طور میانگین، بیشترین وزن را در پرتفوی بهینه به خود اختصاص داده‌اند. این امر احتمالاً به دلیل نوسان کمتر بازده، ریسک سیستمی پایین‌تر و ثبات مالی بالاتر این شرکت‌هاست که آن‌ها را برای الگوریتم PSO گزینه‌های مطلوب‌تری ساخته است. این یافته با مطالعات فاما و فرنچ (۱۹۹۲) و

بنز (۱۹۸۱) نیز هم‌راستاست که نشان داده‌اند در شرایط ناپایدار بازار، شرکت‌های بزرگ به دلیل نقدشوندگی بیشتر و مقاومت ساختاری، نقش محافظتی در سبد سرمایه‌گذاری ایفا می‌کنند.

### سهام شرکت‌های متوسط و کوچک

در مقابل، شرکت‌های متوسط و کوچک، به‌ویژه در ترکیب‌هایی با وزن بالا از ریسک سیستمی، سهم کمتری در سبد سرمایه‌گذاری داشته‌اند. این گروه از شرکت‌ها علی‌رغم آنکه در برخی دوره‌ها بازده بالقوه بالاتری داشته‌اند، اما نوسانات قیمتی شدیدتر و حساسیت بیشتری نسبت به بحران‌های سیستمی نشان داده‌اند. این مسئله باعث شده الگوریتم PSO که همزمان دو هدف کاهش ریسک و افزایش بازده را دنبال می‌کند، در تخصیص به این شرکت‌ها با احتیاط بیشتری عمل کند. مشابه این نتایج در مطالعه ژانگ و همکاران<sup>۱</sup> در سال ۲۰۱۵ نیز دیده شده است که در مدل‌های هوشمند پرتفوی، دارایی‌های کوچک در حضور شوک‌های سیستمی وزن کمتری دریافت کرده‌اند.

### تحلیل ساختاری ترکیب پرتفوی

تحلیل آماری ترکیب سبد نشان می‌دهد که در اکثر دوره‌های بررسی شده، بیش از ۵۵٪ از کل وزن پرتفوی به شرکت‌های بزرگ اختصاص یافته، در حالی که سهم شرکت‌های کوچک در بهترین حالت از ۲۰٪ تجاوز نکرده است. این الگو نشان می‌دهد که ترکیب پرتفوی پیشنهادی مدل، از نظر اندازه شرکت، ماهیتی محافظه‌کارانه دارد. این نتایج نه تنها تأییدی بر ترجیحات الگوریتم در مواجهه با ریسک سیستمی است، بلکه حاکی از آن است که اندازه شرکت به‌عنوان عاملی تعیین‌کننده در پایداری ساختار پرتفوی عمل می‌کند. این یافته می‌تواند برای سرمایه‌گذاران راهنمایی در طراحی سبدهای کم‌ریسک‌تر در شرایط نوسان‌دار بازار باشد.

### بحث و نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش نشان داده شده است بیشترین وزن و سهم پرتفوی به شرکت‌های ایران خودرو و فولاد مبارکه اختصاص یافته است. این نشان دهنده آن است علی‌رغم اینکه این دو شرکت میزان بازدهی ساانه سهام آن‌ها نسبت به سایر شرکت‌ها، پایین‌تر می‌باشد ولی با این وجود، سهم عمده‌ای (مجموع ۵۸/۸) از سبد سهام را به خودشان اختصاص دادند. این بدان معناست که تشکیل سبد سهام منوط به ارزش شرکت، میزان نقدشوندگی و حجم معاملاتی بالاتر است. لذا می‌توان گفت که دارایی‌ها و حجم معاملاتی شرکت، متغیر کلیدی در سرمایه‌گذاری در بورس اوراق بهادار تهران است. همچنین نشان داده شد که شرکت قند اصفهان بازدهی پرتفوی و ریسک سیستمی (زیان مورد انتظار نهایی) بالاتری نسبت به سایرین دارد. همچنین مقدار VAR برای شرکت‌های پتروشیمی خارک، نفت بهران و البرز دارو نسبت به سایرین بالاتر می‌باشد.

<sup>۱</sup>. Zhang et al

با توجه به خروجی‌ها، می‌توان گفت که هر دو متغیر ریسک سیستمی و اندازه شرکت بر بهینه‌سازی تأثیرگذار می‌باشد ولی با این وجود ریسک سیستمی در بهینه‌سازی سبد سهام، متغیر مهم‌تری می‌باشد چون مرز کارایی آن، به مقادیر بازدهی پرتفوی نزدیک‌تر می‌باشد. لذا مسئله بهینه‌سازی سبد سهام را بهتر حل می‌کند. زیرا در حالتی که یک سبد سهام انتخاب می‌شود ریسک آن بر اساس اثر متقابل سهام انتخاب شده روی هم محاسبه می‌شود و به عبارتی بر اساس کواریانس آن‌ها ریسک سبد انتخاب می‌شود. دو عنصر مهم در مقوله سرمایه‌گذاری، ریسک و بازده می‌باشد. سرمایه‌گذاران همواره تمایل دارند تا در سطح معینی از ریسک، بازدهی خود را افزایش داده یا در سطح معینی از بازده، ریسک خود را کاهش دهند. لذا با ارائه مدلی مشتکل از ترکیب ریسک سیستمی و میانگین بازدهی پرتفوی در زمینه بهینه‌سازی سبد سهام می‌توان نشان داد که با تشکیل سبدهای دارای مالی این امکان به وجود می‌آید که در سطح معینی از بازده ریسک را کاهش داد. این امکان به دلیل نبود همبستگی کامل بین بازده دارایی‌های مالی مختلف به وجود می‌آید، لذا سرمایه‌گذاران تمایل دارند تا با شناخت و انتخاب ترکیب بهینه دارایی‌های مالی در سبد سهام خود، بازده مورد انتظار خود را حداکثر و ریسک خود را حداقل نمایند. یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که در ساختار پرتفوی بهینه‌ای که با استفاده از الگوریتم PSO و با لحاظ متغیرهای ریسک سیستمی و اندازه شرکت شکل گرفته، شرکت‌های بزرگ‌تر سهم غالبی را به خود اختصاص داده‌اند. این الگو در تمام دوره‌های مورد بررسی تکرار شده و بیانگر آن است که الگوریتم به‌صورت طبیعی در تخصیص دارایی‌ها، به سمت شرکت‌هایی گرایش دارد که دارای اندازه بزرگ‌تر، ثبات عملکردی بیشتر و ریسک سیستمی پایین‌تری هستند.

این نتیجه با مبانی نظری کلاسیک نیز هم‌خوانی دارد. در نظریه‌های مالی همچون مدل سه‌عاملی فاما و فرنچ (۱۹۹۲)، اندازه شرکت به‌عنوان یک عامل ساختاری در تعیین بازده آتی در نظر گرفته شده است. از سوی دیگر، مطالعاتی نظیر بنز و ژانگ و همکاران نیز تأکید دارند که شرکت‌های کوچک‌تر، گرچه از پتانسیل بازدهی بالاتری برخوردارند، اما در مواجهه با ریسک‌های کلان اقتصادی یا سیستمی، آسیب‌پذیرترند و کمتر در سبدهای با رویکرد محافظه‌کارانه گنجانده می‌شوند.

از منظر کاربردی، این یافته‌ها می‌تواند راهنمایی مؤثر برای مدیران سبد سرمایه‌گذاری، تحلیل‌گران بازار سرمایه و سرمایه‌گذاران نهادی فراهم آورد. در شرایطی که ریسک‌های سیستمی افزایش می‌یابند—مانند دوران بی‌ثباتی اقتصادی یا بحران‌های بازار جهانی—گرایش به استفاده از شرکت‌های بزرگ‌تر می‌تواند راهکاری برای تثبیت ساختار پرتفوی و کاهش نوسانات باشد. این الگو به‌ویژه برای بازارهای نوظهور همچون بورس تهران، که ساختار آسیب‌پذیرتری نسبت به بازارهای توسعه‌یافته دارند، از اهمیت بیشتری برخوردار است.

از منظر پژوهشی، تحلیل حاضر افق جدیدی برای مطالعات آینده باز می‌کند. پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های بعدی:

- نقش متغیرهای مکمل مانند نقدشوندگی، اهرم مالی یا بتای تاریخی نیز در کنار اندازه شرکت تحلیل شود.
- اثر ترکیب اندازه شرکت و ریسک سیستمی در دوره‌های بحران مالی به‌صورت پویا بررسی گردد.

در مجموع، این مقاله نشان داد که ویژگی‌های بنیادی شرکت‌ها، به‌ویژه اندازه آن‌ها، نقش تعیین‌کننده‌ای در عملکرد مدل‌های بهینه‌سازی پرتفوی مبتنی بر هوش محاسباتی دارند. این نکته می‌تواند نه تنها در سیاست‌گذاری‌های سطح کلان مالی، بلکه در تصمیم‌گیری روزمره سرمایه‌گذاران نیز مؤثر واقع شود.

در فرآیند پژوهش علمی، مجموعه شرایط و مواردی وجود دارد که خارج از کنترل محقق می‌باشد، ولی به طور بالقوه می‌تواند نتایج پژوهش را تحت تأثیر قرار دهد. برخی از این محدودیت‌ها ذاتی و برخی ناشی از شرایط محیطی و محدودیت‌های زمانی پژوهش می‌باشد.

ضرورت دارد نتایج پژوهش علمی، با مدنظر قرار دادن محدودیت‌های موجود مورد تحلیل و بررسی قرار گیرد:

- داده‌های استخراجی شده از صورت‌های مالی شرکت‌ها، از بابت تورم تعدیل نشده است. در صورت تعدیل اطلاعات مذکور، ممکن است نتایج متفاوتی از نتایج فعلی حاصل شود.
- ناقص بودن اطلاعات مربوط به صورت‌های مالی برخی از شرکت‌های پذیرفته شده در بورس، به دلایلی نظیر مخدوش بودن فایل‌های موجود آنها و عدم امکان دسترسی به اطلاعات مذکور.
- از آنجایی که در این پژوهش از روش حذف سیستماتیک برای نمونه‌گیری استفاده شد و برخی از صنایع از قبیل سرمایه‌گذاری، لیزینگ، و بیمه به علت ماهیت خاص فعالیت آن‌ها از جامعه آماری کنار گذاشته شده‌اند. لذا نتایج به دست آمده قابلیت تعمیم به تمامی صنایع را ندارد.
- با توجه به اینکه قلمرو زمانی پژوهش سال‌های ۱۳۹۰-۱۴۰۲ بوده است باید در تعمیم نتایج به دوره‌های بعد از آن، جنبه احتیاط رعایت گردد.
- با توجه به اینکه برای اندازه‌گیری ریسک سیستمی شرکت شاخص‌های متعددی وجود دارد که در این تحقیق از متوسط ارزش زبان نهایی به عنوان یک محدودیت به شمار می‌آید.

### فهرست منابع

امیری، میثم؛ ابراهیمی سروعلیا، محمدحسن؛ هاشمی، هما (۱۳۹۹). بررسی عملکرد الگوریتم GRASP درانتخاب پرتفوی بهینه (با لحاظ محدودیت کاردینالیته). مجله اقتصاد مالی، دوره ۱۴، شماره ۵۱، صص ۱۴۷-۱۷۲.

حاتمی، ل.، محمدی، س.، و عسگری، ن. (۱۴۰۰). کاربرد الگوریتم‌های فراابتکاری در بهینه‌سازی پرتفوی با در نظر گرفتن ریسک سیستماتیک. فصلنامه مدیریت مالی و سرمایه‌گذاری، ۹(۳)، ۴۵-۶۲

نوربخش، ح.، طاهری، م.، و کریمی، ع. (۱۳۹۹). بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری با استفاده از الگوریتم PSO و بررسی عملکرد آن در مقایسه با الگوریتم ژنتیک. پژوهش‌نامه مهندسی مالی و مدیریت سرمایه‌گذاری، ۶(۲)، ۲۷-۴۴

Acharya, V. V., Pedersen, L. H., Philippon, T., & Richardson, M. (2010). Measuring systemic risk. Federal Reserve Bank of Cleveland, Working Paper No. 1002.

Adrian, T., & Brunnermeier, M. K. (2016). CoVaR. American Economic Review, 106(7), 1705-1741.

- Amiri, M., Ebrahimi Sarouolia, M. H., & Hashemi, H. (2020). Evaluating the performance of the GRASP algorithm in optimal portfolio selection (considering cardinality constraints). *Financial Economics*, 14(51), 147–172.
- Banz, R. (1981). The relationship between return and market value of common stocks. *Journal of Financial Economics*, 9(1), 3–18.
- Brownlees, C. T., & Engle, R. F. (2017). SRISK: A conditional capital shortfall measure of systemic risk. *The Review of Financial Studies*, 30(1), 48–79.
- Fama, E. F., & French, K. R. (1992). The cross-section of expected stock returns. *Journal of Finance*, 47(2), 427–465.
- Gilli, M., & Schumann, E. (2010). Heuristic optimisation in financial modelling. *Annals of Operations Research*, 193(1), 129–158.
- Hatami, L., Mohammadi, S., & Asgari, N. (2021). Application of metaheuristic algorithms in portfolio optimization considering systematic risk. *Financial Management and Investment Quarterly*, 9(3), 45–62.
- Kennedy, J., & Eberhart, R. (1995). Particle swarm optimization. *Proceedings of IEEE International Conference on Neural Networks*, 4, 1942–1948.
- Markowitz, H. M. (1952). "Portfolio Selection." *Journal of Finance*, 7(1), 77–91.
- Noorbakhsh, H., Taheri, M., & Karimi, A. (2020). Portfolio optimization using particle swarm optimization (PSO) algorithm and performance comparison with genetic algorithm. *Journal of Financial Engineering and Investment Management*, 6(2), 27–44.
- Thakur, R. M., & Hens, T. (2013). Multi-objective portfolio optimization using particle swarm optimization algorithm. *International Journal of Economics and Finance*, 5(12), 1–12.
- Zhang, W., Xu, Y., & Wang, S. (2015). Robust portfolio optimization using evolutionary algorithms. *Expert Systems with Applications*, 42(8), 3856–3864.

## **Analyzing the Optimal Portfolio Structure across Firms of Different Sizes: Evidence from the PSO Model in the Tehran Stock Exchange**

**Zeinab Gholipour Souteh**

PhD Student in Financial Engineering, Department of Finance and Accounting, Qom Branch, Islamic Azad University, Qom, Iran  
zeinab.gholipour@iau.ir

**Reza Gholami Jamkarani**

Associate Professor, Department of Finance and Accounting, Qom Branch, Islamic Azad University, Qom, Iran  
"Corresponding Author"  
reza.gholami@iau.ac.ir

**Seyyed Kazem Chavoshi**

Associate Professor, Faculty of Management, Kharazmi University, Tehran, Iran  
Chavoshi@khu.ac.ir

**Mojgan Safa**

Associate Professor, Department of Finance and Accounting, Qom Branch, Islamic Azad University, Qom, Iran  
dr.mojgansafa@iau.ac.ir

### **Abstract**

The aim of this study is to analyze the structural characteristics of the optimal portfolio, with a specific focus on the role of firm size in asset allocation. To this end, we utilize the outcomes of a portfolio optimization model based on the Particle Swarm Optimization (PSO) metaheuristic algorithm. The model incorporates two key variables—firm size and systemic risk—and is applied to data from 25 selected companies listed on the Tehran Stock Exchange over the period 2011 to 2023. Companies were selected using a systematic elimination sampling method.

The findings reveal that the proposed portfolio structure is significantly influenced by firm size, with the model tending to allocate greater weight to larger and less risky firms. These results indicate that larger companies play a more stabilizing role in portfolio composition under conditions of market volatility and systemic risk. The presented analysis contributes to a deeper understanding of the performance of metaheuristic algorithms in financial decision-making and offers a foundation for improving asset allocation policies and portfolio design in emerging markets such as Iran.

**Keywords:** Optimal Portfolio, PSO Model, Tehran Stock Exchange, Firm Size, Systemic Risk