



کنترل ریسک پرتفوی با استفاده از الگوریتم ازدحام ذرات

نسیم محمد حسنی^۱

نرگس یزدانپان*^۲

جعفر جمالی^۳

مریم تیموریان^۴

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۴/۱۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۹/۱۰

چکیده

در سالهای اخیر، تحقیق و توسعه بازارهای مالی ضروری است. وظیفه اصلی برای توسعه یافتگی سیستم مالی، توسعه بازار اوراق بهادار است که می تواند توسعه سیستم مالی را همراهی کند. در این تحقیق، از الگوریتم ازدحام ذرات بهبود یافته برای بهینه سازی کنترل ریسک در پرتفوی استفاده شده است. از داده های سه ماهه دوم سال ۱۴۰۲ برای ۵۰ شرکت فعال بورس اوراق بهادار تهران و مقادیر ارزش بازار، قیمت ابتدا، قیمت انتها و بازدهی در ۱۰ تاریخ متفاوت استفاده شده است. مقدار نرخ بازده بدون ریسک در سال ۱۴۰۲، ۲۳٪ است. معیار شارپ برای بازدهی سهم، ۲۳ شرکت انتخاب شده ۱۷٫۶۹ است در حالیکه برای همه شرکت ها ۱۱٫۵۶ می باشد. معیار ترینر برای بازدهی سهم، ۲۳ شرکت انتخاب شده ۰٫۱۵ و برای ۵۰ شرکت فعال ۰٫۱۲ است. معیار جنسن برای بازدهی سهم، ۲۳ شرکت انتخابی و ۵۰ شرکت فعال یکسان و برابر با ۰٫۲۲ است. در تفسیر مالی، این پژوهش تلاش کرده تا از الگوریتم بهینه سازی ازدحام ذرات برای کنترل ریسک پرتفوی در بورس اوراق بهادار تهران استفاده کند. این الگوریتم به سرمایه گذاران امکان می دهد که با انتخاب پرتفوی بهینه، ریسک سرمایه گذاری خود را کاهش و در عین حال بازدهی آن را بیشینه کنند. این پژوهش نشان می دهد که با کاهش و کنترل ریسک ها و با به کارگیری مدل های پیشرفته ای مانند این الگوریتم، می توان به تخصیص بهینه سرمایه در شرایط ناپایدار بازار بورس دست یافت.

واژگان کلیدی: کنترل ریسک، پرتفوی، الگوریتم ازدحام ذرات، بازار اوراق بهادار

^۱ دانشجوی دکتری مهندسی مالی، گروه مدیریت مالی، دانشکده مدیریت و اقتصاد، واحد رودهن، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. Hasani7070@gmail.com

^۲ استاد یار گروه مدیریت مالی، گروه مدیریت مالی، دانشکده مدیریت و اقتصاد، واحد رودهن، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. (نویسنده مسئول) nargesyazdanian@gmail.com

^۳ استاد یار گروه مدیریت مالی، دانشکده مدیریت و اقتصاد، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. jafar.jamali@gmail.com

^۴ استاد یار گروه آمار و ریاضی، واحد رودهن، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. Teimourian_mary@yahoo.com

مقدمه

بازارهای مالی پس اندازه‌های جامعه را که توسط موسسات مربوطه و روشهای معین جمع آوری شده، به صورت استقراسی در اختیار سایرین قرار می‌دهند. واضح است افزایش کارایی این بازارها با بهبود روند تخصیص سرمایه ارتباط مستقیم داشته و به دنبال آن رشد اقتصادی در کشور صورت خواهد گرفت (تنگ و همکاران، ۲۰۱۹). بورس اوراق بهادار از سویی مرکز جمع‌آوری پس‌اندازها و نقدینگی بخش خصوصی به منظور تامین مالی پروژه‌های سرمایه‌گذاری بلند مدت است و از سویی دیگر مکان رسمی و مطمئنی است که دارندگان پس‌اندازهای راكد می‌توانند در این محل مناسب و ایمن، وجوه مازاد خود را برای سرمایه‌گذاری در شرکت‌ها به کار بیندازند (دینگ^۱ و همکاران، ۲۰۱۸). استفاده از هجینگ برای انتقال ریسک‌های بازار مالی عمدتاً به این معنی است که سرمایه‌گذاران از مشتقات مالی برای انجام مصون‌سازی استفاده می‌کنند و با قفل کردن هزینه‌ها سودهای مورد انتظار را محقق می‌کنند. در شرایط ایده آل که قیمت آتی و قیمت لحظه‌ای روند یکسانی دارند، دستیابی به ریسک آسان است، اما در عمل دستیابی به شرایط ایده آل دشوار است (زو^۲ و همکاران، ۲۰۱۹).

با توجه به اصل ریسک‌گریزی سرمایه‌گذاران، واضح است که افراد بیشتر از آن که به دنبال بازده باشند، ریسک‌گریزند. به عبارت دیگر، ریسک متقارن نبوده و شدیداً به سمت چپ تمایل دارد. بدین ترتیب ریسک، چولگی دارد و این در حالی است که واریانس، تنها انحرافات از میانگین بازده‌ها را در توزیع‌های متقارن بهتر از توزیع‌های چوله، شناسایی می‌کند. به همین دلیل، تئوری فرامردن پرتفوی، آن ریسکی که باید به اهداف خاص سرمایه‌گذاران

مرتبط باشد را شناسایی کرده و هر پیامد یا نتیجه‌ای که بالاتر و بهتر از این هدف باشد را به عنوان ریسک در نظر نمی‌گیرد. بنابراین معیار ریسک نامطلوب در تئوری فرامردن پرتفوی، بین نوسانات مطلوب (مساعد) و نامطلوب (نامساعد)، یک وجه تمایز شفاف، ایجاد می‌کند. در تئوری فرامردن پرتفوی، تنها نوسانات پایین‌تر از نرخ بازده هدف سرمایه‌گذار (چپ)، مشمول ریسک هستند و این در حالی است که تمامی نوسانات بالاتر از این هدف (راست)، در شرایط عدم اطمینان، به عنوان فرصت‌های سرمایه‌گذاری و به منظور دستیابی به نرخ بازده مطلوب به حساب می‌آیند. به نظر می‌رسد که اساساً معیارهای ریسک تعدیلی (منفی) نسبت به تئوری سنتی پرتفوی، معیارهای پیشرفته‌تر و کاملتری باشند. مبدأ زایش این تقابل میان دو رویکرد مزبور، از زمانی آغاز شد که روم^۳ و فرگوسن^۴ (۱۹۹۳) و کاپلان^۵ و سیگل^۶ (۱۹۹۴) به این موضوع پرداختند.

به طور کلی در مورد ریسک دو دیدگاه مجزا وجود دارد: در دیدگاه اول هر گونه نوسان (منفی یا مثبت) احتمالی بازده اقتصادی در آینده به عنوان ریسک محسوب می‌شود و با استفاده از انحراف معیار حول میانگین به دست می‌آید؛ در حالیکه در دیدگاه دوم مفهوم ریسک تغییر می‌کند و به عنوان انحرافات نامطلوب و نامساعد نسبت به میانگین یا نرخ بازدهی هدف تعریف می‌شود به گونه‌ای که نوسانات بالاتر از میانگین (یا نرخ بازدهی هدف) مساعد و نوسانات پایین‌تر از میانگین (یا نرخ بازدهی هدف) نامطلوب یا نامساعد تلقی می‌شود. ریسک نامطلوب به عنوان شاخص اندازه‌گیری ریسک، تنها نوسانات منفی بازدهی اقتصادی در آینده را در محاسبه ریسک به کار می‌گیرد و به دو شیوه "تیم‌واریانس زیر نرخ میانگین" و "تیم‌واریانس زیر نرخ بازده هدف" تعریف و محاسبه می‌گردد. شاخص‌های شارپ،

⁴ Fergusen⁵ Kaplan⁶ Siegel¹ Ding² Xu³ Rom

بازده مورد انتظار پرتفوی را افزایش دهد (راعی و علی بیگی، ۱۳۸۹).

از آنجایی که عدم اطمینان بالایی بر بورس اوراق بهادار حاکم است و همچنین با در نظر داشتن گرایش ها و ترجیحات مختلف سرمایه گذاران و در کنار آنها، وجود عملکرد موفق الگوریتم ژنتیک در مسائل بهینه سازی، این الگوریتم می تواند روشی مناسب در اختیار سرمایه گذاران قرار دهد تا به انتخاب سبد سهام بهینه دست یابد. لذا هدف اصلی، انتخاب و بهینه سازی سبد سهام با استفاده از این الگوریتم فراابتکاری می باشد (صیادی و همکاران، ۱۳۹۴). تحقیق در مورد تجزیه و تحلیل ریسک در حوزه مالی نقش مهمی در هدایت پرسنل درگیر در این کار دارد. مطالعه مدیریت ریسک همیشه تحقیقی بوده است که بسیاری از محققان به آن بسیار توجه می کنند. با توسعه سریع صنعت مالی، چنین تحقیقاتی هرچه بیشتر غنی و بهبود می یابد. برای تحقیق و کاربرد الگوریتم PSO ، تاکنون، دستاوردهای تحقیقات علمی آن زیاد نیست، اما اعتقاد بر این است که ارزش تحقیقات علمی آن به تدریج توسط دانشمندان بیشتری شناخته می شود. بنابراین، در این مطالعه، کاربرد الگوریتم PSO در ریسک مالی به طور عمده مورد مطالعه قرار می گیرد، امید است که کاربرد آن غنی شود و به تحقیقات آینده کمک کند. سوال اصلی تحقیق حاضر این است که کنترل ریسک پرتفوی با استفاده از الگوریتم ازدحام ذرات به چه صورت است؟

ساختار این پژوهش شامل ادبیات نظری، پیشینه، و روش شناسی تحقیق است. در این پژوهش، ابتدا به بررسی اهمیت توسعه بازارهای مالی و نقش بورس اوراق بهادار تهران در تامین مالی و هدایت سرمایه ها پرداخته شده است. سپس، روش تحقیق توضیح داده شده که بر اساس الگوریتم بهینه سازی ازدحام ذرات، مدل پرتفوی با معیارهای کنترل ریسک و بیشینه سازی بازدهی پیاده سازی شده است. این

جنس، ترینر منطبق بر دیدگاه اول و شاخص های سورتینو، پتانسیل مطلوب، امگا، جنس تعدیل شده، ترینر تعدیل شده، منطبق بر دیدگاه دوم، معیارهای مناسب برای ارزیابی عملکرد می باشند. تحقیقات انجام شده نشان داده است که اگر توزیع بازدهی نرمال یا متقارن باشد، نسبت های دسته اول و دوم رتبه بندی یکسانی را از آلترناتیوهای سرمایه گذاری (سرمایه گذاری جایگزین، دارایی هایی غیر از سهام سرمایه، وجه نقد و اوراق بهادار) ارائه خواهند کرد و پرتفوی بهینه مشابهی را معرفی می کنند ولی در صورتیکه توزیع بازدهی متقارن نباشد، ممکن است رتبه بندی ها یکسان نباشند.

بازار بورس اوراق بهادار مکانی است که در آن سهام شرکت هایی که در زمینه های مختلف تولیدی، صنعتی، خدماتی و سرمایه گذاری فعالیت می کنند، داد و ستد می شوند. بحث سرمایه گذاری در اوراق بهادار و تحلیل آن را می توان در دو چارچوب کلی و متفاوت تقسیم بندی نمود. بعد اول آن شامل تجزیه و تحلیل اوراق بهادار است که در برگیرنده تخمین مزایای تک تک سرمایه گذاری ها به طور جداگانه و انفرادی با استفاده از ابزارها و روش های تحلیل بنیادی و تکنیکی است و بعد دوم آن مربوط به مدیریت پرتفوی است که شامل تجزیه و تحلیل ترکیب سرمایه گذاری ها و مدیریت نگهداری مجموعه ای از سرمایه گذاری ها می باشد. نظریه نوین پرتفوی که اولین بار توسط مارکویتز مطرح شد، پارادایم سازمان یافته ای را به سوی تشکیل پرتفوی با بالاترین نرخ بازده مورد انتظار در سطح معینی از ریسک (خصوصیت کلیه پرتفویهای موجود در مجموعه کارا) ایجاد نمود. بنابر نظریه مارکویتز، شخص برای یک سطح معینی از بازده، می تواند با حداقل کردن ریسک سرمایه گذاری، واریانس پرتفوی را حداقل کند یا در سطح معینی از ریسک که برای سرمایه گذار قابل تحمل باشد، شخص می تواند

ساختار به گونه‌ای تنظیم شده که از تعریف مشکل شروع شده و تا ارائه راهکارهای علمی برای حل آن ادامه دارد.

مبانی نظری

پس از دهه ۱۹۹۰، جهانی سازی اقتصادی ریسک بازار مالی جهانی را پیچیده تر و نظارت بر آن را دشوارتر کرد (تنگ^۱ و همکاران، ۲۰۱۹). به عنوان بخشی غیرقابل تعویض در سیستم مالی، توسعه بازار اوراق بهادار به حمایت قوی نیاز دارد. یک روش بسیار موثر برای ریسک گریزی که ریسک سرمایه گذاران را بسیار کاهش می دهد و به توسعه مداوم بازار مالی کمک می کند. صرف نظر از سرمایه گذاری فردی یا توسعه کلی بازار، تحقیقات در مورد نمونه کارهای سرمایه گذاری از اهمیت بالایی برخوردار است (گو و هو^۲، ۲۰۱۸).

در فرایند استاندارد، انتخاب پرتفوی با تعیین توان ریسک پذیری^۳، محدودیت های سرمایه گذاری^۴ و اهداف^۵، مقادیر بهینه دارایی ها طبق الگوی استاندارد میانگین-واریانس^۶ قابل تعیین بود. لیکن طی نمودن فرایند مذکور توسط افراد انسانی ناممکن است چراکه انسان در معرض تورش های رفتاری^۷ است. در حوزه تورش های احساسی مطالعات تجربی فراوانی انجام شده است. به عنوان مثال، کانمن و تورسکی (۱۹۹۲) نشان دادند که انسان ها در مواجهه با سود^۸، ریسک گریز^۹ اما در مواجهه با زیان^{۱۰}، ریسک پذیر^{۱۱} هستند (که به آن ریسک پذیری نامتقارن^{۱۲} گفته میشود). همچنین برخی افراد، احساس

ناگوارتری نسبت به زیان در مقایسه با همان اندازه سود دارند.

پارادایم غالب در تئوری های مالی مبتنی بر حداکثرسازی مطلوبیت انتظاری و ریسک گریزی است در حالیکه مطالعات تجربی از دنیای واقعی هجمه های فراوانی را در سال های اخیر به تئوری های مدرن مالی و فرض انسان عقلایی وارد کرده است. از سویی دیگر بطور سنتی شاخص هایی همچون انحراف معیار به عنوان شاخص ارزیابی ریسک دارایی های ریسکی مورد بررسی قرار می گرفت، حال آنکه لحاظ نمودن شاخص های مدرن سنجش ریسک، از جمله نیم انحراف معیار می تواند موجب بهبود پرتفوی انتخاب شده و کارایی بیشتر پرتفوی شود. با مروری بر شاخص های سنتی و مدرن سنجش ریسک در می یابیم که در تئوری مدرن پرتفوی، ریسک به عنوان تغییر پذیری کل بازده ها حول میانگین بازده تعریف و با استفاده از معیار انحراف معیار، محاسبه می شود. در واقع، تئوری مدرن پرتفوی، در شرایط عدم اطمینان ها (مساعده^{۱۳} و نامساعد^{۱۴}) به لحاظ توزیع انحرافات در معیار واریانس و در نتیجه انحراف معیار، برای تمامی انحرافات مثبت و منفی (به عنوان ریسک) وزن های برابر قایل می شود. به لحاظ آماری، معیاری که برای سنجش ریسک، مورد استفاده قرار میگیرد، انحراف معیار است که به عنوان معیار ریسک متقارن، یاد می شود. این مسئله در حالی است که در بازارهای پر رونق، سرمایه گذاران با توجه به اهداف کوتاه مدت، تا حد امکان به دنبال نوسانات مساعد بوده و تنها

⁸ Gain

⁹ Risk-averse

¹⁰ Loss

¹¹ Risk-seeking

¹² Asymmetric Risk-taking Behavior

¹³ Upside Risk

¹⁴ Downside Risk

¹ Tang

² Gu & Hao

³ Risk Tolerance

⁴ Constraints

⁵ Financial Goals

⁶ Mean-variance Optimization

⁷ Behavioral Biases

نوسانات نامساعد را به عنوان ریسک حاصل از سرمایه گذاری شناسایی می کنند.

بعد از تشکیل بورس های اوراق بهادار به علت ضرورت و اهمیت نقش آن در اقتصاد و رفاه جامعه، پژوهش ها و مطالعات مختلف و گسترده های با رویکردهای متفاوتی برای بهبود (عملکرد و افزایش کارایی این سازمان صورت گرفته است. در ابتدا شارپ (۴۲۵،۱۹۶۴ مدیریت علمی سبدهای مالی را پایه گذاری و ضریب حساسیت بتا را که نوسانات نرخ بازده هر سهام را در مقایسه با نوسانات نرخ بازده بازار نشان می دهد، معرفی نمود. با توجه به تحقیقات شارپ و سایرین، در چند سال اخیر از ضریب بتا به عنوان معیاری برای سنجش ریسک استفاده شده است. مسئله انتخاب سبد سهام، برای اولین بار با هدف رسیدن به پاسخی که حداقل دو هدف متضاد یعنی بازده بیشتر و ریسک کمتر را دنبال کند توسط مارکوویتز تحت عنوان مدل میانگین-واریانس ارائه شد. بعد از مارکوویتز تلاشهای زیادی در جهت ارتقاء دادن این مدل صورت گرفت. کوتو و یامازاکی (۵۱۹،۱۹۹۱) مدل میانگین انحراف مطلق (MAD)^۱ را برای بهینه سازی سبد سهام را ارائه دادند که به یک برنامه ریزی خطی منجر می شد. آنها اثبات کردند که این مدل خطی می تواند بر دشواری های مدل درجه دوم ریسک فائق آید و در عین حال مزایای آن را نیز حفظ کند. لازم به ذکر است بخشی از تلاشها در جهت اصلاح مدل مربوط به خود مارکوویتز است که در پژوهشی عنوان می کند: "تحلیلهای مبتنی بر نیم واریانس نسبت به آنهایی که به واریانس متکی هستند، سبدهای بهتری ایجاد می کنند" (مارکوویتز، ۱۹۹۵).

امروزه با رشد و تغییرات روز افزون بازارهای مالی در کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه و با توجه به عملکرد غیر قابل پیش بینی سرمایه گذاران راه حل های ریاضی محض برای حل اینگونه مسائل کافی نیستند و لذا برای حل آنها، الگوریتم های ابتکاری مورد توجه قرار گرفتند. الگوریتم های تکاملی، روشهای بهینه سازی تکاملی هستند که بر روی یک جمعیت یا به عبارت دیگر بر روی یک مجموعه جواب کار می کنند و در نهایت با توجه به تابع هدف مسئله، به جواب بهینه دست پیدا می کنند. اولین ایده در هوش جمعی ذرات که بر اساس یک مدل روانشناسی از رفتارها، یادگیری ها و تعاملات اجتماعی است توسط کندی و ابرهات با عنوان (PSO)^۲ مطرح شد (۱۹۹۷، ۳۰۳). (۱۹۹۵، ۳۹). الگوریتم های فراابتکاری دیگری مثل کلونی مورچه ها (ACO)^۳ (کانگ و همکاران، ۲۰۱۰، ۲۳۸). جستجوی تابو^۴. الگوریتم ژنتیک (GA)^۵ (لوراسچی و همکاران، ۱۹۹۵، ۳۸۴). شبکه های عصبی (NN)^۶ (آمون و همکاران، ۱۹۹۳، ۵۹۷) و سخت سازی شبیه سازی شده^۷ (SA) برای حل مسائل بهینه سازی سبد سهام پیشنهاد شد. اولین بار دتنگ و لین (۲۰۱۰، ۲۳۸) کلونی مورچه ها را برای حل مسئله واریانس متوسط مارکوویتز یا محدودیت های عدد صحیح ارائه دادند. آنها نشان دادند که ACO در بهینه سازی سبد سهام برای سرمایه گذاری با ریسک پایین، موثر و قوی است. فریناس و دیگران (۲۰۰۷، ۲۱۵۵) شبکه های عصبی را برای پیش بینی یک مدل بهینه سازی تیم واریانس سبد سهام بکار بردند و نسبت به روش های ریاضی ۲۹۲٪ بازده بیشتری به ازای سطوح یکسانی از ریسک بدست آوردند. اوریاخی (۲۰۱۱، ۵۳۸) نشان داد که الگوریتم ژنتیک، جستجوی تایو و جستجوی سازی شبیه

^۵ Genetic Algorithm^۶ Neural Networks^۷ Simulated Annealing^۱ Mean Absolute Deviation Model^۲ Particle Swarm Optimization^۳ Ants Colony Optimization^۴ Tabu Search

سازی شده، می توانند مرز کارا را برای مسئله بهینه سازی با محدودیت عدد صحیح رد یک زمان قابل قبول محاسبه کنند. کورا (۲۰۰۹، ۲۳۹۶) مدل میانگین واریانس مارکویتز را با در نظر گرفتن محدودیت عدد صحیح با الگوریتم ازدحام ذرات حل کرد و مرز کارا را به دست آورد. او نتایج این الگوریتم را با الگوریتم ژنتیک، جستجوی تابو و سخت سازی شبیه سازی شده مقایسه کرد و نشان داد در سرمایه گذاری با ریسک پایین، روش PSO نسبت به سایر روشها کارآمدتر عمل می کند.

روش تحقیق

در این تحقیق، از الگوریتم ازدحام ذرات بهبود یافته برای بهینه سازی کنترل ریسک در پرتفوی استفاده شده است. در این پژوهش، از داده های سه ماهه دوم سال ۱۴۰۲ برای ۵۰ شرکت فعال بورس اوراق بهادار تهران استفاده شده است. در این پژوهش به منظور بهینه سازی و کنترل بهتر ریسک بازارهای مالی، با توجه به نوسانات درجه انحراف در شاخص کنترل ریسک و انحراف مطلق منفی، یک مدل سبد با بهبود تابع هزینه تراکنش معمولی بر اساس $CVaR$ ایجاد شده و الگوریتم بهینه سازی ازدحام ذرات بهبود یافته ($BPSO$) برای حل این مدل به منظور کنترل و بهینه سازی ریسک بازار مالی ارائه می شود. یکی از روش های شناخته شده برای اندازه گیری، پیش بینی و مدیریت ریسک، ارزش در معرض ریسک ($Value at Risk$) می باشد که در سال های اخیر مورد توجه و استقبال گسترده نهادهای مالی، بانک ها و مدیران بازار سرمایه کشورهای مختلف قرار گرفته است.

ارزش در معرض ریسک، حداکثر زیان پرتفوی را در یک دوره زمانی مشخص کرده و سطح اطمینان از قبل تعیین شده، با بیانی کمی را ارائه می دهد. به بیان دیگر، ارزش در معرض ریسک، مبلغی (درصدی) از ارزش پرتفوی را که

انتظار می رود ظرف یک دوره زمانی مشخص و با میزان احتمال معین از دست برود، مشخص می کند. معیار VaR دو پارامتر اساسی دارد. سطح معناداری خطا و افق زمانی که در آن VaR محاسبه می شود. در عمل، بخش های خارجی مانند شرکت های رتبه بندی یا نهادهای قانون گذار، سطح معناداری را تعیین می کنند. ولی در صورت نبود محدودیت های خارجی، سطح معناداری بر اساس ریسک گریزی افراد تعیین می شود. هر چه سرمایه گذاران ریسک گریزتر باشند، سطح خطای کوچکتری را انتخاب می کنند. به طور طبیعی، ریسک های مختلف بر مبنای قابلیت نقدشوندگی در افق های زمانی مختلف برآورد می شوند. برای مثال، بر اساس قانون بال دو، بانک ها موظف به محاسبه VaR ده روزه هستند. در صورت نبود محدودیت های خارجی افق زمانی محاسبه VaR باید نشان دهنده دوره ای باشد. که می خواهد در آن موقعیت خود را نگه دارد. هر چه با دارایی های نقدشونده تری سروکار داشته باشیم، افق زمانی محاسبه ریسک کوتاه تر می شود. باید در نظر داشت، که ارزش در معرض ریسک پاسخ این پرسش نیست که در یک دوره زمانی مشخص، به چه میزان از ارزش پرتفوی ما کاسته خواهد شد. پاسخ این پرسش هر مقداری می تواند باشد، همان گونه که روش معمول اندازه گیری نوسانات در بخش مالی، واریانس توالی بازدهی است که قبلاً معرفی شده است. این انحراف بین مقدار واقعی نرخ بازگشت و مقدار مورد انتظار را اندازه گیری می کند. اگر واریانس زیاد باشد، به این معنی است که نوسانات بازار شدید است و با بازده مورد انتظار یک شکاف بزرگ (کم یا زیاد) وجود دارد. اگر واریانس کم باشد، به این معنی است که توالی نرخ بازده بازار نسبتاً پایدار است. مطالعه روش محاسبه VaR نشان می دهد که این روش، ساده و راحت است. روش شبیه سازی از نظر مفهومی بصری، محاسبه ساده، اجرای آسان، پذیرش آسان توسط مدیران ریسک و مقامات نظارتی است و به

از توزیع نرمال فقط می‌توان برای تجزیه و تحلیل نوسانات توالی بازگشت منظم استفاده کرد. اگر در تخمین یا اندازه‌گیری ریسک در طی روز کاری اتفاقات غیر عادی رخ دهد، توزیع نرمال استاندارد کار نخواهد کرد، این موضوع در معادله (۶) و (۷) نشان داده شده است.

$$\Delta\pi = \delta_1 X_1(t) + \delta_2 X_2(t) + \dots + \delta_m X_m(t)$$

(۶)

$$J_x(x) = |\Sigma|^{-\frac{1}{2}} g((x - \mu) \Sigma^{-1} (x - \mu)^T)$$

(۷)

مدل ارزش در معرض ریسک، میزان حداکثر ضرر و زیانی است که ممکن است یک پرتفوی در یک دوره زمانی خاص متحمل شود، زمانی که بازار به طور معمول بی ثبات است و بدترین اتفاق می‌افتد. به عبارت دقیق‌تر، حداکثر ضرر ممکن است که یک دارایی مالی (یا ارزش نمونه کارها) در یک دوره آینده خاص تحت یک سطح احتمال (اطمینان) مشخص باشد، همانطور که در معادلات اقتصادی (۸) و (۹) نشان داده شده است.

$$c = |\Sigma|^{-\frac{1}{2}} \int_{\{\delta x \leq -VaR_c\}} g((x - \mu) \Sigma^{-1} (x - \mu)^T) dx$$

(۸)

$$N(x, h) = x^T \omega_P - h^T \omega_F = y^T \omega$$

(۹)

بسیاری از تجربیات ثابت می‌کند که توزیع بازار سهام دارای سهمی با اوج تیز و ادامه ضخیم است. اگر توزیع عادی در معرض ریسک جدی دست VaR تصویب شود، مقدار کم گرفته می‌شود، به طوری که اندازه‌گیری ریسک در بازار امنیت عملکرد خود را از دست می‌دهد، همانطور که در معادله (۳-۱۰) و (۳-۱۱) نشان داده شده است.

$$\bar{\Sigma} = \begin{pmatrix} \Sigma_{PP} & \Sigma_{PF} \\ \Sigma_{FP} & \Sigma_{FF} \end{pmatrix}$$

فرضیاتی در مورد توزیع بازده نیاز ندارد. اما باز هم، این روش به همه مشاهدات وزن یکسانی می‌دهد که با واقعیت سازگار نیست. صحت نتایج پیش‌بینی این روش به طول بازه نمونه بستگی دارد. اگر اندازه نمونه خیلی کوچک باشد، همانطور که در معادلات (۱) و (۲) نشان داده شده، تخمین VaR نادرست است.

(۱)

$$Pr 0 b\{R(x, h) \leq -VaR_c\} = c$$

(۲)

$$\Phi\left(\frac{-VaR_c - N(x, h)}{\sigma_h}\right) = c$$

(۱) و (۲) احتمالات را نشان می‌دهد و این مدل به این معنی است که اگر یک سرمایه‌گذار یا موسسه مالی معین حداقل بازده مورد انتظار برای نمونه کارهایی را که در دست دارد داشته باشد، به دنبال نمونه کارهایی بهینه است که ارزش VaR را به حداقل برساند. عبارت $N(x, h)$ توزیع نرمال پرتفوی و σ_h انحراف معیار بازده پرتفوی است. رابطه (۳-۳) تابع توزیع احتمال ارزش پرتفوی در دوره بعد را نشان می‌دهد.

(۳)

$$\Phi^{-1}(c) = \frac{VaR_c - N(x, h)}{\sigma_h}$$

(۴)

$$VaR_c = N(x, h) + \sigma_h \Phi^{-1}(c)$$

همانطور که در معادلات (۳) و (۴) نشان داده شده است. این روش محاسبه برای توزیع توالی عملکرد گسسته و پیوسته به همان اندازه موثر است. همانطور که در رابطه (۵) نشان داده شده است، می‌توان به طور دقیق ریسک دنباله بازگشت را اندازه‌گیری کرد.

(۵)

$$f(x, v) = \frac{\Gamma((v+1)/2)}{(\nu\pi)^{1/2}(\nu/2)} \left(1 + \left(\frac{x^2}{\nu} \right)^{-(v+1)/2} \right)$$

$$VaR_c(x, h) = -y^T \omega +$$

$$q_{c,n}^g (y^T \tilde{\Sigma} y)^{\frac{1}{2}} \quad (11)$$

در رابطه (۱۱) عبارت ω بردار موجودی-میزان دارایی‌های موجود در $q_{c,n}^g$ های پرتفوی و عبارت نشان دهنده هزینه معاملات $-y^T$ پرتفوی است. عبارت سهام است. از آنجایی که مدل تامینی بهینه آتی مبتنی بر یک مسئله بهینه سازی محدود است، برای اندازه VaR گیری ریسک پرتفوی آتی از مدل تامینی بهینه آتی در مدت زمان مشخص استفاده می‌شود. VaR مبتنی بر با الگوریتم بهینه سازی قطعی الگوریتم ازدحام ذرات سنتی متفاوت است و جزء الگوریتم‌های فراابتکاری تعلق دارد. این نوع الگوریتم در طراحی انعطاف پذیر است و می‌تواند با جستجوی تصادفی تحت اصول خاصی به راه‌حل‌های رضایت بخش برسد. الگوریتم ازدحام ذرات که یک الگوریتم هوش ازدحام نیز است، چندین مزیت قابل توجه دارد:

اصل بهینه‌سازی، ساده و آسان است و پارامترهای کمی برای تنظیم وجود دارد. بر این اساس، ازدحام ذرات علاقه بسیاری از محققان را برانگیخته و به طور گسترده‌ای در زمینه‌های

صنعت، ریاضیات و تحقیقات با فناوری پیشرفته مورد استفاده قرار گرفته است. با این حال، الگوریتم ازدحام ذرات در مرحله بعد دارای سرعت همگرایی نسبتاً کندی است و دقت آن معمولاً کمتر از الگوریتم ژنتیک است. بنابراین، الگوریتم‌های مختلف اصلاح شده یا ترکیبی مبتنی بر الگوریتم ازدحام ذرات اساسی پیشنهاد شده است.

یافته ها

در این پژوهش، از داده‌های سه ماهه دوم سال ۱۴۰۲ برای ۵۰ شرکت فعال بورس اوراق بهادار تهران استفاده شده است. برای این ۵۰ شرکت فعال، مقادیر ارزش بازار، قیمت ابتدا، قیمت انتها و بازدهی در ۱۰ تاریخ متفاوت استخراج شده است. ضریب بتا، میزان ریسک سیستماتیک سبد سهام را نسبت به ریسک پرتفوی بازار محاسبه می‌کند و نشانگر نوسان قیمتی سهم، در مقایسه با شرایط کلی بازاری است که در آن فعالیت می‌کند. فرمول محاسبه ضریب بتا به شرح زیر است: ضریب بتا از تقسیم کوواریانس بین بازدهی دارایی و بازدهی بازار بر واریانس بازار به دست می‌آید. مقدار بتا را برای ۵۰ شرکت به دست آورده‌ایم که در جدول (۱) آمده است.

جدول (۱) پارامترهای شبیه‌سازی

ردیف	بتا	بازده دارایی	ردیف	بتا	بازده دارایی
1	2.06	-1.91%	26	4.88	-0.09%
2	-1.17	1.05%	27	2.50	-2.18%
3	-1.07	0.72%	28	5.66	-1.17%
4	0.24	-2.61%	29	1.56	-0.27%
5	2.11	-0.32%	30	7.23	-0.14%
6	-9.37	-0.23%	31	3.30	0.48%
7	-0.55	-5.47%	32	6.53	-10.48%
8	3.74	-3.85%	33	7.00	-3.57%
9	0.19	0.49%	34	3.12	-0.28%
10	3.59	-2.55%	35	2.52	-1.46%
11	0.45	-2.41%	36	2.19	-2.22%

12	1.53	-1.76%	37	2.20	-0.72%
13	0.84	1.12%	38	3.16	-2.10%
14	0.83	-0.24%	39	8.15	-3.74%
15	-0.81	2.90%	40	0.89	-1.90%
16	1.69	-1.56%	41	1.01	-1.01%
17	4.31	-0.75%	42	3.64	-3.29%
18	1.96	1.21%	43	1.38	-1.00%
19	0.01	0.33%	44	3.38	-2.95%
20	2.44	-0.82%	45	-2.00	-0.79%
21	-3.04	-0.47%	46	0.32	0.74%
22	4.05	-1.70%	47	-1.04	0.88%
23	1.17	-2.21%	48	2.46	1.61%
24	6.79	0.50%	49	2.56	-1.47%
25	0.12	0.95%	50	3.49	-1.32%

آمار توصیفی متغیرهای پژوهش: در این پژوهش، داده‌های مربوط به ۵۰ شرکت فعال در بورس اوراق بهادار تهران برای سه‌ماهه دوم سال ۱۴۰۲ جمع‌آوری شده است. متغیرهای مورد مطالعه شامل موارد زیر بودند:

ضریب بتا: نشان‌دهنده ریسک سیستماتیک هر سهم نسبت به بازار

بازده دارایی: تغییرات قیمت سهام در بازه زمانی مشخص

شاخص‌های ارزیابی عملکرد: شامل معیارهای شارپ، ترینر و جنسن

مقادیر توصیفی این متغیرها به صورت زیر است:

ضریب بتا: دامنه از ۹/۳۷- تا ۷/۲۳ که نشان‌دهنده تفاوت زیاد در ریسک سیستماتیک شرکت‌ها است

بازده دارایی: دامنه از ۱۰/۴۸- تا ۲/۹۰٪ که نوسانات زیاد بازار را نشان می‌دهد

نرخ بازده بدون ریسک: ۲۳٪ برای تمامی شرکت‌ها

معیار شارپ: میانگین برای کل شرکت‌ها ۱۱/۵۶ و برای ۲۳ شرکت منتخب ۱۷/۶۹

معیار ترینر: میانگین ۰/۱۲ برای کل شرکت‌ها و ۰/۱۵ برای ۲۳ شرکت منتخب

معیار جنسن: ثابت و برابر با ۰/۲۲ برای هر دو گروه

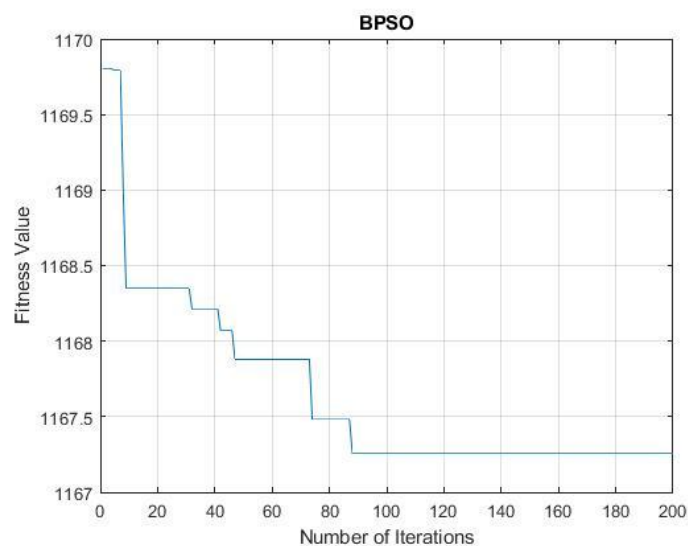
در این پژوهش از الگوریتم ازدحام ذرات پیشرفته برای بهینه‌سازی کنترل ریسک پرتفوی استفاده شده است که مقادیر پارامترهای شبیه‌سازی در جدول (۲) آمده است. نرخ بازده بدون ریسک، میزان سود یا بازدهی را که سرمایه‌گذار از یک سرمایه‌گذاری با ریسک مطلقاً صفر در طول یک بازه خاص انتظار دارد، نمایش می‌دهد. به عبارتی این نرخ که معمولاً با درصد بیان می‌شود، مقدار سودی که از سرمایه‌گذاری در دارایی‌های بدون ریسک به دست می‌آید را نشان می‌دهد. این نرخ، کمترین مقدار بازدهی است که سرمایه‌گذار برای هر سرمایه‌گذاری انتظار دارد. زیرا سرمایه‌گذار ریسک اضافی را تا زمانی که ریسک بازده احتمالی بزرگ‌تر از نرخ بهره بدون ریسک نباشد، قبول نخواهد کرد. مقدار

الگوریتم ازدحام ذرات بهبود یافته در مرحله ۸۴ به همگرایی رسیده است و نتیجه انتخاب شرکت‌ها جهت سرمایه‌گذاری با ریسک کمتر در جدول ۳ آمده است. تعداد شرکت‌های انتخاب شده از بین ۵۰ شرکت مذکور برابر با ۲۳ شرکت است.

نرخ بازده بدون ریسک در سال ۱۴۰۲، ۲۳٪ است. با اجرای الگوریتم ازدحام ذرات نمودار شکل (۱) به دست می‌آید. این نمودار میزان بهبود کنترل ریسک پرتفوی را نشان می‌دهد که با انتخاب شرکت‌های مناسب‌تر، کنترل ریسک بهبود یافته است.

جدول ۲: پارامترهای شبیه‌سازی

ردیف	نام پارامتر	نام متغیر در شبیه‌سازی	مقدار
۱	تعداد جمعیت ذرات	N	۱۰۰
۲	تعداد تکرار الگوریتم	T	۲۰۰
۳	ضریب شناختی	C1	۲
۴	ضریب اجتماعی	C2	۲
۵	حداکثر سرعت ذرات	Vmax	۶
۶	حداقل سرعت ذرات	Vmin	-۶
۷	حداکثر وزن اینرسی	Wmax	۰,۹۵
۸	حداقل وزن اینرسی	Wmin	۰,۴
۹	نرخ بازده بدون ریسک	alpha	۲۳



شکل ۱: تابع هدف الگوریتم ازدحام ذرات بهبود یافته

جدول ۳: شرکت‌های انتخاب شده

ردیف	نماد	ردیف	نماد
۱	فولاد	۱۳	اخابر
۲	فملی	۱۴	تاصیکو
۳	شستا	۱۵	شبریز
۴	شپنا	۱۶	همراه
۵	تاپیکو	۱۷	شیراز
۶	شبندر	۱۸	ومهان
۷	کچاد	۱۹	بفجر
۸	شتران	۲۰	پاکشو
۹	شپدیس	۲۱	جم پیلن
۱۰	رمپنا	۲۲	ذوب
۱۱	وتجارت	۲۳	خبهن
۱۲	خساپا		

جدول ۴: مقایسه معیارهای ارزیابی عملکرد برای بازدهی سهم ۵۰ شرکت فعال و ۲۳ شرکت انتخابی

معیار ارزیابی عملکرد	۵۰ شرکت فعال	۲۳ شرکت انتخابی
شارپ	11.56	17.69
ترینر	0.12	0.15
جنسن	0.22	0.22

در ادامه به بررسی معیارهای ارزیابی عملکرد می-پردازیم. جدول ۴ مقایسه معیارهای ارزیابی عملکرد برای بازدهی سهم ۵۰ شرکت فعال و ۲۳ شرکت انتخابی را نشان می‌دهد.

در این پژوهش معیار شارپ برای بازدهی سهم، برای ۲۳ شرکت انتخاب شده برابر با ۱۷,۶۹ است در حالیکه برای همه شرکت‌ها برابر با ۱۱,۵۶ می-باشد که نشان‌دهنده کاهش ریسک سرمایه‌گذاری و افزایش سود آن در شرکت‌های انتخاب شده است.

بازدهی سهم، برای ۲۳ شرکت انتخابی و ۵۰ شرکت فعال یکسان بوده و برابر با ۰,۲۲ است. در ادامه معیارهای ارزیابی عملکرد برای eps هر سهم در جدول ۵ نشان داده می‌شود.

طبق جدول ۵ مقدار هر سه معیار ارزیابی عملکرد شارپ، ترینر و جنسن برای eps هر سهم در شرکت‌های انتخابی بهتر از ۵۰ شرکت فعال شده است.

بالا بودن میزان این معیار نمایانگر بازده به دست آمده، با تقبل ریسک کمتر است. همچنین معیار ترینر برای بازدهی سهم، برای ۲۳ شرکت انتخاب شده ۰,۱۵ و برای ۵۰ شرکت فعال ۰,۱۲ است که مقدار این معیار برای ۲۳ شرکت انتخابی کمی بیشتر از ۵۰ شرکت فعال است. ترینر رابطه بین برگشت سود پورتفولیو و نرخ برگشت سود بازار را تعریف می‌کند. هرچه مقدار ترینر بیشتر باشد، پرتفوی بهتری ایجاد می‌شود. معیار جنسن برای

جدول ۵: مقایسه معیارهای ارزیابی عملکرد برای eps هر سهم ۵۰ شرکت فعال و ۲۳ شرکت انتخابی

معیار ارزیابی عملکرد	۵۰ شرکت فعال	۲۳ شرکت انتخابی
شارپ	0.46	0.49
ترینر	1343.43	1514.76
جنسن	2869.36	6504.80

نتیجه گیری

هدف اصلی پژوهش حاضر، بهینه سازی کنترل ریسک پرتفوی بر اساس الگوریتم بهینه سازی ازدحام ذرات در بورس اوراق بهادار تهران بوده است. پرتفوی کارآ به معنای ترکیب بهینه اوراق بهادار است به نحوی که ریسک آن پرتفوی، در ازای بازده مشخصی حداقل شود. با توجه به مدل مسئله انتخاب سبد مالی بهینه، به دلیل کوادراتیک بودن و محدودیت بالا و پایین سرمایه‌گذاری در هر دارایی و با توجه به وجود ریسک در سرمایه‌گذاری و تصمیم‌گیری در انتخاب درست سهام دارای بازدهی بالا، همواره مشکلاتی در بدست آوردن پاسخ بهینه برای آن وجود داشته است. بنابراین در این تحقیق، سعی بر این بوده است تا قابلیت و کاربرد الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات بهبود یافته به‌عنوان یک روش هوشمند در حل مسائل بهینه‌سازی سبد

سهام با محدودیت عدد صحیح و همچنین محدودیت مربوط به حد بالا و پایین نسبت سرمایه‌گذاری در هر دارایی نشان داده شود که با استفاده از تعاریف مختلف ریسک یعنی VaR و CVaR صورت پذیرفته است. از طرفی وجود لاندا در تابع هدف، سرمایه‌گذار را قادر می‌سازد تا با تغییر در این ضریب، تمایلات و ترجیحات خود را نسبت به ریسک و بازده در مدل اعمال کند. در این مطالعه یک روش انتخاب و وزن‌دهی سبد سهام بر پایه‌ی الگوریتم بهینه‌سازی حرکت ذرات ارائه شده و سهام 50 شرکت در بازار بورس اوراق بهادار تهران به‌عنوان مطالعه موردی تحت بررسی و تحلیل قرار گرفتند و در نهایت ۲۳ شرکت به‌عنوان سبد سهام بهینه جهت سرمایه‌گذاری انتخاب شدند. همانطور که مشاهده شد این الگوریتم در یافتن جواب‌های بهینه و مرز کارای سرمایه‌گذاری در تعاریف متفاوتی از ریسک به طور کارا اقدام به حل مسئله نموده است. در واقع به وسیله الگوریتم

BPSO استفاده شده در این تحقیق علاوه بر انتخاب بهینه سبد سهام، امکان مقایسه تعاریف مختلف ریسک نیز که به طور مستقیم امکان پذیر نبود، فراهم شد، چون توابع مورد بررسی در این پژوهش صرفاً در تابع هدف و در بخش مینیمم سازی ریسک پذیری با یکدیگر تفاوت دارند. در مجموع نتایج این تحقیق نشان می دهد که الگوریتم بهینه سازی ازدحام ذرات بهبود یافته در بهینه سازی مقید پرتفوی سهام، موفق عمل می کند و از دقت قابل قبول و مطمئنی در یافتن جواب های بهینه در تمامی سطوح و تعاریف ریسک پذیری و بازده برخوردار است.

بهبود عملکرد پرتفوی: استفاده از الگوریتم ازدحام ذرات بهبود یافته (BPSO) منجر به انتخاب ۲۳ شرکت از میان ۵۰ شرکت شد که بازدهی بالاتر و ریسک کمتری داشتند. این نشان دهنده اثربخشی این روش در بهینه سازی سرمایه گذاری است.

عملکرد معیارهای ارزیابی:

معیار شارپ: افزایش از ۱۱/۵۶ به ۱۷/۶۹ در گروه منتخب نشان می دهد که بازدهی بیشتری با ریسک کمتر برای شرکت های منتخب حاصل شده است.

معیار ترینر: افزایش از ۰/۱۲ به ۰/۱۵ نشان دهنده بهبود نسبت بازده به ریسک برای شرکت های منتخب است.

معیار جنسن: ثابت بودن این معیار نشان می دهد که عملکرد پرتفوی در مقایسه با نرخ بازده بازار تغییر چشمگیری نداشته است، اما سایر معیارها بهبود یافته اند.

بررسی ضریب بتا

ضریب بتا میزان حساسیت بازدهی دارایی به نوسانات کلی بازار را نشان می دهد. مقادیر مثبت نشان دهنده هم جهتی

بازدهی سهم با بازار و مقادیر منفی نشان دهنده خلاف جهت بودن بازدهی سهم نسبت به بازار است.

تحلیل مقادیر ضریب بتا:

دامنه مقادیر بین ۹/۳۷- (ریسک بسیار بالا و خلاف جهت بازار) تا ۷/۲۳ (ریسک بالا و هم جهت با بازار) متغیر است. مقادیر بسیار منفی، مانند ۹/۳۷- نشان دهنده حساسیت شدید و غیرمعمول دارایی به نوسانات است که ریسک سیستماتیک زیادی را به همراه دارد. میانگین ضریب بتا در پرتفوی منتخب نسبت به کل شرکت ها کنترل شده تر بوده و نشان دهنده انتخاب دارایی هایی با ریسک کمتر است.

تحلیل بازده دارایی

بازده دارایی تغییرات قیمتی سهام را نشان می دهد و معیار کلیدی در انتخاب سهام برای پرتفوی است. بازدهی از ۱۰/۴۸- (زیان شدید) تا ۲/۹۰+ (بازدهی مثبت) متغیر است. میانگین بازدهی در پرتفوی منتخب مثبت تر و بهینه تر شده است که نشان می دهد الگوریتم توانسته دارایی های زیان ده را شناسایی و حذف کند.

شاخص های ارزیابی عملکرد پرتفوی

شاخص های شارپ، ترینر و جنسن برای مقایسه عملکرد پرتفوی ها به کار رفته اند:

شاخص شارپ: نسبت بازده مازاد به واحد ریسک. هرچه مقدار بیشتر باشد، نشان دهنده بازدهی بهتر به ازای ریسک کمتر است. مقادیر: کل شرکت ها: ۱۱/۵۶ و شرکت های منتخب: ۱۷/۶۹ افزایش این شاخص نشان دهنده توانایی الگوریتم در کاهش ریسک و انتخاب دارایی های پربازده تر است. عدد ۱۷/۶۹ بیانگر این است که پرتفوی منتخب ۵۳٪ بهینه تر از میانگین کل پرتفوی ها عمل کرده است.

نشان می‌دهد که استفاده از تکنیک‌های هوش مصنوعی می‌تواند به طور قابل توجهی در مدیریت ریسک و بهینه‌سازی سرمایه‌گذاری در شرایط پرنوسان بازارهای مالی مؤثر باشد.

پژوهش تأکید دارد که یکی از چالش‌های اصلی بازارهای مالی در ایران، نوسانات اقتصادی و محدودیت‌های ناشی از تحریم‌ها است. این شرایط موجب شده تا روش‌های سنتی مدیریت ریسک برای سرمایه‌گذاران کمتر کارآمد باشد. بر این اساس، استفاده از روش‌های هوش مصنوعی، از جمله الگوریتم‌های هوشمند مانند بهینه‌سازی ازدحام ذرات، در این شرایط نتایج بهتری ارائه می‌دهد. این الگوریتم امکان مدیریت و بهینه‌سازی پرتفوی با ریسک کمتر و بازدهی بهتر را برای سرمایه‌گذاران ایرانی فراهم می‌کند و می‌تواند به تخصیص بهینه منابع و در نتیجه بهبود وضعیت اقتصادی کشور کمک کند.

این پژوهش همچنین به اهمیت بهینه‌سازی ریسک در سبد سرمایه‌گذاری پرداخته است. با توجه به ویژگی‌های متغیر و پرنوسان بازارهای مالی ایران، به‌ویژه بورس اوراق بهادار تهران، مدیریت ریسک سرمایه‌گذاری‌ها برای بهبود کارایی سرمایه‌گذاری‌ها و افزایش بازده بسیار حیاتی است. بورس تهران به عنوان یکی از اجزای اصلی سیستم مالی ایران، نقش بسزایی در جذب و تخصیص سرمایه‌ها دارد که به رشد اقتصادی کشور کمک می‌کند. با این حال، سرمایه‌گذاری در این بازار به دلیل نوسانات شدید و شرایط خاص اقتصادی، ریسک قابل توجهی دارد. این پژوهش با استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات (PSO) سعی دارد راهکاری هوشمند برای کنترل ریسک و بیشینه‌سازی بازده در پرتفوی سرمایه‌گذاری ارائه دهد. در این مدل، انتخاب و وزن‌دهی به دارایی‌ها به گونه‌ای انجام می‌شود که ریسک پرتفوی در عین افزایش بازدهی به حداقل برسد. این مدل

شاخص ترینر؛ نسبت بازدهی مازاد به ریسک سیستماتیک (بتا). هرچه مقدار بیشتر باشد، پرتفوی کارآمدتر است. مقادیر: کل شرکت‌ها: ۰/۱۲ و شرکت‌های منتخب: ۰/۱۵. افزایش شاخص ترینر نشان‌دهنده کاهش ریسک سیستماتیک و افزایش بازدهی نسبی دارایی‌ها در پرتفوی منتخب است. این مقدار نشان می‌دهد پرتفوی منتخب ۲۵٪ نسبت به کل بازار بهینه‌تر است.

شاخص جنسن؛ بازدهی مازاد پرتفوی نسبت به بازده مورد انتظار بر اساس مدل *CAPM* این معیار توانایی مدیریت پرتفوی در کسب بازده بیشتر از نرخ بازده بازار را نشان می‌دهد. مقادیر: کل شرکت‌ها: ۰/۲۲ و شرکت‌های منتخب: ۰/۲۲. ثابت بودن مقدار جنسن نشان می‌دهد که الگوریتم تأثیر مستقیمی بر بازدهی کلی نسبت به بازار نداشته، اما از طریق سایر شاخص‌ها ریسک را کاهش و بازدهی را افزایش داده است.

انتخاب پرتفوی بهینه با الگوریتم *BPSO*

بهینه‌سازی ازدحام ذرات (*PSO*) با بهبود پارامترها برای افزایش دقت و سرعت همگرایی. مراحل کلیدی آن شامل: ۱. انتخاب ۲۳ شرکت از ۵۰ شرکت فعال، ۲. حذف دارایی‌های با ریسک بالا و بازدهی پایین و ۳. کاهش نوسانات نامطلوب در پرتفوی.

استفاده از الگوریتم *BPSO* باعث کاهش ریسک و بهبود بازده در بازار بورس شده است. الگوریتم به سرمایه‌گذاران امکان مدیریت بهینه پرتفوی را با در نظر گرفتن شرایط اقتصادی ناپایدار و محدودیت‌های بازار می‌دهد.

الگوریتم ازدحام ذرات بهینه‌سازی موثری را برای کنترل ریسک و افزایش بازده پرتفوی ارائه داده است. با توجه به معیارهای ارزیابی، شرکت‌های منتخب توانستند بازدهی بالاتری نسبت به ریسک خود داشته باشند. این تحقیق

به سرمایه گذاران قادر خواهند بود با استفاده از این الگوریتم‌ها به بهترین شکل یک سبد سهام بهینه انتخاب نمایند. در راستای پژوهش‌های آتی نیز پیشنهاد می‌شود که این تحقیق بر روی شاخص‌های چند صنعت خاص به کار گرفته شود تا تأثیر نوع صنعت به‌عنوان یکی از عوامل ریسک بر روی نتایج بررسی شود. پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آتی از روش‌های تئوری آشوب در پیش‌بینی سبد سهام در روند متلاطم و بی‌نظم بازدهی سهام، استفاده کرد. این مطالعه، در بورس اوراق بهادار تهران انجام شده لذا یافته‌های بدست آمده ممکن است که قابلیت تعمیم به بازار بورس کشورهای دیگر را نداشته باشد.

منابع

راعی، رضا، تلنگی احمد (۱۳۸۵) مبانی مهندسی مالی و مدیریت ریسک "، تهران، سازمان سمت، چاپ دوم. راموز، نجمه، اکبری آق مشهدی، زهرا، عاطفت دوست، علیرضا، (۱۳۹۹)، انتخاب پرتفوی بهینه با استفاده از مدل برنامه ریزی توافقی در بورس اوراق بهادار تهران، راهبرد مدیریت مالی، ۲۱-۳۷.

شیوعی، کامیار، شیوعی، پویا، (۱۳۹۵)، مدل سازی پیش بینی شاخص بازار بورس تهران با استفاده از الگوریتم ازدحام ذرات، دومین کنفرانس بین المللی حسابداری، اقتصاد و مدیریت مالی.

صیادی، مهدی، بیگ زاده عباسی، فرزانه، درخشان داوری، مژگان، (۱۳۹۴)، مطالعه تطبیقی برای انتخاب پرتفولیوی بهینه با اهداف غیرخطی با استفاده از الگوریتم های ژنتیک و ازدحام ذرات در بورس اوراق بهادار تهران. اولین کنفرانس بین المللی مدیریت، اقتصاد، حسابداری و علوم تربیتی.

Bertsimas, D. , Shioda, R. , 2009. Algorithm for cardinality-constrained quadratic optimization. *Comput. Optim. Appl.* 43 (1), 1–22 .

Crama, Y. , Schyns, M. , 2003. Simulated annealing for complex portfolio selection problems. *Eur. J. Oper. Res.* 150 (3), 546–571 .

به خصوص برای شرایط پیچیده‌ای که سرمایه‌گذاران ایرانی با آن مواجه هستند، از جمله تحریم‌ها و محدودیت‌های اقتصادی، راهکار مناسبی ارائه می‌دهد. الگوریتم PSO توانسته با تطبیق‌پذیری خود در مواجهه با داده‌های پرتلاطم، در مقایسه با روش‌های سنتی کارایی بیشتری از خود نشان دهد. در پژوهش حاضر، سبد سرمایه‌گذاری بهینه با بررسی ۵۰ شرکت فعال بورس تهران و انتخاب ۲۳ شرکت برتر با کمترین ریسک و بیشترین بازدهی به دست آمده است. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که با استفاده از الگوریتم PSO و با در نظر گرفتن معیارهایی مانند ارزش در معرض خطر (VaR) و ارزش در معرض خطر مشروط (CVaR)، سرمایه‌گذاران می‌توانند به یک سبد سرمایه‌گذاری بهینه با سطح ریسک کنترل شده دست یابند. این امر باعث می‌شود که سرمایه‌گذاران بتوانند در عین کنترل ریسک، بازدهی مناسبی را نیز تضمین کنند و در نتیجه بازار مالی کشور به بهبود دست یابد. در نهایت، این پژوهش توصیه می‌کند که الگوریتم‌های مبتنی بر هوش مصنوعی، مانند PSO، در مدیریت ریسک و بهینه‌سازی سرمایه‌گذاری‌ها در ایران به کار گرفته شوند. این روش‌ها با امکان تنظیم پارامترهای مختلف، انعطاف بالایی در مدل‌سازی ریسک و ترجیحات سرمایه‌گذاران فراهم می‌کنند. از این رو، با تعمیم این روش در سایر بخش‌های مالی و حتی صنعتی کشور، مانند بیمه و نفت، می‌توان به تخصیص بهینه منابع مالی و در نهایت بهبود کلی اقتصاد ایران کمک کرد.

مطالعات و بررسی‌ها نشان دهنده اینست که استفاده از روش‌های فرا ابتکاری الهام گرفته از طبیعت در سیستم‌های اطلاعاتی بخصوص بخش‌های مالی روز به روز در حال افزایش است. همچنین نتایج مطالعات در زمینه مقایسه این الگوریتم‌ها با روش‌های کلاسیک در پیش‌بینی‌های مالی، نشان دهنده توان بالاتر این الگوریتم‌ها است. از این رو

- Markowitz, H. M. (1991). *Foundations of portfolio theory*. The Journal of Finance, 46(2), 469-477.
- Tang, Q., Li, Y., Deng, Z., Chen, D., Guo, R., & Huang, H. (2019). *Optimal shape design of an autonomous underwater vehicle based on multi-objective particle swarm optimization*. Natural Computing, 19(4), 733-742.
- Tian, Y. Zhang, T. Xiao, J. Zhang, X. Jin, Y. A coevolutionary framework for constrained multi-objective optimization problems, *IEEE Trans. Evol. Comput.*, DOI: 10.1109/TEVC.2020.3004012.
- Van Staden, P. M., Dang, D. M., & Forsyth, P. A. (2020). *The surprising robustness of dynamic Mean-Variance portfolio optimization to model misspecification errors*. European Journal of Operational Research.
- Wang, Y. L., Kim, K. T., Lee, B., & Youn, H. Y. (2018). *A novel buffer management scheme based on particle swarm optimization for SSD*. The Journal of Supercomputing, 74(1), 141-159.
- Xu, L., Yang, W., & Tian, H. (2019). *Correction to: Design of Wideband CIC Compensator Based on Particle Swarm Optimization*. Circuits, Systems, and Signal Processing, 38(6), 2890-2891.
- Xu, L., Yang, W., & Tian, H. (2019). *Correction to: Design of Wideband CIC Compensator Based on Particle Swarm Optimization*. Circuits, Systems, and Signal Processing, 38(6), 2890-2891.
- Cura, T. , 2009. *Particle swarm optimization approach to portfolio optimization*. Non- linear Anal. Real World Appl. 10 (4), 2396–2406 .
- Dai, Z., & Wang, F. (2019). *Sparse and robust mean-variance portfolio optimization problems*. Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, 523, 1371-1378.
- Ding, J., Wang, J. C., Guo, L., Xu, Q. Y., Yang, S. J., & Ye, S. L. (2018). *Optimization of temperature tracking control in adiabatic accelerating rate Calorimeter based on the dynamic characteristics compensation*. Chin. J. Sensors Actuators, 31(12), 1805-1810.
- Feng, Y. , Palomar, D.P. , 2015. *SCRIP: successive convex optimization methods for risk parity portfolio design*. IEEE Trans. Signal Process. 63 (19), 5285–5300 .
- Feng, Y. , Palomar, D.P. , 2016. *Portfolio optimization with asset selection and risk parity control*. In: Proceedings of the IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP). IEEE, pp. 6585–6589 .
- Gu, Q., & Hao, X. (2018). *Adaptive iterative learning control based on particle swarm optimization*. The Journal of Supercomputing, 76(5), 3615-3622.
- Kolm, P.N. , Tütüncü, R. , Fabozzi, F.J. , 2014. *60 years of portfolio optimization: practical challenges and current trends*. Eur. J. Oper. Research 234 (2), 356–371 .
- Markowitz, H. (1952). *Portfolio selection*. The journal of finance, 7(1), 77-91.

Portfolio risk control using particle swarm algorithm

Nasim Mohammad Hosni¹

*Narges Yazdanian^{*2}*

Jafar Jamali³

Maryam Timourian⁴

Abstract

In recent years, the research and development of financial markets is essential. The main task for the development of the financial system is the development of the securities market, which can accompany the development of the financial system. In this research, the improved particle swarm algorithm has been used to optimize risk control in the portfolio. The second year of 1402 for 50 active companies of Tehran Stock Exchange and the values of market value, starting price, closing price and yield on 10 different dates have been used. The value of risk-free rate of return in 1402 It is 23%. Sharp's measure of return on equity is 17.69 for 23 selected companies, while it is 11.56 for all companies. Trainor's measure of return on equity is 0.15 for 23 selected companies and 0.12 for 50 active companies. Jensen's measure for share return, 23 selected companies and 50 active companies are the same and equal to 0.22. In the financial interpretation, this research has tried to use the particle swarm optimization algorithm to control portfolio risk in the Tehran Stock Exchange. This algorithm allows investors to reduce their investment risk by choosing the optimal portfolio and at the same time maximize its return. This research shows that by reducing and controlling risks and by using advanced models like this algorithm, it is possible to achieve optimal capital allocation in the unstable conditions of the stock market found.

Keywords: risk control, portfolio, particle swarm algorithm, stock market

¹ PhD student in Financial Engineering, Department of Financial Management, Faculty of Management and Economics, Roudhan Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran, email address Hasani7070@gmail.com

² Assistant Professor, Department of Financial Management, Department of Financial Management, Faculty of Management and Economics, Roudhan Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran, email address nargesyazdanian@gmail.com (Corresponding Author)

³ Assistant Professor, Department of Financial Management, Faculty of Management and Economics, Science and Research Unit, Islamic Azad University, Tehran, Iran, email address jafar.jamali@gmail.com

⁴ Assistant Professor, Department of Statistics and Mathematics, Rodhan Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran, email address Teimourian_mary@yahoo.com