فصلنامه بورس اوراق بهادار شمارۀ ۴۱ بهار ۹۷ سال یازدهم ـ تاریخ دریافت: ۹۶/۰۹/۰۱ ــ تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۳/۰۱ ــ ص ۱۲۱- ۱۵۲

مقایسه الگوریتم های فراابتکاری در ارائه مدل بهینه سبد سهام چند دوره‌ای بر اساس معیار ارزش در معرض ریسک

سید محمد رضا داودی[1]

ابوالفضل صدری[2]

چکیده

هدف این پژوهش، ارائه یک مدل انتخاب بهینه سبد سهام چند دوره‌ای بر اساس ارزش در معرض ریسک با وجود هزینه‌های معاملاتی است. سبد سهام چند دوره‌ای به سرمایه‌گذار این امکان را می‌دهد که در فواصل زمانی مشخص، محتویات سبد را مورد بازنگری قرار داده و متناسب با اطلاعات جدید، آن را تعدیل کند. نمونه‌ای به صورت ده سبد پنج سهمی به صورت تصادفی از شرکت‌های حاضر در بورس اوراق بهادار تهران در طی سال های **۱۳۹۳-۱۳۸۸** که با احتساب بازده بدون ریسک سالیانه(۰/۲۰) میانگین بازده سه ماهه آنها از ۰/۱ بیشتر می‌باشد، انتخاب گردید. مدل ارائه شده به کمک دو الگوریتم ژنتیک پیوسته و تجمعی ذرات مورد بهینه‌سازی قرار گرفته است. برای سنجش میزان کارایی نتایج دو الگوریتم، از معیار ارزش در معرض ریسک استفاده شد . نتیجه پژوهش حاکی از کارایی بالاتر نتایج حاصل از الگوریتم تجمعی ذرات نسبت به الگوریتم ژنتیک می‌باشد.

واژگان کلیدی: سبد سهام چند دوره‌ای، ارزش در معرض ریسک، الگوریتم ژنتیک، الگوریتم تجمعی ذرات

طبقه‌بندی موضوعی: C61, G11

---

۲. عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد دهاقان ـ نویسنده مسئول

۳. کارشناسی ارشد مهندسی مالی دانشگاه آزاد اسلامی واحد دهاقان

مقدمه

با گسترش خطرات و حوادث نامطلوب مختلف در جهان که بخشی از آن ناشی از افزایش فعالیت‌های اقتصادی ، اجتماعی و سیاسی نشأت می‌گیرد، بی‌اطمینانی نسبت به آینده بیشتر شده است. خطر یا ریسک، یکی از مفاهیم پایه‌ای در بازارهای مالی به‌شمار می‌رود. باید توجه کرد که مهم‌ترین تصور از خطر همان احساس وقوع زیان مالی است. به عبارت دیگر، ریسک امکان رخ دادن حوادث نامطلوب است .این مفهوم از پیچیدگی خاصی برخوردار است و دشواری آن در مرحله اندازه‌گیری و پایش، نیاز روزافزون فعالان بازارهای مالی، به‌منظور کنترل و مدیریت انواع ریسک‌ها را به منصه ظهور رسانده است. (صادقی و بهبودی، ۱۳۹۵).

ریسک جز ذاتی بازار سرمایه می‌باشد که منشاء آن می تواند از وضع کلی اقتصاد تا اتفاقات و حواشی شرکتی باشد. بخشی از ریسک که متأثر از وضع کلی اقتصاد است و تمام بازار را تحت تأثیر قرار می‌دهد، ریسک سیستماتیک[3] می‌نامند و باقی‌مانده را ریسک غیرسیستماتیک[4] یا ریسک تنوع‌سازی یا ریسک باقی‌مانده می‌نامند. ضرب‌المثل معروف "همه تخم‌مرغ‌های خود را در یک سبد قرار ندهید" به خوبی ایده استفاده از سبد سهام در جهت مدیریت ریسک را نشان می‌دهد. نظریه سبد سهام به دنبال این موضوع است که با تنوع‌سازی در محتویات پرتفوی آن را در برابر بخشی از ریسک موسوم به ریسک غیرسیستماتیک محافظت کند. برای رسیدن به یک مدل کمی انتخاب سبد سهام ابتدا باید ریسک را اندازه‌گیری کرد. شاخص‌های مختلفی برای اندازه‌گیری ریسک تاکنون تعریف شده‌اند (رهنمای رودپشتی، ۱۳۸۶). با توجه به میزان و انواع خطراتی که بازارهای مالی با آن برخورد می‌نمایند، ارزش در معرض ریسک[5] جای خود را برای اندازه‌گیری انواع ریسک باز نموده است و از این سنجه می‌توان برای اندازه‌گیری انواع ریسک استفاده نمود (زمردیان، ۱۳۹۴: ۱۴۹). ارزش در معرض ریسک، معیاری آماری برای اندازه‌گیری زیان‌هاست و ریسک را به‌صورت کمّی و مفهومی اندازه‌گیری می‌کند؛ از این‌رو در زمره سنجه‌های ریسک نامطلوب قرار می‌گیرد (شمس و صادقی، ۱۳۹۳).

در مدل‌های انتخاب سبد تک دوره‌ای فرض می‌شود که پس از انتخاب سبد، محتویات آن تا پایان افق سرمایه‌گذاری بدون تغییر می‌مانند. مدل‌های سبد سهام چند دوره‌ای با حذف این محدودیت به سرمایه‌گذار این امکان را می‌دهد که در فواصل زمانی منظم، محتویات پرتفوی را مورد بازنگری قرار

3. Systematic Risk
4. Non-Systematic Risk
5. Value at Risk

داده و متناسب با اطلاعات جدید آن را تعدیل کند. از این رو مدل‌های چند دوره‌ای با واقعیت تطابق بیشتری دارد (Skaf & Boyd, 2009).

ضرورت انجام این پژوهش در گام اول مرهون این مطلب است که سبد سهام چند دوره‌ای دارای تطابق بالاتری با واقعیت سرمایه‌گذاری نسبت به سیستم‌های تک دوره‌ای می‌باشد. سرمایه‌گذار در این مدل‌ها با در نظر گرفتن سناریوهایی برای آینده سهام، استراتژی بهینه معاملاتی برای فواصل زمانی مشخص به‌منظور تغییر در محتویات پرتفوی را محاسبه و از این طریق ریسک سرمایه‌گذاری خود را کاهش می‌دهد. ارزش در معرض ریسک یکی از معیارهای مهم سنجش ریسک می‌باشد که برای محاسبه آن نیازی به نرمال بودن نرخ بازده سهام نیست. از این‌رو مجموع ارزش در معرض ریسک به‌عنوان تابع هدف مدل انتخاب سبد سهام بهینه مورد استفاده قرار خواهد گرفت. جنبه دیگر اهمیت و ضرورت این پژوهش در نظر گرفتن محدودیت هزینه‌های معاملاتی است که جزء نقاط قوت این مدل محسوب می‌شود. هر چند در نظر گرفتن این هزینه‌ها مدل را پیچیده‌تر می‌سازد، امّا تطابق آن را با واقعیت افزایش می‌دهد.مدل انتخاب سبد سهام چند دوره‌ای ، بدون فروش استقراضی[۶] و با در نظر گرفتن هزینه‌های معاملاتی بر اساس کمینه‌سازی مجموع ارزش در معرض ریسک، موضوع اصلی این پژوهش می‌باشد.

این مدل یک مدل غیرخطی می‌باشد که روشی کلاسیک و ریاضی برای حل دقیق آن موجود نیست. از این رو الگوریتم‌های فراابتکاری در بهینه‌سازی آن مورد استفاده قرار می‌گیرند. از دو الگوریتم فراابتکاری ژنتیک پیوسته و الگوریتم تجمعی ذرات برای حل مدل استفاده می‌شود و در نهایت کارایی این دو الگوریتم مورد مقایسه قرار می‌گیرد. روش بهینه سازی گروه ذرات (PSO) یک روش جستجوی ابتکاری نسبتاً تازه می باشد که مکانیک آن به واسطه رفتار گروهی یا مشترک جوامع زیستی تشویق شده است.PSO از این لحاظ شبیه الگوریتم ژنتیکی (GA) عمل می کند که دو روش ابتکاری تکاملی ، روشهای جستجوی بر مبنای جمعیت تلقی می گردند. به عبارت دیگر، PSO و GA در یک تکرار ، از یک سری نقطه (جمعیت) به یک سری نقاط دیگر رفته و با استفاده از قوانین قطعی و احتمالی ارتقاء می یابند.GA و بسیاری از ورژنهای آن به خاطر درک آن ، سهولت اجرا، و توانایی حل موثر مسائل بهینه سازی صحیح آمیخته ، غیر خطی که نمونه ای از سیستم های مهندسی پیچیده به شمار می روند، در آکادمی و صنعت شهرت زیادی کسب کرده اند.

6. Short Selling

مبانی نظری و پیشینه پژوهش

مسأله انتخاب سبد سرمایه‌گذاری یکی از مسائل کلاسیک دنیای مالی است که اولین بار توسط مارکویتز (۱۹۵۹) مطرح گردید و شامل دو جزء اصلی و جدایی‌ناپذیر بازده و ریسک است. هدف اصلی این مسأله بیشینه کردن بازده مورد انتظار در سطح مشخصی از ریسک و یا کمینه کردن ریسک مورد انتظار در سطح مشخصی از بازده است. مدل مارکویتز پایه و بنیاد مدل انتخاب سبد سرمایه‌گذاری تک دوره‌ای را بنا نهاد. در دنیای واقعی، یک سرمایه‌گذار این امکان را دارد که در هر دوره زمانی سبد سرمایه‌گذاری خود را مورد بازنگری قرار دهد، به همین دلیل معمولاً استراتژی‌های مدیریت سبد سرمایه‌گذاری به صورت چند دوره‌ای در نظر گرفته می‌شود (نجفی و موشخیان، ۱۳۹۳).

سبد سهام چند دوره‌ای به سبد سهامی اطلاق می‌شود که پس از تشکیل در فواصل زمانی منظم محتویات آن توسط سرمایه‌گذار بررسی و متناسب با شرایط جدید تعدیل می‌شود. مسأله اصلی در نظریه سبد سهام چند دوره‌ای یافتن سیاست بهینه خرید و فروش در جهت تغییر در پرتفوی در شروع دوره‌های زمانی می‌باشد (یاری، ۱۳۸۶).

در نظر گرفتن هزینه‌های معاملاتی باعث می‌شود تا انتخاب سبد بهینه در شرایط حقیقی‌تری صورت گیرد. خصوصاً زمانی که تعداد دفعات معامله یا ارزش معامله بالا رود، این تأثیر خود را به خوبی نشان می‌دهد (مهران‌فر، ۱۳۸۷).

مفهوم ارزش در معرض ریسک به‌عنوان یک الگوی جدید سنجش ریسک، نخستین بار توسط بامول در سال ۱۹۶۳ پیشنهاد شد (Alexander & Baptistab, 2002). امّا از اوایل دهه ۱۹۹۰ به‌عنوان ابزاری برای اندازه‌گیری ریسک، کاربرد وسیعی یافت. دلیل محبوبیت و همچنین عمومیت این روش، سادگی آن در ایجاد شکل آماری خلاصه از زیان‌های بالقوه، یک افق زمانی معین بود (Mohamed, 2005). در حقیقت ارزش در معرض ریسک طراحی شد تا عدد معینی به تحلیلگر ارائه کند که در آن عدد اطلاعاتی در مورد ریسک پرتفوی به‌طور فشرده مستتر باشد. این معیار برآوردی از سطح زیان روی یک پرتفوی یا سبد سرمایه‌گذاری است که به احتمال معین کوچکی پیش‌بینی می‌شود که با آن مساوی و یا از آن تجاوز کند. ارزش در معرض ریسک برخلاف سنجه‌های سنتی ریسک، نمایی کلی و جامع از ریسک پرتفوی ارائه می‌نماید. در نتیجه ارزش در معرض ریسک، در واقع سنجش ریسک با نگاهی آینده‌نگر می‌باشد که برای تمام انواع اسناد مالی کارایی دارد. مدل ارزش در معرض ریسک دربردارنده سه عامل اصلی؛ افق زمانی، سطح اطمینان و میزان سرمایه است (Cairns & Dowd, 2007).

مطالعات مختلفی در راستای بهینه‌سازی سبد سهام چند دوره‌ای انجام شده است. گرویان (۱۳۸۶)، پژوهشی با عنوان "بهینه‌سازی استوار و شبیه‌سازی سبد سهام چند دوره‌ای" انجام داده است. در این پژوهش،مسأله انتخاب سهام چنددوره‌ای با عدم قطعیت در قیمت‌های سهام و با درنظر گرفتن هزینه تبادلات، به‌صورت خانواده‌ای از مدل‌های استوار مدل و حل می‌شود. کیفیت جواب مدل‌های جایگزین در مسأله ارزیابی شده و با هم مقایسه می‌شوند. برای انجام این مقایسات از روش شبیه‌سازی استفاده می‌شود. نتیجه ارزیابی جواب‌های مدل‌های استوار به کمک مثال عددی نشان داده می‌شود. در این مثال معیارهایی چون میانگین و واریانس مقادیر عایدی کل، مقدار احتمالی عایدی با احتمال‌های مختلف، سرمایه در معرض خطر و سرمایه در معرض خطر شرطی برای مقایسه مدل‌ها محاسبه شده‌اند.

تقوی فرد و همکاران (۱۳۸۶) در پژوهش خود تحت عنوان "ارایه یک الگوریتم فراابتکاری جهت انخاب سبد سهام با در نظر گرفتن محدودیت‌های عدد صحیح" به دستیابی به مرز کارایی در مدل مارکوویتز در شرایط وجود محدودیت های عدد صحیح تعداد سهام توجه کردند ،برای این کار الگوریتم ژنتیک پیشنهادی بر روی داده های شرکت های داخلی و خارجی ،آزمون شده است .محدودیت های عدد صحیح سهام در این تحقیق به معنی سهامی است که سرمایه گذار مایل است در سبد سهام مورد نظرش وجود داشته باشد.

مدرس یزدی و همکاران (۱۳۸۷)، در پژوهشی تحت عنوان "بهینه‌سازی استوار سبد مالی چند دوره‌ای با استفاده از ارزش در معرض خطر مشروط"، بهینه‌سازی سبد سهام چند دوره‌ای را در بدترین حالت (WCVaR)، در شرایطی که فقط اطلاعات جزئی روی توزیع احتمال پارامترهای غیرقطعی وجود دارد، مورد مطالعه قرار دادند. بهینه‌سازی استوار سبد مالی چند دوره‌ای با استفاده از معیار ریسک WCVaR به مسائل برنامه‌ریزی خطی و غیرخطی درجه دو منجر می‌شود که به‌طور کارایی قابل حل هستند.مثال‌های عددی تضمین می کند که مدل انتخاب سبد مالی با استفاده از ارزش در معرض ریسک در بدترین حالت به عنوان معیار ریسک ، در عمل استوار بوده و انعطاف پذیری بیشتری در تحلیل تصمیم گیری سبد مالی ارائه می دهد.

راعی و علی بیگی (۱۳۸۹) هدف اصلی پژوهش خود را روی حل مسئله بهینه‌سازی پرتفوی مدل میانگین واریانس با استفاده از روش بهینه‌سازی حرکت تجمعی ذرات قرار دادند نتایج این پژوهش نشان می‌دهد، روش بهینه‌سازی حرکت تجمعی ذرات در بهینه‌سازی پرتفوی سهام با وجود محدودیت های بازار موفق است.

نجفی و موشخیان (۱۳۹۳)، در پژوهشی تحت عنوان "مدل‌سازی و ارائه‌ی راه‌حل بهینه برای بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری چند دوره‌ای با الگوریتم ژنتیک"، مدلی تحت عنوان مدل بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری چند دوره‌ای احتمالی میانگین- نیم‌واریانس- ارزش در معرض خطر شرطی با در نظر گرفتن هزینه معاملات را ارائه و پس از مدل‌سازی آن، اقدام به حل آن با استفاده از الگوریتم ژنتیک کردند. نتایج نشان داده است که این الگوریتم برای حل این دسته از مسائل مناسب و از کارایی لازم برخوردار می‌باشد.

موشخیان و نجفی (۱۳۹۴)، در پژوهشی با عنوان "بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری با استفاده از الگوریتم چند هدفه ازدحام ذرات برای مدل احتمالی چند دوره‌ای میانگین- نیم‌واریانس- چولگی"، ابتدا مدلی تحت عنوان مدل بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری چند دوره‌ای احتمالی میانگین- نیم‌واریانس- چولگی با درنظر گرفتن هزینه معاملات را ارائه دادند. پس از مدل‌سازی مسأله با استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات چند هدفه و تک هدفه اقدام به حل مدل ارائه شده می‌کنند. نتایج نشان داد که الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات چند هدفه نتایج بهتری نسبت به الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات تک هدفه ایجاد می‌کند.

جمشیدی عینی و همکاران (۱۳۹۴) به بررسی روش های هوشمند در حل مسئله سبد سهام مقید در بازار سهام تهران پرداختند. برای این منظور، از الگوریتم فراابتکاری ژنتیک، برای حل مسئله بهینه سازی سبد سهام استفاده کردند.ارزش سبد سرمایه و ریسک آن، به عنوان اهداف بهینه سازی و معیار ارزش در معرض ریسک مشروط، به عنوان سنجه ریسک به کار برده شده است. هدف کمک به سرمایه گذاران برای انتخاب هرچه بهتر و عملی تر سهام های مختلف و در نتیجه سرمایه گذاری مؤثر است.نتایج عملی برای حل مسئله بهینه سازی سبد سرمایه در بازار بورس اوراق بهادار تهران، با انتخاب ۲۰ شرکت از میان ۳۰ صنعت فعال تر موجود، همراه با اعتبارسنجی آن ها به دست آمده است.

بیات، شکری (۱۳۹۴)در پژوهشی به بررسی فرایند انتخاب پرتفوی بهینه به روش ارزش در معرض ریسک پرداختند ودر آن به انواع روش های بهینه سازی به روش ارزش درمعرض ریسک مانند روش واریانس- کواریانس، شبیه سازی تاریخی وروش شبیه سازی مونت کارلو اشاره کردند و در نهایت به این نتیجه رسیدند که در انتخاب پرتفوی بهینه مدل ارزش در معرض ریسک بهترین مدل پیشنهادی می باشد.

همائی فرد و همکاران (۱۳۹۵) در پژوهشی تحت عنوان "به کارگیری الگوهای بهینه‌سازی پایدار و برنامه‌ریزی آرمانی در مسئله انتخاب سبد سرمایه‌گذاری چند دوره‌ای" به بهینه‌سازی سبد سرمایه

گذاری با در نظر گرفتن افق چند دوره‌ای و هزینه مبادلات توجه کردند، عدم قطعیت داده‌ها نیز با استفاده از برنامه‌ریزی پایدار و خصوصاً رویکرد برتسیماس و سیم، مدل‌سازی شد. مدل ارائه شده یک مدل چند هدفه میانگین ارزش در معرض خطر شرطی است که برای حل آن از برنامه‌ریزی آرمانی استفاده می‌شود. نتایج حاصل از حل مدل حاکی از آن است که در نظر گرفتن فرض عدم قطعیت داده ها، در کنار سایر فروض عنوان شده، مقدار تابع هدف نهایی را بدتر می‌کند که نشان دهنده منطقی بودن جواب‌های حاصل از مدل است. به عبارت دیگر ما از حل این مدل به پاسخ های کاراتر و کاربردی تری دست می یابیم.

ولی زاده و همکاران(۱۳۹۵) در مقاله ای تحت عنوان" انتخاب و بهینه سازی سبد سهام با استفاده از الگوریتم ژنتیک، با بهره گیری از مدل میانگین نیمه واریانس مارکویتز" بیان کردند که: در پژوهش حاضر، انتخاب و بهینه سازی سهام با استفاده از سه الگوریتم، شامل الگوریتم ژنتیک، فرهنگی و ازدحام ذرات مورد بررسی قرار گرفته است. این پژوهش به بررسی تفاوت بین میانگین بازده سرمایه گذاری در سبدهای منتخب بر اساس سه روش پرداخته و آزمون های آماری مربوط به نتایج حاکی از عدم وجود اختلاف معنادار بین سه الگوریتم می باشد. از طرفی به منظور مقایسه دو الگوریتم و بررسی برتری الگوریتم ها، این دو روش بهینه سازی از دو بعد تابع هدف و نسبت بازده و ریسک مورد مقایسه قرار گرفتند و از آنجایی که الگوریتم ژنتیک مقدار تابع هدف کمتری داشته یا به عبارتی با کمترین خطا به بهترین نتیجه رسیده است، نسبت به الگوریتم های دیگر بهتر عمل کرده است و نشان دهنده برتری نسبی این الگوریتم در انتخاب سبد سهام بهینه است.

آقاسی و همکاران (۱۳۹۶) در پژوهشی به بررسی "انتخاب پرتفوی سهام بهینه‌ی سرمایه‌گذاران بر اساس تحلیل همبستگی کانونی برای شرکت‌های عضو بورس اوراق بهادار تهران"پرداختند. نتایج حاکی از آن است که از هر ۱۰۰۰ واحد پول، ۴۶۹ واحد به عنوان اولین زوج متغیر کانونی بصورت ترکیب خطی از بانک‌ها و صنایع مبتنی‌بر فلزات اختصاص می‌یابد و ۳۷۶ واحد بعنوان دومین زوج متغیر کانونی بصورت ترکیب خطی از موسسات سرمایه‌گذاری و صنایع نفتی و پتروشیمی اختصاص می‌یابد و ۱۵۵ واحد باقی مانده به‌طور دلخواه در سایر صنایع اختصاص می‌یابد.

اسدی و بیات(۱۳۹۶) در مقاله خود تحت عنوان" بهینه سازی پرتفوی سهام: سودمندی الگوریتم پرندگان و مدل مارکویتز" بیان کردند که: در این پژوهش جهت انتخاب سبد سهام از الگوریتم پرندگان و مدل مارکویتز استفاده شده است و مقایسه ای نیز بین انها صورت پذیرفته است. معرفی یک مدلی جهت انتخاب پرتفوی برای سرمایه گذاران که بتوانند با ارزیابی ان مدل به انتخاب درست سبد پرتفوی

اقدام کنند، از اهداف این پژوهش می باشد.از میان شرکت های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران تعداد ۶۵ شرکت برای دوره زمانی ۱۳۸۸تا ۱۳۹۲ انتخاب گردید و به عنوان حجم نمونه آمار در تجزیه و تحلیل داده ها وارد گردید. نتایج پژوهش در ارتباط با مقایسه الگوریتم پرندگان و مدل مارکویتز حاکی از ان بود که الگوریتم پرندگان در مقایسه با مدل مارکویتز دارای خطای کمتری در انتخاب سبد بهینه سرمایه گذاری می باشد.

یان و همکاران (Yan et al., 2007)، در پژوهشی با عنوان "انتخاب سبد سهام چند دوره‌ای نیم‌واریانس: مدل و حل عددی آن"، با استفاده ترکیبی از الگوریتم‌های ژنتیک و تجمعی ذرات، جواب‌های مدل انتخاب سبد سهام چند دوره‌ای با عامل ریسک نیم‌واریانس را مورد بررسی قرار دادند.آنها نشان دادند که بهینه‌سازی پرتفوی سهام با استفاده از روش تلفیق دو الگوریتم به مراتب بهتر از تک تک الگوریتم‌ها است

وی و یه (Wei & Ye, 2007)، در مقاله خود تحت عنوان "بهینه‌سازی سبد سهام چند دوره‌ای با کنترل ورشکستگی در بازار تصادفی" مدل چند دوره‌ای میانگین-واریانس را برای یک بازار احتمالی با زنجیر مارکوف را مورد بررسی قرار دادند. آنها از روش برنامه‌ریزی پویا برای یافتن جواب تحلیلی استفاده کردند و در پایان به کمک شبیه‌سازی نشان دادند که سرمایه‌گذار می‌تواند ضمن دریافت بازده مناسب، ریسک را کنترل کند.

شن و ژانگ (Shen & Zhang, 2008)، در پژوهشی با عنوان "انتخاب سبد سهام با استفاده از درخت سناریو چند دوره‌ای"، چارچوبی را برای انتخاب سبد سرمایه‌گذاری بر اساس درخت سناریو چند دوره‌ای ارائه کردند. روش کار به این صورت بود که یک درخت سناریو چند دوره‌ای با تابع چگالی احتمال مخصوص به‌خود برای آینده بازار طراحی شد. تابع هدف بیشینه‌سازی تابع مطلوبیت بود و بر این اساس مدل به‌عنوان یک مسأله درجه دوم محدب فرمول‌بندی شد.

اسکاف و بوید (Skaf & Boyd, 2009)، در پژوهش خود با عنوان "بهینه‌سازی سبد سهام چند دوره‌ای با محدودیت‌ها و هزینه‌های معاملات"، به استخراج سیاست بهینه خرید و فروش در یک پرتفوی چند دوره‌ای پرداختند. با اعمال دو محدودیت شامل هزینه‌های معاملاتی و عدم امکان فروش استقراضی آنها به کمک فرآیند تصویر آفین بر روی فضای جواب نامقید، موفق به ارائه یک زیرجواب بهینه برای مسایل مقید شدند. نتایج نشان داد زیرجواب‌های بهینه استخراج شده دارای کیفیت مطلوبی هستند.

ژانگ و ژانگ (Zhang & Zhang, 2008)، در پژوهش خود با عنوان "به‌کارگیری الگوریتم ژنتیک در مدل جدید سبد سهام تصادفی چند دوره‌ای"، به بهینه‌سازی سبد سهام چند دوره‌ای پرداختند.

معیار اندازه‌گیری ریسک در مدل آنها ارزش در معرض ریسک بود. در این مدل هزینه‌های معاملاتی و عدم امکان فروش استقراض به‌عنوان محدودیت‌های مدل در نظر گرفته شده است. آنها برای حل مدل از الگوریتم ژنتیک استفاده کرده و به‌کارگیری الگوریتم را شدنی و کارا گزارش کرده‌اند.

کورا (2009)در پژوهش خود با عنوان "رویکرد تجمعی ذرات نسبت به مساله بهینه‌سازی سبد سهام" از روش تجمعی ذرات مقید برای انتخاب سبد سهام بر اساس قیمت‌های هفتگی تعداد محدودی از سهام در بازارهای مختلف دنیا در یک بازه ۵ ساله از ۱۹۹۲ تا ۱۹۹۷ استفاده کرد. شاخص دکس در آلمان،S&P در آمریکا، نیکی ژاپن، فوتسی انگلستان و شاخص بورس هنگ کنگ محتویات سبد سهام بود. وی نتیجه بهینه‌سازی را با روش ژنتیک، جستجوی ممنوعه و شبیه‌سازی تبرید مقایسه و نتیجه گرفته است که PSO موفق‌تر عمل می‌کند.

سان و همکارانش (2011) در مقاله خود با نام "یک روش جدید مبتنی بر PSO برای بهینه‌سازی سبد سهام چند دوره‌ای" مسئله بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری چند دوره‌ای را با الگوریتم جدیدی به نام بهینه سازی رانش ازدحام ذرات بهینه نمودند. فرم مدل چند دوره‌ای مورد بهینه‌سازی آنها شکل کلاسیک میانگین-واریانس و سهام انتخاب شده از سهام S&P می‌باشد.در پایان آنها مقایسه روش جدید را با الگوریتم ژنتیک بر حسب مرز کارا، زمان حل، پیچیدگی محاسباتی و کیفیت جواب‌ها مقایسه کردند و نتیجه گرفتند روش جدید مبتنی بر PSO دارای عملکرد بهتری می‌باشد.

تاکانو و گوتو (Takano & Gotoh, 2011)، در مقاله‌ای با عنوان "بهینه‌سازی سبد سهام چند دوره‌ای تحت هزینه‌های معاملاتی غیرخطی"، به بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری چند دوره‌ای که به کمک ارزش در معرض ریسک شرطی مدل شده است، پرداختند. آنها برای حل مدل به ایجاد یک مدل جستجوی موضعی پرداختند و بیان کردند که مدل آنها با صرف زمان مناسب و کم، قادر به یافتن اکسترمم‌های موضعی مناسبی می‌باشد. در پایان آنها سودآوری استراتژی چند دوره‌ای که به روش جستجوی موضعی حل گردیده را با سیستم معاملاتی خرید و نگهداری مقایسه کردند و نشان دادند که نسبت به این سیستم دارای سودآوری بالاتری می‌باشد.

ژانگ و همکارانش (2012) در مقاله‌ای با عنوان "سبد سهام چند دوره‌ای میانگین-واریانس-آنتروپی" به ارایه یک مدل انتخاب سبد سهام چند دوره‌ای اقدام کردند. در این مدل نرخ بازده و ریسک (که با معیار نیم واریانس سنجیده می شود)به صورت فازی بیان شده‌اند.برای کمی سازی درجه تنوع سبد از معیار آنتروپی استفاده شده است.در ادامه به کمک دو مثال و با استفاده از روش‌های فراابتکاری اقدام به حل مدل کرده و کارایی روش خود را نشان می‌دهند.

لیو و همکارانش (2012)،در مقاله خود با نام "انتخاب سبد سهام چند دوره‌ای فازی با معیارهای چندگانه" سبد سرمایه‌گذاری چند دوره را با در نظر گرفتن معیارهای ریسک، بازده، چولگی و هزینه-های معاملاتی در محیط فازی مدل کردند. آنها از روش تاپسیس برای تلفیق توابع هدف و یکی کردن آنها استفاده و سپس مدل را به یک سیستم دینامیکی بهمراه بازخورد ارتقا دادند. آنها برای حل مدل از الگوریتم ژنتیک استفاده کردند و ضمن یک مثال عددی کارایی مدل طراحی شده خود را نشان دادند.

هیولینگ و همکاران (2013)، در پژوهشی تحت عنوان" پرتفوی چند دوره ای مارکویتز بر مبنای میانگین واریانس با احتمال خروج از وابستگی ایالتی" به بررسی مسائل انتخاب افق زمانی محتمل جهت محاسبه پرتفوی بر مبنای میانگین- واریانس دوره های چندگانه پرداخته اند. به طوری که فرض می شود افق زمانی به طور تصادفی و برمبنای ریسک دارایی های عاید شده ای که بازار تعیین می کند، انتخاب شده اند. با بررسی مرزهای مؤثر ارائه شده توسط تحلیل های اعدادی این موضوع مطالعه شده و عدم وابستگی افق زمانی محتمل (غیرقطعی) به معیارهای بازار اثبات می شود.

نجفی و همکاران (2014) مقاله ای تحت عنوان "بهینه سازی سبد پرتفوی با رویکرد الگوریتم مورچگان و تئوری خاکستری " ارائه داد. درمقاله اش، از بین ۱۰۵ شرکت فعال در بورس با داشتن بیشترین ROA، مدلی را بر اساس الگوریتم مورچگان و خاکستری طراحی کرد و به کمک آن به پیش بینی سهام شرکت هایی با آن مشخصه پرداختند و در مقاله خود به این نتیجه نیز رسیدند که ابتدا مورچگان و سپس تئوری خاکستری و در نهایت مدل مارکویتز دارای بیشترین موفقیت می باشند.

می و همکاران[۷] (Mei et al., 2016)، در مقاله‌ای با عنوان "بهینه‌سازی سبد سهام چند دوره‌ای با دارایی‌های ریسکی متعدد و هزینه‌های معاملات کلی"، به تجزیه و تحلیل سیاست بهینه سبد سهام برای سرمایه‌گذاری چند دوره‌ای میانگین- واریانس با دارایی‌های ریسکی متعدد در حضور هزینه‌های کلی معاملات پرداختند. آنها نشان دادند که چطور سیاست بهینه سبد سهام با دارایی‌های پرریسک می‌تواند با برنامه‌ریزی درجه دو به‌طور مؤثر محاسبه شود. در نهایت، به صورت تجربی زیان‌های مرتبط با نادیده گرفته شدن هزینه‌های معاملات را آشکار ساختند.

کانگ و استرله (2016) در مقاله خود با نام "بهینه سازی سبد سهام چند دوره‌ای میانگین-واریانس بر اساس شبیه سازی مونت کارلو به ارایه یک زیر جواب بهینه برای مساله انتخاب سبد سهام چند دوره‌ای میانگین-واریانس اقدام کردند.استراتژی حل آنها شامل دو قسمت می‌باشد. ابتدا یک زیر جواب بهینه برای سیاست‌های تغییر در پرتفوی در دوره‌های آتی پیش رو استخراج می‌شود و سپس از آن بعنوان

1.

یک سیاست پیش رو استفاده می‌شود. در ادامه به کمک روش برنامه‌ریزی بازگشتی این زیر جواب بهتر می‌شود. در پایان نویسندگان به کمک شبیه‌سازی مونت کارلو کیفیت جواب‌های نظری و جواب‌های حاصل از شبیه‌سازی را مقایسه کرده و نتیجه را رضایت بخش می‌دانند.

با بررسی مطالعات پیشین ارائه شده، درمی‌یابیم که در بهینه‌سازی سبد سهام چند دوره‌ای، معیار ارزش در معرض ریسک دوره‌ها در مطالعات کمی استفاده شده است به عنوان مثال، در مطالعه ژانگ و ژانگ (2009)، معیار اندازه‌گیری ریسک با استفاده از معیار ارزش در معرض ریسک دوره‌ها بوده است. مطلب فوق، محقق را بر آن داشته که در این پژوهش به ارائه و بهینه‌سازی یک مدل انتخاب بهینه سبد سهام چند دوره‌ای ، بدون فروش استقراضی و با وجود هزینه‌های معاملاتی با استفاده از معیار کمینه‌سازی مجموع ارزش در معرض ریسک دوره‌ها بپردازد. همچنین، پژوهش حاضر برای اولین بار مقایسه بین الگوریتم‌های فراابتکاری ژنتیک پیوسته و تجمعی ذرات را بر روی مدل سبد سهام چند دوره‌ای بر اساس ارزش در معرض ریسک دوره‌ها ارائه نموده است

سؤالات پژوهش

سؤالات پژوهش حاضر را می‌توان بدین صورت بیان نمود:

۱. جواب‌ها یا زیر جوابهای بهینه تحلیلی برای مدل چگونه محاسبه می‌شود؟

۲. از میان دو الگوریتم ژنتیک پیوسته و تجمعی ذرات کدام الگوریتم دارای کارایی بالاتری در حل مدل می‌باشد؟

روش‌شناسی پژوهش

پژوهش حاضر از نظر هدف کاربردی و از نظر ماهیت و روش توصیفی-تحلیلی می‌باشد. جامعه آماری این پژوهش، تمام شرکت‌های پذیرفته شده بورس اوراق بهادار تهران در فاصله سال‌های **۱۳۹۳-۱۳۸۸** است . میانگین نرخ بازده سه ماهه آنها در این بازه زمانی ۰/۱ در نظر گرفته می شود که عدد مذکور دو برابر بازده بدون ریسک در یک دوره سه ماهه با احتساب بازده بدون ریسک سالیانه ۰/۲۰است. این پژوهش یک مدل انتخاب بهینه سبد سهام چند دوره‌ای بر اساس مینیمم‌سازی مجموع ارزش در معرض ریسک و با در نظر گرفتن بعضی محدودیت‌ها مانند هزینه معاملات ارائه می‌دهد. این مدل از طریق دو الگوریتم فراابتکاری حل و کارایی دو الگوریتم بهینه‌ساز مقایسه می‌شوند. برای گردآوری داده‌ها از

اطلاعات نرم‌افزار ره‌آورد نوین ۳ استفاده شده و جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار متلب[۸] و کدنویسی در آن برای بررسی و پیاده‌سازی مدل‌ها استفاده شده است. در جدول ۱، سبد سهام نمونه‌ای ارائه شده است.

جدول شماره (۱): سبد سهام نمونه‌ای

شماره سبد	نام سهام				
سبد ۱	باما	مواد داروپخش	صنایع ملی مس ایران	ماشین‌سازی اراک	کنتورسازی ایران
سبد ۲	سالمین	سخت آژند	پتروشیمی اصفهان	پارس خزر	باما
سبد ۳	نیروکلر	کشت و صنعت چین چین	فولاد امیرکبیر کاشان	سر. صنعت و معدن	بهمن لیزینگ
سبد ٤	فروسیلیس ایران	سیمان کرمان	دارو ابوریحان	پتروشیمی خارک	ایران یاسا
سبد ٥	قند هگمتان	فارسیت اهواز	سر. البرز	تهران دارو	فروسیلیس ایران
سبد ٦	کاشی تکسرام	سیمان سفید نی‌ریز	ماشین‌سازی اراک	مهرام	گلتاش
سبد ۷	نفت پارس	قند تربت جام	خدمات انفورماتیک	پالایش نفت بندر عباس	البرز دارو
سبد ۸	مخابراتی ایران	کیسون	داده‌پردازی ایران	توسعه خدمات دریایی و بندری سینا	اما
سبد ۹	معدنی دماوند	کابل‌سازی ایران	پاک‌وش	مگسال	معادن مس تکنار
سبد ۱۰	ورزیران	سرامیک اردکان	تکادو	پتروشیمی شازند	بسته‌بندی مشهد

معرفی مدل پژوهش

برای رسیدن به یک مدل کمی انتخاب سبد سهام، ابتدا باید ریسک را اندازه‌گیری کرد. شاخص‌های مختلفی برای اندازه‌گیری ریسک تاکنون تعریف شده‌اند. انحراف معیار[۹] و نیم‌انحراف معیار جزء معروفترین این شاخص‌ها هستند. ارزش در معرض ریسک (VaR) نیز یکی از این شاخص‌ها می‌باشد. این کمیت حداکثر میزان ضرر پرتفوی را در یک سطح اطمینان مشخص اندازه‌گیری می‌کند. برخلاف نیم‌انحراف معیار که وابسته به تقارن تابع چگالی توزیع بازده دارایی سرمایه‌ای است، ارزش در معرض ریسک چنین نیست. فرض کنید ارزش اولیه یک پرتفوی با نام p برابر با $p(0)$ باشد. در صورتی که متغیر تصادفی نشان‌دهنده بازده پرتفوی در یک دوره زمانی مشخص برابر R باشد، تابع ضرر پرتفوی را می‌توان به صورت رابطه (۱) تعریف کرد:

$$L = p(0) - p(0)(1+\mathrm{R}) = p(0)(-\mathrm{R})$$

8. MATLAB
9. Standard Deviation

(۱)

که خود یک متغیر تصادفی است (مقادیر منفی تابع ضرر در واقع سود است). در صورتی که R دارای توزیع نرمال باشد، در این صورت توزیع L برابر با رابطه (۲) است.

$$\mathrm{L}\sim \mathrm{N}(-\mu p(0), p(0)^2\sigma^2)$$

(۲)

بنابراین، با توجه به تعریف ارزش در معرض ریسک در سطح اطمینان α یعنی $p(\mathrm{L} < \mathrm{VaR}) = \alpha$ رابطه (۳) برقرار است:

$$\mathrm{VaR} = p(0)\sigma Z_\alpha - p(0)\mu = \mathrm{p}(0)(\sigma Z_\alpha - \mu)$$

(۳)

که $Z_\alpha = \Phi^{-1}(\alpha)$ به‌صورتی که تابع Φ^{-1}، وارون توزیع تجمعی نرمال می‌باشد. فرض کنید قرار است سرمایه پرتفوی بین n سهم تقسیم شود. اگر مقداری از سرمایه که به هر سهم اختصاص می‌دهیم به ترتیب $x_1, \mathrm{x}_2, ..., \mathrm{x}_n$ باشند، وزنی از سرمایه که به سهم iاُم اختصاص می‌یابد، برابر با رابطه (۴) است.

$$\forall i : w_i = \frac{x_i}{\mathrm{p}(0)}$$

(۴)

وزن پرتفوی را با بردار $w = (\mathrm{w}_1, \mathrm{w}_2, ..., \mathrm{w}_n)$ نشان می‌دهیم. در حالت کلی می‌توان نشان داد که بازده پرتفوی یا μ_p برابر با رابطه (۵) است. (یو،۲۰۱۵)[10]

$$\mu_p = \mathrm{w}_1 \mu_1 + ... + \mathrm{w}_n \mu_n = w' \mu$$

(۵)

که $\mu = (\mu_1, ..., \mu_n)'$ بردار بازده مورد انتظار پرتفوی است. همچنین با معرفی ماتریس کوواریانس Σ برای متغیرهای تصادفی بازده n سهم، واریانس پرتفوی برابر با رابطه (۶) است.

---

10 -Yu

$$\sigma_p^2 = wCw^T$$

(۶)

بنابراین، در صورتی که تمام بازده‌های سهام موجود در پرتفوی به صورت نرمال توزیع شده باشد، بازده پرتفوی نیز به صورت نرمال و به‌صورت رابطه (۷) است.

$$\mathrm{VaR} = \mathrm{p}(0)(\sigma_p Z_\alpha - \mu_p) = Z_\alpha \sqrt{w' p(0) \Sigma w p(0)} - \mu_p p(0) = Z_\alpha \sqrt{x' \Sigma x} - x' \mu$$

(۷)

در ادامه، فرض کنید n دارایی ریسکی پیش روی سرمایه‌گذار قرار دارد و قرار است یک سبد سهام چند دوره‌ای توسط سرمایه‌گذار گزینش شود. بازرسی و تغییر احتمالی در پرتفوی در زمان‌های گسسته t=1,2,…,T صورت خواهد گرفت. در این زمان‌ها سرمایه‌گذار ممکن است تعدادی از سهام‌های موجود در پرتفوی را فروخته و یا سهام‌های جدیدی خریداری کند یا درصد وجود سهامی در پرتفوی را با خرید آن سهام افزایش دهد تا در نهایت در زمان T+1، سبد فروخته و ارزش نهایی آن مشخص می‌گردد. در ادامه برای رسیدن به یک مدل مناسب فرض کنید $r_{it} \quad i=1,2,\dots,\mathrm{n}, \mathrm{t}=1,2,\dots,\mathrm{T}$ مجموعه متغیرهای تصادفی نشان‌دهنده نرخ‌های بازگشت n سهم مذکور در طول دوره سرمایه‌گذاری باشد، به صورتی که r_{it} نرخ بازگشت سهام iاُم در بازه [t-1,t] است. همچنین فرض کنید بردار $x_t=(x_{t1},x_{t2},\dots,x_{tn})'$ نشان‌دهنده وضعیت پرتفوی سرمایه‌گذار در زمان t باشد، x_{ti} میزان (بر حسب واحد پول) از دارایی i در زمان t در سبد دارایی می‌باشد. مقادیر منفی در درایه‌های بردار به مفهوم فروش استقراضی آن دارایی است. البته در مدل مورد بررسی همواره فرض می‌کنیم امکان فروش استقراضی وجود ندارد.

با معرفی $1^T = [1\ 1 \dots 1]_{1\times n}$، ارزش کل پرتفوی در زمان t که با w_t نمایش می‌دهیم برابر با رابطه (۸) خواهد بود:

$$w_t = 1^T x_t = x_{t1} + x_{t2} + \dots + x_{tn}$$

(۸)

فرض کنید بردار u_t میزان خرید و فروش دارایی‌ها بر حسب دلار در زمان t در جهت تغییر در محتویات پرتفوی باشد. به این مفهوم که $u_{ti} > 0$ نشان‌دهنده خرید دارایی iاُم به اندازه ارزش u_{ti}

$u_{ti} < 0$ دلار و u_{ti} نشان‌دهنده فروش به اندازه ارزش دلار از دارایی نوع iاُم است. بنابراین زمانی که پرتفوی به لحظه t می‌رسد، با اعمال سیاست خرید و فروش در این زمان، بردار نشان‌دهنده موقعیت پرتفوی در زمان t+1 بر اساس معادله دینامیکی (۹) مشخص می‌شود.

$$x_{i,t+1} = x_{it}(1+r_{it}) + \mathrm{u}_t \tag{۹}$$

پرتفویی که در این پژوهش به بررسی آن می‌پردازیم، یک پرتفوی خود تأمین می‌باشد. این بدان مفهوم است که هزینه لازم برای خرید سهام و پرداخت حق معامله از طریق فروش سهام تأمین می‌شود و در طول دوره هیچ پولی از آن برداشت نمی‌شود و هیچ پولی نیز به آن تزریق نمی‌شود. بنابراین در صورتی که β_{buy} نشان‌دهنده حق معامله به ازای یک واحد پول خرید باشد و β_{sell} نشان‌دهنده حق معامله به ازای یک واحد پول خرید باشد، در این صورت شرط خود تأمینی پرتفوی معادل با برقراری رابطه (۱۰) است. (یو،۲۰۱۵).

$$1^T y + \beta_{buy} y^+ + \beta_{sell} y^- = 0 \tag{۱۰}$$

که در آن:

$$y^+ = \max\{\mathrm{y}, 0\}$$
$$y^- = \max\{-\mathrm{y}, 0\}$$

به ترتیب نشان‌دهنده بردارهای خرید و فروش هستند. بنابراین y^+ مکان‌های خرید در بردار معامله و y^- مکان‌های فروش در بردار معامله است. در واقع معادله اخیر بیان می کند که مقدار اضافی حاصل از خرید و فروش برابر مجموع هزینه‌های معاملاتی یعنی مجموع هزینه‌های معاملاتی خرید $\beta_{buy}^T y^+$ و مجموع هزینه‌های معاملاتی فروش $\beta_{sell}^T y^-$ است. یکی دیگر از شرایطی که برای پرتفوی در نظر گرفته شد، برقراری شرط عدم امکان فروش استقراضی می‌باشد که این شرط معادل برقراری رابطه (۱۱) است.

$$\forall i,t \quad x_{it} + y_{it} \ge 0 \tag{۱۱}$$

مطابق ادبیات پژوهش با معرفی ماتریس کواریانس C به صورت:

$$\Sigma = \begin{bmatrix} \sigma_{11} & \sigma_{12} & \vdots & \sigma_{1n} \\ \sigma_{21} & \sigma_{22} & \vdots & \sigma_{2n} \\ \cdots & \cdots & \ddots & \vdots \\ \sigma_{n1} & \sigma_{n2} & \cdots & \sigma_{nn} \end{bmatrix}$$

(۱۲)

که σ_{ij} برابر کواریانس دو سهم i و j می باشد، خواهیم داشت:

$$\sigma_p^2 = wCw^T$$

(۱۳)

بنابراین در صورتی که تمام نرخ‌های بازگشت سهام موجود در پرتفوی به صورت نرمال توزیع شده باشد، در آن صورت نرخ بازگشت پرتفوی نیز به صورت نرمال خواهد بود، یعنی:

$$R_p \sim N(\mu_p, \sigma_p^2)$$

(۱۴)

و از این‌رو، ارزش در معرض ریسک آن برابر است با:

$$VaR = \Phi^{-1}(\alpha)\sqrt{x^{'}\Sigma\ x}$$

(۱۵)

حال اگر f_t نشان‌دهنده ارزش در معرض ریسک پرتفوی در زمان t باشد، یعنی:

$$f_t = \Phi^{-1}(\alpha)\sqrt{x_t^{'}\Sigma\ x_t}$$

(۱۶)

که در آن $\Phi(.)$ تابع توزیع تجمعی نرمال و α سطح اطمینان در نظر گرفته شده برای ارزش در معرض ریسک است، آنگاه $\sum_{t=1}^{T} f_t$ برابر مجموع ارزش در معرض ریسک دوره‌های سرمایه‌گذاری می‌باشد. بدیهی است که ارزش پرتفوی در زمان t برابر است که با w_t نشان می‌دهیم برابر است با:

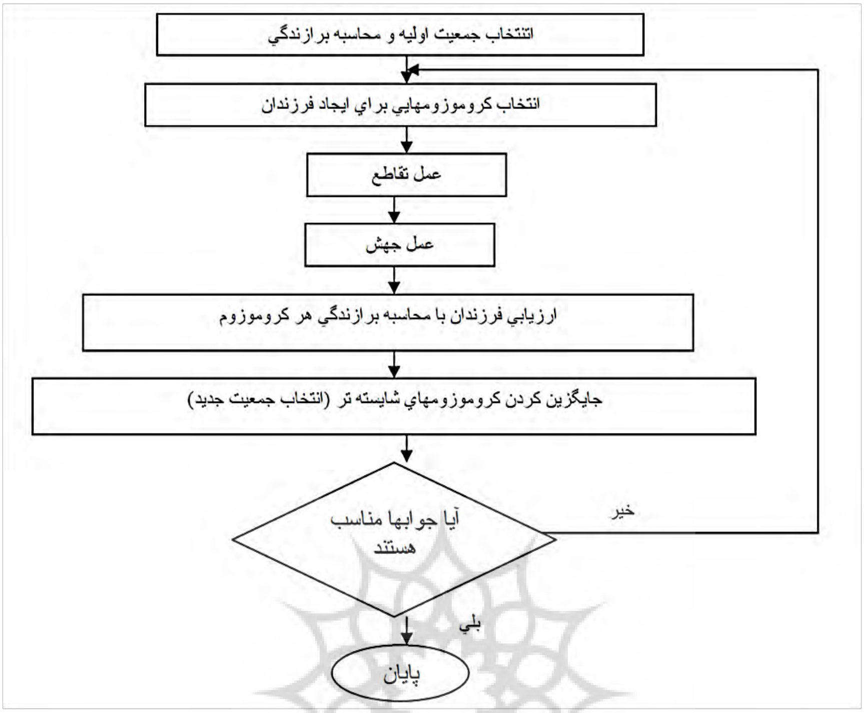
$$w = \sum_{i=1}^{n} x_{it} \tag{۱۷}$$

بنابراین با توجه به مطالب ارائه شده، مدلی که در این پژوهش باید مورد بهینه‌سازی قرار بگیرد، به صورت رابطه (۱۸) است. (یو،۲۰۱۵)

$$\begin{aligned}
&\min \sum_{t=1}^{T} f_t = \sum_{i=1}^{T} \Phi^{-1}(\alpha)\sqrt{x_t^{'}\Sigma\, x_t} \\
&st: \\
&x_{i,t+1} = x_{it}(1+r_{it}) + y_{it} \\
&1^T y + \beta_{buy} y^{+} + \beta_{sell} y^{-} = 0 \\
&\forall i,t \quad x_{it} + y_{it} \geq 0 \\
\\
&y^{+} = \max\{y, 0\} \\
&y^{-} = \max\{-y, 0\}
\end{aligned} \tag{۱۸}$$

مدل ارائه شده، یک مدل غیرخطی است و از این‌رو برای بهینه‌سازی مدل، از الگوریتم‌های فراابتکاری استفاده می‌شود.

فلوچارت الگوریتم ژنتیک در شکل ۱، ارائه شده است.



شکل (۱): فلوچارت الگوریتم ژنتیک (جوادی، ۱۳۸۳: ۳۲)

در مورد الگوریتم ژنتیک پیوسته، فرض کنید به دنبال بهینه‌سازی مدل ارائه شده در رابطه (۱۹) هستیم:

$$\min \; f(x_1, x_2, \ldots, x_n)$$
$$\forall i : a_i \le x_i \le b_i$$
$$[a_i, b_i] \tag{۱۹}$$

شکل کروموزم‌ها یک رشته به طول n می‌باشد که بیت iاُم آن یک عدد تصادفی گرفته شده از توزیع یکنواخت در فاصله $[a_i, b_i]$ می‌باشد. سیستم انتخاب کروموزم برای نسل بعد را می‌توان مانند الگوریتم ژنتیک باینری[11] بر اساس چرخه رولت یا انتخاب رتبه‌بندی مشخص کرد.

11. Binary

برای عملگر تقاطع می‌توان به تعداد کروموزم‌ها عدد تصادفی تولید کنیم و سپس در صورتی که عدد تصادفی iاُم از نرخ تقاطع کمتر باشد، کروموزم iاُم به‌عنوان یک والد شناخته می‌شود. دو کوروموزم والد X_1, X_2 را می‌توانیم به‌صورت رابطه (۲۰) به دو فرزند Y_1, Y_2 تبدیل کنیم.

$$Y_1 = \theta.X_1 + (1-\theta).X_2$$
$$Y_2 = \theta.X_2 + (1-\theta).X_1$$

(۲۰)

که θ یک بردار تصادفی به طول n از توزیع یکنواخت می‌باشد، یعنی:

$$\theta \sim U(-\gamma, \gamma + 1)$$

(۲۱)

که γ یک پارامتر است. برای عملگر جهش می‌توانیم به تعداد کل کروموزم‌ها عدد تصادفی تولید کنیم و سپس در صورتی که عدد تصادفی iاُم از نرخ جهش کمتر باشد، کروموزم iاُم را جهش می‌دهیم. بدین منظور، یک عدد تصادفی صحیح در بازه صفر تا n را که مکان جهش می‌باشد، انتخاب کرده (مثلا jاُم) و محتوای بیت را مطابق رابطه (۲۲) تغییر می‌دهیم:

(۲۲)

$$X_i(j) \leftarrow X_i(j) + \sigma Z$$
$$Z \sim N(0,1)\sigma = \alpha(b_i - a_i)$$

که α یک پارامتر است (صادقی، ۱۳۸۴: ۴۶).

الگوریتم تجمعی ذرات: الگوریتم ازدحام یا تجمعی ذرات[12] (PSO)، یک الگوریتم جمعیت‌محور با جستجوی اجتماعی است که از روی رفتار اجتماعی دسته‌های پرندگان و ماهی‌ها مدل شده است. این الگوریتم از توده‌ای از ذرات تشکیل شده است. هر ذره‌ای در ناحیه‌ای از فضای جستجو ساکن شده است. مقدار تابع هدف برای هر ذره میزان شایستگی یا برازندگی مکان آن ذره را نشان می‌دهد. ذرات در ناحیه جستجو با سرعت مشخصی حرکت می‌کنند. سرعت ذره (جهت و مقدار سرعت) هر ذره تحت دو عامل قرار دارد. یکی بهترین تجربه‌ای که آن ذره تاکنون داشته است (بهترین مقدار برازندگی که تاکنون داشته است) و عامل دیگر بهترین تجربه‌ای که ذرات مجاور تاکنون داشته‌اند و در نهایت حرکت ذرات به سمت نقطه بهینه همگرا خواهد شد (Horowitz, 1385).

12. Particle Swarm Optimization

فرض کنید به دنبال بهینه‌سازی تابع n متغیره f با متغیرهای $x_1, x_2, ..., x_n$ هستیم. بدین منظور، در ابتدا m ذره در فضای جستجو به‌طور تصادفی قرار می‌دهیم. فرض کنید در دوره tاُم از اجرای الگوریتم مؤلفه j مکان ذره iاُم برابر $x_{ij}(t)$ باشد. سرعت ذرات در اولین دوره اجرای الگوریتم برای همه ذرات برابر صفر می‌باشد و همچنین در دوره tاُم از اجرای الگوریتم مؤلفه j بردار سرعت ذره iاُم را برابر $v_{ij}(t)$ باشد. در هر دوره t ، هر ذره i، بهترین تجربه‌ای یا بهترین موقعیت مکانی را که داشته است در خاطر دارد که آن را با رابطه (۲۳) نشان می‌دهیم (کاروالیو و لادمیر[۱۳]، ۲۰۰۷: ۱۷).

$$p_i(t) = (p_{i1}(t), p_{i2}(t), ..., p_{in}(t)) \tag{۲۳}$$

به‌علاوه، همه ذرات از بهترین تجربه جمعی که تاکنون بوجود آمده و با $g(t) = (g_1(t), g_2(t), ..., g_n(t))$ نشان می‌دهیم، آگاهی دارند. در این الگوریتم، ذره‌ها موقعیت یا مکان خود را مطابق رابطه (۲۴) به‌روزرسانی می‌کنند.

$$\begin{aligned} v_{ij}(t+1) &= w\, v_{ij}(t) + c_1 r_1 (p_{ij}(t) - x_{ij}(t)) + c_2 r_2 (g_j(t) - x_{ij}(t)) \\ x_{ij}(t+1) &= x_{ij}(t) + v_{ij}(t+1) \end{aligned} \tag{۲۴}$$

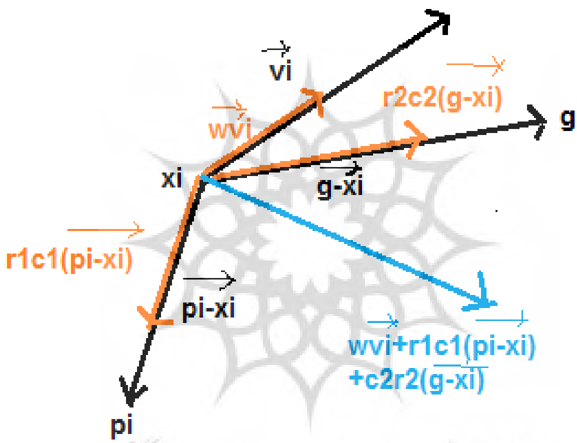
w را ضریب اینرسی[۱۴] (نیرویی که می‌خواهد همچنان ذره به حرکت خود ادامه دهد) می‌نامند و هر چه بزرگتر باشد، نوسانات حرکتی ذرات بیشتر شده و الگوریتم به جاهای مختلف سر می‌کشد و هر چه کوچکتر باشد، سرعت همگرایی بالاتر می‌رود. تجربه نشان داده بهترین انتخاب به صورت $0.4 \le w \le 0.9$ می‌باشد. r_1 و r_2 دو عدد تصادفی با توزیع یکنواخت در بازه صفر و یک می‌باشند. c_1 را ضریب یادگیری شخصی و c_2 را ضریب یادگیری جمعی می‌نامند و انتخاب متداول به صورت رابطه (۲۵) می‌باشد.

3. Carvalho & Ludermir
1. Inertia Factor

$$0 \le c_1 \le 2$$
$$0 \le c_2 \le 2$$
$$or$$
$$c_1 = c_2 = 2$$

(۲۵)

که غالبا $c_1 = c_2 = 2$ است. هر چه ضریب یادگیری شخصی بزرگتر باشد، یعنی به تجربه‌های شخصی اهمیت بیشتری داده می‌شود و هوش جمعی کمتر در نظر گرفته می‌شود و هر چه ضریب یادگیری جمعی بزرگتر باشد، به بهترین موقعیت جمعی اهمیت بیشتری داده می‌شود و تجربه‌های شخصی کمتر دیده می‌شوند. فرم بُرداری الگوریتم تجمعی ذرات در شکل ۲، ارائه شده است.



شکل (۲): فرم بُرداری الگوریتم تجمعی ذرات (کاروالیو و لادمیر، ۲۰۰۷)

تجزیه و تحلیل داده‌ها

در این بخش، کارایی پرتفوی‌های حاصل از الگوریتم‌های ژنتیک و تجمعی ذرات در بهینه‌سازی مدل انتخاب سبد سهام چند دوره‌ای با رویکرد مجموع ارزش در معرض ریسک ارائه شده است. از میان جامعه آماری شامل ۱۶۲ شرکت پذیرفته شده در بورس تهران، با توجه به پیچیدگی محاسبات و شبیه سازی سناریوهای مختلف ده سبد پنج سهمی جهت محاسبات انتخاب گردیده که محتوای هر سبد نیز به صورت تصادفی از بین اعضای جامعه اماری انتخاب گردیده است. در پژوهش حاضر، به جای ذکر

نام سهم، از شماره آن استفاده شده است. با توجه به بازه نمونه‌گیری یعنی **۶** سال **۱۳۹۳–۱۳۸۸**، هر سهم دارای **۲۴** نرخ بازده سه ماهه است که در جدول ۲، آمار توصیفی نرخ‌های بازده آنها ارائه شده است.

جدول (۲): آمار توصیفی نرخ‌های بازده پنج سهم یکی از سبدهای سهام

آمار توصیفی	سهم ۱	سهم۲	سهم۳	سهم۴	سهم۵
میانگین	۰/۲۰۱۹۵	۰/۱۲۰۹۳۸	۰/۱۲۳۴۳۸	۰/۲۳۹۶۵۴	۰/۱۰۶۳۱۳
میانه	۰/۰۸۲۸	۰/۰۴۳۲۵	۰/۰۷۶۹	۰/۱۳۸۲	۰/۰۲۲۳۵
ماکسیمم	۲/۰۵۹۵	۰/۸۶۱۶	۰/۹۳۸۴	۱/۵۰۹۹	۱/۱۸۴۷
مینیمم	−۰/۲۲۱	−۰/۲۸۴۸	−۰/۳۱۲	−۰/۳۳۸۶	−۰/۲۷۹۷
انحراف معیار	۰/۴۶۵۲۹۷	۰/۲۵۰۱۱۵	۰/۲۸۴۰۶۴	۰/۵۰۵۵۸۶	۰/۳۴۵۸۲۴
چولگی	۰/۷۵۶۰۴۵	۰/۹۴۳۱۱۱	۱/۱۶۳۰۸۷	۱/۲۱۴۰۳۷	۱/۷۴۵۲۶
کشیدگی	۴/۶۸۷۸۴	۴/۲۷۷۵۱۲	۴/۳۲۸۱۸۶	۳/۶۰۲۴۱۶	۴/۸۵۸۷۷۵
آماره جارک –برا	۱۰۵/۸۶۱۸	۵/۱۸۹۸۷۴	۷/۱۷۵۱۶۴	۶/۲۵۸۴۴۳	۲۰/۳۵۶۳۲
مقدار احتمال	۰/۰۵۱۲۴۱	۰/۰۷۴۶۵۱	۰/۰۵۷۶۶۵	۰/۰۵۳۷۵۲	۰/۰۶۲۷۳۸
تعداد	۲۴	۲۴	۲۴	۲۴	۲۴

بازده سه ماهه و ماتریس کواریانس پنج سهم به ترتیب عبارتند از:

$$\mu = [0.2019 \quad 0.1209 \quad 0.1234 \quad 0.2397 \quad 0.1063]$$

$$\Sigma = \begin{bmatrix} 0.2165 & 0.0445 & 0.0992 & 0.1297 & 0.0382 \\ 0.0445 & 0.0626 & 0.0317 & 0.0416 & 0.0270 \\ 0.0992 & 0.0317 & 0.0807 & 0.0944 & 0.0192 \\ 0.1297 & 0.0416 & 0.0944 & 0.2556 & 0.0235 \\ 0.0382 & 0.0270 & 0.0192 & 0.0235 & 0.1196 \end{bmatrix}$$

برای آینده این پرتفوی ۱۰۰۰ سناریو در نظر گرفته شده است. برای تولید ۱۰۰۰ سناریو برای پنج سهم، تابع چگالی احتمال نرخ بازده همزمان این پنج سهم را برابر توزیع نرمال چند متغیره با میانگین μ و کواریانس Σ در نظر گرفته شده است. در این سناریو، رفتار آتی پنج سهم، برای پنج دوره پیش‌رو

شبیه سازی شده است. حال با ثابت نگه داشتن هر سناریو به حل مدل پرداخته می‌شود تا استراتژی معاملاتی پرتفوی بهینه محاسبه شود. به عبارت دیگر مشخص می‌شود در پایان هر دوره زمانی، چه تغییری در پرتفوی خودتأمین باید صورت گیرد. حق معامله فروش مطابق بورس تهران برابر ۰/۰۱۰۲۹ و حق معامله خرید ۰/۰۰۴۸۶ در نظر گرفته شده است.

نتایج پیاده‌سازی مدل به‌کمک الگوریتم تجمعی ذارت: در این روش، برای انتقال قیود به تابع هدف از روش ضریب جریمه یا پنالتی استفاده شد. تعداد تکرار و تعداد جمعیت در هر دو الگوریتم به ترتیب ۲۰۰ و ۱۰۰ است. احتمال تقاطع در الگوریتم ژنتیک برابر ۰/۹، احتمال جهش برابر ۰/۱ و همچنین ضریب یادگیری شخصی و جمعی در الگوریتم تجمعی ذرات برابر ۲ در نظر گرفته شده است. به‌عنوان نمونه برای سناریوی دهم از میان هزار سناریو، استراتژی تغییر در پرتفوی یا همان بردار y مطابق الگوریتم تجمعی ذرات به‌صورت جدول ۳، محاسبه شده است.

جدول(۳): استراتژی تغییر برای سناریوی دهم مطابق الگوریتم تجمعی ذرات

شماره سهم	y1	y2	y3	y4	y5
سهم ۱	−۰/۲	۰/۴۴۶۹۷۲	−۰/۴۵۷۶۳	−۰/۳۲۱۳۴	۰/۱۵۶۴۸۸
سهم ۲	−۰/۰۴۸۳۱	−۰/۰۸۸۱۶	۰/۳۰۹۵۱۴	−۰/۰۱۱۵۵	−۰/۰۷۶۱۲
سهم ۳	−۰/۰۴۸۱۳	۰/۲۲۴۶۲۳	−۰/۲۴۵۳۲	۰/۲۶۱۶۳	۰/۲۴۰۲۱۶
سهم ۴	۰/۲۰۵۴۷۲	−۰/۲۱۶۳۲	۰/۲۵۹۳	۰/۱۹۳۰۹۱	−۰/۳۹۳۸۴
سهم ۵	۰/۰۸۶۴۵۲	−۰/۳۷۷۴۱	۰/۱۲۳۵۲۲	−۰/۱۲۸۷۹	۰/۰۶۶۱۵۳

اعداد منفی بیان‌کننده فروش دارایی و اعداد مثبت برابر خرید دارایی است که در این سناریو، ارزش نهایی پرتفوی و مقدار مجموع ارزش در معرض ریسک دوره‌های آن برای الگوریتم تجمعی ذرات در جدول ۴، ارائه شده است.

جدول (۴): نتیجه بهینه‌سازی سناریوی دهم حاصل از الگوریتم تجمعی ذرات

مجموع ارزش در معرض ریسک	ارزش نهایی پرتفوی
۲/۷۳۴۵۱۱۸۱	۰/۹۹۱۱۱۴۷۵

پس از محاسبه ثروت نهایی و ارزش در معرض ریسک برای تمام سناریوها، میانگین ثروت نهایی و میانگین ارزش در معرض ریسک دوره‌ها برای الگوریتم تجمعی ذرات به صورت جدول ۵، محاسبه شدند.

جدول (۵): نتیجه نهایی بهینه‌سازی حاصل از الگوریتم تجمعی ذرات

میانگین ارزش در معرض ریسک	میانگین ثروت نهایی
۳/۹۶۹۶	۲/۲۷۰۱ (برحسب واحد پول)

نتایج پیاده‌سازی مدل به‌کمک الگوریتم ژنتیک پیوسته: در این روش نیز برای انتقال قیود به تابع هدف از روش ضریب جریمه یا پنالتی استفاده شد. مجموعه سناریوها همان سناریوهای استفاده شده برای الگوریتم قبلی (تجمعی ذرات) می‌باشد. استراتژی تغییر در پرتفوی یا همان بردار y برای سناریوی دهم مطابق الگوریتم ژنتیک پیوسته به‌صورت جدول ۶، محاسبه شده است.

جدول(۶): استراتژی تغییر برای سناریوی دهم مطابق الگوریتم ژنتیک پیوسته

شماره سهم	y1	y2	y3	y4	y5
سهم ۱	۰/۰۸۱۰۹۲	-۰/۱۹۲۵۶	-۰/۲۲۹۹۵	۰/۰۴۴۵۹۸	-۰/۰۱۸۸۴
سهم ۲	-۰/۰۳۳۱۹	۰/۱۸۷۴۹۵	-۰/۰۱۳۴۹	-۰/۰۷۸۵۳	-۰/۱۱۳۴۷
سهم ۳	-۰/۰۰۵۸۱	۰/۰۴۸۸۲	۰/۱۱۷۸۵۹	۰/۰۳۵۳۸۳	۰/۰۳۵۲۷۷
سهم ۴	-۰/۱۵۴۳	۰/۱۲۴۶۶۳	۰/۰۸۷۶۴۹	۰/۱۰۱۰۲۷	۰/۲۷۰۴۵۷
سهم ۵	۰/۱۰۹۲۲۸	۰/۱۷۳۹۶	۰/۰۳۴۲۶۲	-۰/۱۰۵۲۵	-۰/۱۷۸۱۱

اعداد منفی بیان‌کننده فروش دارایی و اعداد مثبت برابر خرید دارایی است که در این سناریو، ارزش نهایی پرتفوی و مقدار مجموع ارزش در معرض ریسک دوره‌های آن برای الگوریتم ژنتیک پیوسته در جدول ۷، ارائه است.

جدول (۷): نتیجه بهینه‌سازی سناریوی دهم حاصل از الگوریتم ژنتیک پیوسته

مجموع ارزش در معرض ریسک	ارزش نهایی پرتفوی
۳/۳۳۰۷۸	۱/۶۹۳۲۴۵

پس از محاسبه ثروت نهایی و ارزش در معرض ریسک برای تمام سناریوها، میانگین ثروت نهایی و میانگین ارزش در معرض ریسک دوره‌ها برای الگوریتم ژنتیک پیوسته به صورت جدول ۸، محاسبه شدند.

جدول (۸): نتیجه نهایی بهینه‌سازی حاصل از الگوریتم ژنتیک پیوسته

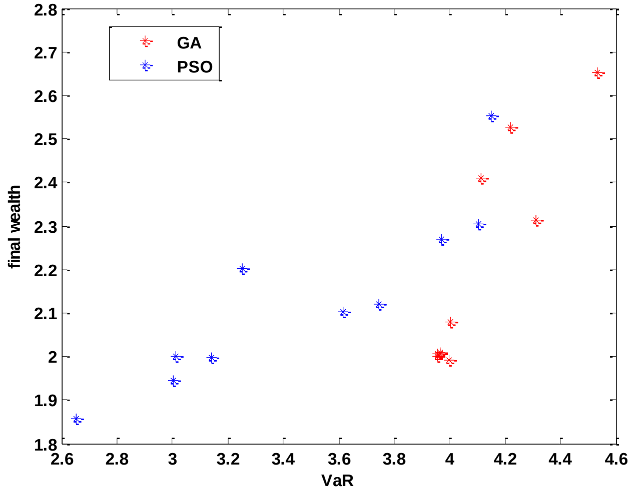
میانگین ارزش در معرض ریسک	میانگین ثروت نهایی
۴/۲۱۹۶	۲/۵۲۷۱

در ادامه، با انجام فرآیندی مشابه، نتیجه بهینه‌سازی برای تمام ده سبد سهام نمونه‌ای در جدول ۹، ارائه شده است.

جدول (۹): نتایج بهینه‌سازی بر روی ده سبد سهام نمونه‌ای

شماره سبد	**ثروت نهایی سبد** PSO	**مجموع ارزش در معرض ریسک** PSO	**ثروت نهایی سبد** GA	**مجموع ارزش در معرض ریسک** GA
۱	۲/۲۷۰۱	۳/۹۶۹۶	۲/۵۲۷۱	۴/۲۱۹۶
۲	۲/۲۰۲	۳/۲۵۱۸	۱/۹۹۹۹	۳/۹۵۶۸
۳	۱/۹۴۳۶	۳/۰۰۱۲	۲/۰۷۸۵	۴/۰۰۱۱
۴	۲/۱۰۲۵	۳/۶۱۸۳	۲/۴۱۱	۴/۱۱۲۸
۵	۲/۵۵۲۴	۴/۱۵۱۲	۲/۶۵۲۱	۴/۵۳۲۱
۶	۱/۹۹۷۶	۳/۱۴۲۹	۲/۰۰۹۸	۳/۹۶۵۲
۷	۲/۳۰۴۱	۴/۱۰۵۶	۱/۹۹۱	۳/۹۹۹۸
۸	۲/۰۰۱	۳/۰۱۰۵	۲/۳۱۲۸	۴/۳۱۱۱
۹	۱/۸۵۷۴	۲/۶۵۴۳	۲/۰۰۵۵	۳/۹۵۶۷
۱۰	۲/۱۲۱	۳/۷۴۵۱	۲/۰۰۴۷	۳/۹۶۵۴

شکل ۳، سبدهای سهام نمونه‌ای را در فضای ارزش نهایی سبد- ارزش در معرض ریسک نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، نتایج حاصل از روش تجمعی ذرات (PSO) مرز کارایی بهتری را شناسایی کرده است.



شکل (۳): نمایش نتایج سبدهای سهام نمونه‌ای

برای مقایسه کارایی پرتفوی‌های بهینه حاصل از دو روش بهینه‌سازی، از معیار شارپ استفاده شده است. این معیار با تقسیم میانگین ثروت نهایی ده پرتفوی به عنوان بازدهی بر میانگین مجموع ارزش در معرض ریسک محاسبه شده است. نتایج در جدول ۱۰، ارائه شده است.

جدول (۱۰): مقایسه کارایی سبدهای بهینه

نسبت شارپ در روش GA	نسبت شارپ در روش PSO
۰/۵۳۶۱	۰/۶۱۶۲

نتایج جدول ۱۰، نشان می‌دهد که در معیار مقایسه نسبت شارپ، کارایی الگوریتم بهینه‌ساز تجمعی ذرات در حل مدل سبد سهام چند دوره‌ای بر اساس مجموع ارزش در معرض ریسک دوره‌ها از الگوریتم بهینه‌ساز ژنتیک پیوسته بیشتر است.

نتیجه‌گیری و بحث

در این پژوهش، به ارائه و بهینه‌سازی یک مدل انتخاب بهینه سبد سهام چند دوره‌ای ، بدون فروش استقراضی و با وجود هزینه‌های معاملاتی با استفاده از معیار کمینه‌سازی مجموع ارزش در معرض ریسک دوره‌ها پرداخته شد. با بررسی تحقیقات مشابه صورت گرفته در زمینه بهینه سازی سبد سهام چند دوره

ای می توان به تحقیقات تقوی فرد (۱۳۸۶)، رئوف پناه (۱۳۹۲)، جمشیدی عینی و همکاران (۱۳۹۴) ، لیو و همکارانش (2012)، ژانگ (2009)و سان و همکارانش (2011)اشاره نمود .در این تحقیقات اکثرا مدل بهینه سازی سبد سرمایه گذاری چند دوره ای احتمالی میانگین –نیم واریانس- ارزش در معرض ریسک را با محدودیت هایی چون هزینه معاملاتی در تحقیقات لیو و همکارانش (2012)و نجفی و موشیخیان(۱۳۹۳) و عدم فروش استقراضی در تحقیقات بوید (2009) و ژانگ و ژانگ (۲۰۰۹) با الگوریتم های فرا ابتکاری ژنتیک و در تحقیقات سان و همکارانش (2011)،راعی و علی بیگی (۱۳۸۹)و کورا (2009) با الگوریتم PSO اشاره کرد. در این تحقیق نیز با توجه به ماهیت غیرخطی مدل، از دو الگوریتم ژنتیک پیوسته و تجمعی ذرات برای بهینه‌سازی مدل استفاده شد و کارایی دو الگوریتم مقایسه شدند. نتایج پژوهش نشان داد که در شرایط برابر از لحاظ تعداد تکرار و تعداد جمعیت، کارایی الگوریتم بهینه‌سازی تجمعی ذرات در حل مدل سبد سهام چند دوره‌ای بر اساس مجموع ارزش در معرض ریسک دوره‌ها از الگوریتم ژنتیک پیوسته بیشتر است.

محدودیت‌ها وپیشنهادها

تحقیق حاضر بعنوان یک تحقیق در حوزه نظری و کاربردی به دنبال ارایه جواب‌های بهینه و زیر جواب‌های بهینه برای مساله انتخاب سبد سهام چند دوره‌ای با محدودیت‌های هزینه‌های معاملاتی و عدم امکان فروش استقراضی می‌باشد. با توجه به انتخاب بازه زمانی بین سال های ۱۳۸۸تا ۱۳۹۳ به دلیل در دسترس بودن اطلاعات مورد نیاز در این زمینه محدودیتی وجود نداشت. در حوزه نظری تحقیق حاضر به علاقه‌مندان مباحث بهینه‌سازی پورتفوی، امکان استفاده از روش‌های هوشمند در بدست آوردن جواب‌های بهینه و زیر جواب بهینه را خاطر نشان می کند. در حوزه کاربردی نیز پژوهش حاضر با ارزیابی مثبت کیفیت زیر جواب‌های بهینه مدل انتخاب سبد سهام چند دوره‌ای، روش الگوریتم فراابتکاری و PSO را برای محاسبه سیاست بهینه خرید و فروش به سرمایه گذاران پیشنهاد می‌دهد. به محققان آتی توصیه می شود مدل را ضمن اضافه کردن قیود دیگر مانند صحیح بودن تعداد سهام در پرتفوی یا تعداد بیشتری از سهام با تعداد سناریوی بیشتری حل کرده و نتایج را مقایسه کنند.

منابع و مآخذ

۱. آقاسی, سعید, آقاسی, احسان, بیگلری, سحر. (۱۳۹۶). انتخاب پرتفوی سهام بهینه ی سرمایه‌گذاران بر اساس تحلیل همبستگی کانونی برای شرکت‌های عضو بورس اوراق بهادار تهران .دانش مالی تحلیل اوراق بهادار.۱۳۱-۱۱۹ ,(۳۶)۱۰ ,

۲. بیات, علی, اسدی, لیدا. (۱۳۹۶). بهینه سازی پرتفوی سهام: سودمندی الگوریتم پرندگان و مدل مارکویتز. مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار, ۸(۳۲), ۸۵-۶۳.

۳. بیات، علی؛ شکری، (۱۳۹۴)، فرایند انتخاب پرتفوی بهینه به روش ارزش در معرض ریسک "،گروه حسابداری، واحد زنجان، دانشگاه آزاد اسلامی، زنجان

۴. پاک مرام, عسگر, بحری ثالث, جمال, ولی زاده, مصطفی. (۱۳۹۶). انتخاب و بهینه سازی سبد سهام با استفاده از الگوریتم ژنتیک، با بهره گیری از مدل میانگین-نیمه واریانس مارکویتز. مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار, ۸(۳۱), ۴۲-۱۹.

۵. تقوی فرد محمدتقی، منصوری طاها، خوش طینت محسن. ارائه یک الگوریتم فرا ابتکاری جهت انتخاب سبد سهام با در نظر گرفتن محدودیت های عدد صحیح .پژوهش های رشد و توسعه پایدار (پژوهش های اقتصادی). ۱۳۸۶; ۷ (۴) :۴۹-

۶. جوادی، محمد. (۱۳۸۳). الگوریتم ژنتیک، تهران، موسسه چاپ و انتشارات دانشگاه امام حسین (ع).

۷. حسینی، سیدموسی و زهرایی، بنفشه. (۱۳۸۸). الگوریتم ژنتیک و بهینه‌سازی مهندسی، تهران، انتشارات گوتنبرگ.

۸. جمشیدی عینی, عصمت, خالوزاده, حمید. (۱۳۹۵). بررسی روش های هوشمند در حل مسئله سبد سهام مقید در بازار سهام تهران .دانش مالی تحلیل اوراق بهادار.۹۶-۸۵ ,(۳۱)۹ ,

۹. راعی, رضا وعلی بیکی, هدایت. (۱۳۸۹). بهینه سازی پرتفوی سهام با استفاده از روش حرکت تجمعی ذرات. فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات مالی, ۱۲(۲۹).

۱۰. رئوف‌پناه، حسین. (۱۳۹۲). «بهینه‌سازی سبد اوراق بهادار چند دوره‌ای برای مدیریت دارایی و بدهی همراه با کنترل ورشکستگی». پایان‌نامه کارشناسی ارشد، موسسه آموزشی عالی غیرانتفاعی و غیردولتی رجاء.

۱۱. رهنمای رودپشتی، فریدون. (۱۳۸۶). مجموعه مقالات، سخنرانی‌ها و مطالب تخصصی مالی و حسابداری (چاپ اول)، تهران، انتشارات حوزه معاونت پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی.

۱۲. زمردیان، غلامرضا. (۱۳۹۴). «مقایسه توان تبیین مدل‌های پارآمتریک (اقتصادسنجی) و ناپارآمتریک (مونت کارلو) در سنجش میزان ارزش در معرض خطر پرتفوی شرکت‌های سرمایه‌گذاری جهت تعیین پرتفوی بهینه در بازار سرمایه ایران». مجله مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار، سال ۶، شماره ۲۲، صص ۱۶۴-۱۴۷.

۱۳. شمس، مرضیه و صادقی، حجت‌اله. (۱۳۹۳). «محاسبه ارزش در معرض ریسک بر اساس تقریب کورنیش-فیشر از توزیع نرمال (مطالعه‌ای در نهادهای مالی بازار بورس اوراق بهادار تهران)». فصلنامه علمی-پژوهشی مدیریت دارایی و تأمین مالی، سال ۲، شماره ۴، صص ۲۰-۱.

۱۴. صادقی، ایرج. (۱۳۸۴). الگوریتم و فلوچارت، تهران، انتشارات ناقوس.

۱۵. صادقی، حجت‌الله و بهبودی، سعیده. (۱۳۹۵). «تخمین ارزش در معرض ریسک با استفاده از نظریه ارزش فرین (مطالعه‌ای در نرخ ارز)». فصلنامه علمی-پژوهشی مدیریت دارایی و تأمین مالی، سال ۴، شماره ۲، صص ۹۴-۷۷.

۱۶. گرویان، نغمه. (۱۳۸۶). «بهینه‌سازی استوار و شبیه‌سازی سبد سهام چند دوره‌ای». پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی امیرکبیر.

۱۷. مدرس یزدی، محمد؛ شمسی، اعظم و تاج‌بخش، علیرضا. (۱۳۸۷). «بهینه‌سازی استوار سبد مالی چند دوره‌ای با استفاده از ارزش در معرض خطر مشروط». ششمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی صنایع، تهران، انجمن مهندسی صنایع ایران، دانشگاه صنعتی شریف.

۱۸. موشخیان، سیامک و نجفی، امیر عباس. (۱۳۹۴). «بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری با استفاده از الگوریتم چند هدفه ازدحام ذرات برای مدل احتمالی چند دوره‌ای میانگین-نیم‌واریانس-چولگی». مجله مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار، سال ۶، شماره ۲۳، صص ۱۴۷-۱۳۳.

۱۹. مهران‌فر، محمدرضا. (۱۳۸۷). آشنایی با مفاهیم بورس اوراق بهادار (چاپ اول)، تهران، نشر چالش.

۲۰. نجفی، امیر عباس و موشخیان، سیامک. (۱۳۹۳). «مدل‌سازی و ارائه راه‌حل بهینه برای بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری چند دوره‌ای با الگوریتم ژنتیک». مجله مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار، سال ۶، شماره ۲۱، صص ۳۵-۱۳.

۲۱. همائی‌فر، ساغر و روغنیان، عماد. (۱۳۹۵). «به‌کارگیری الگوهای بهینه‌سازی پایدار و برنامه‌ریزی آرمانی در مسئله انتخاب سبد سرمایه‌گذاری چند دوره‌ای». مجله مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار، سال ۷، شماره ۲۸، صص ۱۶۷-۱۵۳.

۲۲. هورویتز، الیس. (۱۳۸۵). طراحی الگوریتم‌ها (چاپ دوم)، ترجمه علیخانزاده، امیر، مشهد، پرتونگار.

۲۳. یاری، محمدحسن. (۱۳۸۶). آکسفورد بورس: اولین دیکشنری بازار بورس اوراق بهادار تهران (چاپ اول)، تهران، مؤسسه انتشاراتی مرکز فکر.

24. Alexander, G.J. and Baptistab, A.M. (2002). Economic implications of using a mean-VaR model for portfolio selection: A comparison with mean- variance analysis. Journal of Economic Dynamics & Control, 26(7-8), pp. 1159-1193.
25. Cairns, A. and Dowd, K. (2003). (UBS Pensions series 17) Long-Term value at risk. Financial Markets Group. London School of Economics and Political Science, London, UK.
26. Carvalho, M. and Ludermir, T.B. (2007). Particle swarm optimization of neural network architectures and weights. Hybrid Intelligent Systems, 17-19 Sept. 2007.
27. Cong, F. and Oosterlee, C.W. (2016). Multi-period mean-variance portfolio optimization based on monte-carlo simulation. Journal of Economics Dynamics and control, 64, pp. 23-38.
28. Cura, T. (2009). Particle swarm optimization approach to portfolio optimization. Nonlinear analysis: Real world applications, 10(4), 2396-2406.
29. Huiling, W., Yang, Zeng., Haixiang Yao., (2013), Multi-period Markowitz's mean–variance portfolio selection with state-dependent exit probability, Economic Modelling, Vol 36, PP 69-74.
30. Gülpınar, N. and Rustem, B. (2007). Worst-case robust decisions for multi-period mean-variance portfolio optimization. European Journal of Operational Research, 183(3), pp. 981-1000.
31. Liu, Y.J., Zhang, W.G. and Xu, W.J. (2012). Fuzzy multi-period portfolio selection optimization models using multiple criteria. Automatica, 48 (12), pp. 3042-3053.
32. Mei, X., DeMiguel, V. and Nogales, F.J. (2016). Multiperiod portfolio optimization with multiple risky assets and general transaction costs. Journal of Banking & Finance, 69, pp. 108-120.
33. Mohamed, A. (2005). Would students T-GARCH improve VaR estimates?, Master Thesis, University of Jyvaskyla. Finland.
34. Najafi Moghadam,Ali; Rahnama Roodpooshti,Fraydoon; Farrokhi,Mahvash. (2014).Optimization of Stock Portfolio based of Ant Colony & Greay Theory. IRJABS,VOL 8(7).780-788.
35. Shen, R. and Zhang, S. (2008). Robust portfolio selection based on a multi-stage scenario tree. European Journal of Operational Research, 191 (3), pp. 864-887.
36. Skaf, J. and Boyd, S. (2009). Multi-period portfolio optimization with constraints and transaction costs. Technical report, pp. 1-23.

37. Sun, J., Fnag, W., Wu, X., Lai, C.H. and Xu, W. (2011). Solving the multi-stage portfolio optimization problem with a novel particle swarm optimization. Expert Systems with Applications, 38 (6), pp. 6727-6735.
38. Takano, Y. and Gotoh, J.Y. (2011). Constant rebalanced portfolio optimization under nonlinear transaction costs. Asia-Pacific Finance Markets,18 (2), pp. 191-211.
39. Wei, S.Z. and Ye, Z.X. (2007). Multi-period optimization portfolio with bankruptcy control in stochastic market. Applied Mathematics and Computation, 186 (1), pp. 414-425.
40. Yan, W., Miao, R. and Li, S. (2007). Multi-period semi-variance portfolio selection: Model and numerical solution. Applied Mathematics and Computation, 194 (1), pp. 128-134.
41. Yu, X. (2015). Multi-period Mean-dynamic VaR Optimal Portfolio Selection: Model and Algorithm. The Open Automation and Control Systems Journal, 7(1).
42. Zhang, X.L. and Zhang, K.C. (2009). Using genetic algorithm to solve a new multi-period stochastic optimization model. Journal of Computational and Applied Mathematics, 231(1), pp. 114-123.
43. Zhang, W.G., Liu, Y.J. and Xu, W.J. (2012). A possibilistic mean-semivariance-entropy model for multi-period portfolio selection with transaction costs. European Journal of Operational Research, 222 (2), pp. 341-349.

Compare Meta-heuristic Algorithms on Optimal Model of Multi Period Portfolio Based on the Value at Risk

Seyed Mohammadreza Davoodi[15]

Abolfazl Sadri [16]

Abstract:
The purpose of this study is to provide an optimal selection model for multi-round equity portfolios based on the value of exposed risk periods, with transaction costs. Multi-stock portfolios allow the investor to revise the contents of the basket over time and adjust it to fit new information. For sample, ten portfolios of five shares were randomly selected from companies listed in Tehran Stock Exchange during the years of 1388-1393, which, with an annual risk-free return (20%), average quarterly returns of more than 0.1, were selected. The proposed model is optimized using two continuous and cumulative particle genetic algorithms. In order to measure the efficiency of the results of the two algorithms, a risk-based value criterion has been used and the result of the research suggests higher efficiency of the results of the particle cumulative algorithm compared to the genetic algorithm.

Keywords: Multi Period Portfolio, Value at Risk, Genetic Algorithm, Particle Swarm Optimization Algorithm

JEL classification: G11, C61

15. Faculty Member of Islamic Azad University of Dehaghan
16 . MA of Financial Engineering in Islamic Azad University, Dehaghan Branch