انتخاب پرتفوی سهام جهت سرمایه گذاری و شناسایی شرکت های برتر با روش محدودیت ال و با استفاده از روش یادگیری ماشین

فاطمه اژدری[۱]، فریدون رهنمای رودپشتی[۲]،محسن حمیدیان[۳]،سیده محبوبه جعفری[۴]،علی باغانی[۵]

چکیده

فرآیند انتخاب پرتفوی سهام (شناسایی شرکت های برتر) جهت سرمایه گذاری یکی از مسائلی است که موردتوجه محققین زیادی بوده است. معیارهای مختلف دخیل در این فرآیند طی زمان دچار تغییر و تحول شده و این وضعیت استفاده از یک ابزار مناسب پشتیبانی از تصمیمات سرمایه‌گذاری را ضروری می‌سازد. هدف این پژوهش انتخاب پرتفوی سهام جهت شناسایی شرکت های برتر جهت سرمایه گذاری با روش محدودیت ال با استفاده از روش یادگیری ماشین است. بدین منظور شرکت هایی که بصورت سالاته در سبد بهینه سهام جهت سرمایه گذاری قرارگرفته اند به عنوان شرکت های برتر جهت سرمایه گذاری، معرفی شدند. نمونه آماری تحقیق شامل داده‌های مالی ۲۵۱ شرکت پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران طی سال‌های ۱۳۹۱ تا ۱۳۹۶ می‌باشد. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات به‌صورت سالانه و همچنین به‌صورت یکجا در دوره مورد بررسی قادر به انتخاب شرکت‌های برتر با استفاده از مدل حداقل واریانس MVP با محدودیت $l_1 - l_\infty$ است.

کلمات کلیدی: شرکت‌های برتر، پرتفوی سهام، روش یادگیری ماشین

کد طبقه بندی: M41-C6

مقدمه

[۱] دانشجوی دکتری حسابداری، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران،ایران.f.ajdari@gmail.com

[۲] استاد و عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم تحقیقات، دانشکده مدیریت و اقتصاد، تهران،ایران. نویسنده مسئول. rahnama.roodposhti@gmail.com

[۳] استادیار، گروه حسابداری، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران،ایران.hamidian_2002@yahoo.com

[۴] استادیار، گروه حسابداری، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران،ایران.sm_jafari@azad.ac.ir

[۵] استادیار، گروه حسابداری، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران،ایران.a_baghani@azad.azad.ac.ir

Article in Press

پویایی بازارهای سرمایه یکی از مهم‌ترین شاخص‌ها و عوامل مؤثر بر رونق اقتصادی هر کشوری است (مولایی و طالبی، ۱۳۸۹). همواره وجود یک بازار سرمایه فعال و پررونق به‌عنوان یکی از نشانه‌های توسعه‌یافتگی کشورها در سطح بین‌المللی شناخته می‌شود (امیری و همکاران، ۱۳۸۹). دست یافتن به رشد بلندمدت و مداوم اقتصادی نیازمند تجهیز و تخصیص بهینه منابع در سطح اقتصاد ملی است و این مهم بدون کمک گرفتن از بازارهای مالی به ویژه بازار سرمایه گسترده و کارآمد به آسانی امکان‌پذیر نیست (راعی و پویان‌فر، ۱۳۸۹). در سال های اخیر، بسیاری از کشورهای توسعه یافته با توسعه و گسترش بازارهای سرمایه و بورس خود و با هدایت سرمایه های کوچک و پراکنده افراد جامعه به سوی سرمایه گذاری های مولد، زمینه تامین مالی موسسات و بنگاه های اقتصادی و در نتیجه توسعه اقتصادی را فراهم نموده اند. از طرف دیگر، سرمایه گذاران نیز تلاش می کنند که سود بیشتری را با سرمایه گذاری در شرکت های موفق تر و برتر به دست آورند و به بازده مورد انتظار خود دست یابند. انتخاب سبد یکی از رایج‌ترین مسائلی است که سرمایه‌گذاران گوناگون با سطح مختلفی از سرمایه همواره با آن رو به رو هستند معمولا فرض بر این است که سرمایه گذاران ریسک را دوست ندارند یعنی نمی خواهند اصل و فرع سرمایه را از دست بدهند. درست است که همه سرمایه گذاران ریسک را نمی پسندند اما از نظر درجه ریسک گریزی، با هم متفاوتند. برخی از آنها بسیار محافظه کارند و به سختی حاضر هستند خود را در معرض ریسک قرار دهند، ولی برخی دیگر حاضر به پذیرش ریسک می باشند و جهت دست یافتن به ثروت بیشتر، سرمایه گذاری های پر مخاطره را می پذیرند. هدف از هر سرمایه گذاری کسب بازدهی بالاتر می باشد و جهت کسب بازده مناسب از طریق سرمایه گذاری در بازار سرمایه، شناخت دقیق صنایع و شرکت ها و ارزیابی هر کدام از آنها با توجه به معیارهای مختلف و با استفاده از مدل های منطقی و علمی، امری واجب و ضروری است. از آنجایی که تعداد متغیرها در ارزیابی شرکت ها و صنایع یک اصل دائمی و غیر قابل تغییر در تحلیل ها است، لذا استفاده از یک مکانیزم منطقی و ابزاری برای پشتیبانی از تصمیم های سرمایه گذاری ضرورت پیدا می کند و با توجه به معیارهای مختلف، نیاز به ابزار و چارچوبی برای انتخاب سبد سهام که ضمن توجه به معیارهای گذشته، قادر باشد آینده صنعت و شرکت را مد نظر قرار دهد، ضروری و لازم به نظر می رسد (تقی زاده و همکاران، ۱۳۹۴). تفکیک و رتبه بندی شرکت های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار جهت پاسخگویی به نیازهای سرمایه گذاران برای انتخاب شرکت های بهینه جهت سرمایه گذاری و جلوگیری از اتخاذ تصمیم های نامناسب توسط آنها، از اهمیت ویژه ای برخوردار است؛ زیرا این بررسی ها این امکان را فراهم می کند که

Article in Press

سرمایه گذاران و استفاده کنندگان از اطلاعات با سهولت بیشتر شرکت های کاراتر را نسبت به دیگر شرکت ها تمیز داده و سرمایه گذاری معقول تری انجام دهند. با توجه به اهمیت انتخاب شرکت های برتر هدف این مقاله انتخاب پرتفوی سهام جهت سرمایه گذاری و شناسایی شرکت های برتر که در پرتفوی سالانه بطور مستمر انتخاب شده اند، می باشد. ازجنبه نوآوری پژوهش می توان به این موضوع اشاره کرد که در این تحقیق سبد بهینه سهام برای هر سال بصورت جداگانه محاسبه شده است تا روشی جدید برای شناسایی شرکت های برتر باشد و با تحلیل روند شرکت ها در طول یک دوره، اطلاعات مفید تری جهت تصمیم گیری در خصوص سرمایه گذاری در آن شرکت ارائه گردد. این پژوهش در پنج بخش مقدمه، مبانی نظری و پیشینه پژوهش، سوال ها و روش تحقیق، تجزیه و تحلیل آماری و در نهایت بحث و نتیجه گیری ارائه شده است.

مبانی نظری و مروری بر پیشینه پژوهش

وقتی‌که فرد سرمایه‌گذار با دارایی‌های مختلفی روبه‌رو می شود، باید در مورد تعداد دارایی‌های انتخابی و میزان سرمایه‌گذاری در هرکدام از آن‌ها، تصمیم‌گیری کند که در این شرایط فرآیند تصمیم‌گیری بسیارسخت و دشوار می‌باشد. ترکیب سبد موردنظر می‌تواند حاصل تصمیمات اتفاقی و غیر مرتبط سرمایه‌گذار باشد یا نتیجه برنامه‌ریزی سنجیده او شود (ابزری و همکاران، ۱۳۸۴).

سرمایه گذاری امر حساسی است که موارد مختلف از جمله قوانین و مقررات نیز بر آن تاثیر می گذارد. همچنین، تصمیم گیری یکی از موضوعات مطرح در حسابداری است. سرمایه گذاران با امر تصمیم گیری مواجه اند زیرا آنها تمایل دارند در شرکتی سرمایه گذاری نمایند که بازده بیشتری برای آنان به ارمغان بیاورد (محمودآبادی و نمازی، ۱۳۹۵). از لحاظ نظری، موضوع انتخاب سبد سهام در حالت حداقل نمودن ریسک در صورت ثابت در نظر داشتن بازده، با استفاده از فرمولهای ریاضی و از طریق یک معادله درجه دوم حل شدنی است، اما در عمل و در دنیای واقعی نیازمند محاسبات و برنامه ریزی گسترده ای است (مدرس و محمدی، ۱۳۸۶). در این میان، ریسک سرمایه گذاری به عنوان یکی از مهم ترین مسائلی که سرمایه گذار در بورس با آن مواجه است، مطرح می شود. به طور عموم سرمایه گذار به دنبال نگهداری سهامی است که بازده بالا و ریسک پایین دارند. انتخاب سهام مناسب برای خرید و فروش جهت کسب عایدات بیشتر موضوع مهمی برای سرمایه گذاران در بازار بورس اوراق بهادار می باشد (تقی زاده و همکاران، ۱۳۹۴). سرمایه گذاران منطقی به دنبال پرتفوی کارا می باشند،

Article in Press

چرا که این گونه پرتفوی ها سبب حداکثر شدن بازده مورد انتظار برای سطح معینی از ریسک، با حداقل ریسک برای بازده مورد انتظار معینی می شوند (برخورداری و رضایی، ۱۳۹۳).

یین و وانگ[1] (۲۰۰۶) الگوریتم ازدحام ذرات را در مسئله غیرخطی تخصیص منابع به کارگرفتند و کارآیی این روش را با الگوریتم ژنتیک مقایسه نمودند و اینگونه نتیجه گرفتند که تکنیک ازدحام ذرات کاراتر از الگوریتم ژنتیک است. اس. سی. چیام[2] (۲۰۰۸) با ترکیب الگوریتم ژنتیک و تکنیک بهینه سازی جمعی ذرات، در قالب الگوریتم ممتیک که در آن تکنیک الگوریتم حرکت دسته جمعی ذرات[3] فقط بر روی جواب‌های به‌دست‌آمده توسط الگوریتم ژنتیک اعمال می شد، نشان داد که با استفاده از این الگوریتم پرتفویی به مراتب کاراتر از زمانی که این الگوریتم‌ها به صورت جداگانه اعمال شوند، به دست خواهد آمد. مارکو و همکاران[4] (۲۰۱۳) در مقاله‌ی خود با عنوان "انتخاب پرتفوی سهام با استفاده از الگوریتم حرکات ذرات" که در مدل خود برای انتخاب پرتفوی از بازده – ریسک استفاده کرده‌اند، نشان دادند که مدل ارائه‌شده بوسیله‌ی الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات اکتشافی روش مناسبی برای انتخاب پرتفوی سهام می‌باشد. جانگ فنگ دینگ و همکاران[5] (۲۰۱۳) در مقاله خود با عنوان "انتخاب پرتفوی سهام بر اساس مدل مارکوویتز" به این نتیجه رسیدند که الگوریتم حرکات ذرات نسبت به الگوریتم ژنتیک از توانایی و عملکرد بهتری در انتخاب پرتفوی سهام دارد. لیو[6] (۲۰۱۴) در مقاله خود با عنوان "مزایای محدودیت بر اساس واریانس-دیفرانسیل در بهینه‌سازی پرتفوی" نشان دادند که بر اساس معیار شارپ مدل بیز توانایی بالایی در انتخاب پرتفوی سهام دارد. در پژوهش اخیری که توسط کومار و میشرا[7] (۲۰۱۷) انجام گرفته است، یک الگوریتم کلونی مصنوعی زنبورهای جدید به نام کلونی مصنوعی زنبورهای چندهدفه ی مبتنی بر کوواریانس[8] را برای حل مسئله‌ی بهینه سازی چندهدفه با محدودیت تعداد سهام در سبد معرفی کرده اند.

---

[1] YIN & WAC
[2] CHIAM S.
[3] PSO
[4] Marco et al.
[5] Guang-feng den
[6] Levy. H
[7] Kumar and Mishra
[8] M-CABC

Article in Press

هوانگ و همکاران[1] (۲۰۱۸) مطالعه ای با عنوان ناپایداری در مقابل بهینه سازی بهینه: ریسک بحران و عملکرد انجام دادند. در مورد بهینه سازی پرتفوی به خوبی مستند شده است که تنوع ساده تر از تنوع بهینه متوسط واریانس بهتر عمل می کند؛ زیرا دومی در معرض خطای تخمین شدید قرار دارد. با استفاده از اوراق بهادار متشکل از سهام فردی، آنها نشان دادند که برای اوراق بهادار حاوی تعداد نسبتا کمی سهام، تنوع ساده و بی نظیر از تنوع بهینه واریانس مطلوب تر است و کمتر در معرض خطر قرار دارد. با این حال، برای تعداد نسبتا زیادی از سهام در نمونه کارها، تنوع ساده و بی نظیر عملکرد فوق العاده ای را حفظ می کند، اما باعث افزایش ریسک و در نتیجه افزایش بازده پرتفوی می شود. فلاح شمس و همکاران (۱۳۹۲) در مقاله خود با عنوان بررسی عملکرد معیارهای متفاوت ریسک در انتخاب و بهینه‌سازی سبد سهام با استفاده از الگوریتم مورچگان در شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران نشان دادند که روش‌های سنتی در انتخاب و بهینه‌سازی سبد سهام از کارایی لازم برخوردار نیستند و بنابراین استفاده از الگوریتم‌های ابتکاری مورد توجه بیشتری قرار گرفته است. همچنین نتایج بررسی نشان داد که مدل میانگین-ارزش در معرض ریسک احتمالی قادر است که سطوح بالاتری از بازده را با حداقل‌سازی ارزش در معرض ریسک احتمالی نشان دهد.

شعبانی و همکاران (۱۳۹۳) به رتبه بندی شرکتهای برتر بورس جهت انتخاب پرتفوی با استفاده از تکنیک ای اچ پی[2] پرداختند. نتایج تحقیق حاکی از آن است که معیارهای مبتنی بر ارزش ومعیارهای حسابداری مبنایی مناسب و مفید برای سرمایه گذاران در انتخاب سبد سهام می باشند. همچنین میتوان ادعا کرد تکنیک ای اچ پی روش هایی مفید و موثر جهت انتخاب سبد سهام هستند. محمودآبادی و نمازی (۱۳۹۵) به تعیین شرکت های برتر با استفاده از الگوی تصمیم گیری سرمایه گذاران پرداختند. نتایج نشان داد بین شاخص نزدیکی نسبی شرکت های مورد مطالعه، اختلاف معنادار وجود ندارد. همچنین، برای امر تصمیم گیری و تعیین شرکت های برتر، باید هم از معیارهای نقدی و هم معیارهای تعهدی استفاده نمود. افزون بر این نتایج نشان داد که در عمل سرمایه گذاران از الگوهای علمی و تکنیک های تصمیم گیری به نحو احسن بهره نمی برند. بیات و اسدی (۱۳۹۶) اقدام به تشکیل و ارائه پرتفوی سهام با استفاده از روش پرندگان و مدل مارکویتز کردند. نتایج پژوهش آن ها نشان دادند که الگوریتم بهینه پرندگان با روش مارکویتز توانایی تشکیل پرتفوی بهینه سهام را دارد.

[1] Inchang,Hwang،Simon,Xu.,Francis,In
[2] AHP

Article in Press

عباسی و محمدی (۱۳۹۶) به بررسی تاثیر تمایلات سرمایه گذاران و اندازه پرتفوی بر قیمت گذاری سهام در بورس اوراق بهادار تهران در در نمونه ای متشکل از ۱۴۸ شرکت پذیرفته شده در بورس اوراق بهادارتهران در بازه زمانی ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۳ پرداختند. به منظور سنجش متغیر تمایلات سرمایه گذارن از شاخص گرایش های احساسی بازار سرمایه (EMSI) جونز و همکارش[1] (۲۰۰۵) و جهت قیمت گذاری سهام از مدل فاما و فرنچ[2] (۱۹۹۳) استفاده شده است. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که در سطح اطمینان ۹۵٪ تمایلات سرمایه گذاران بر قیمت گذاری سهام تاثیر نداشته در حالیکه اندازه پرتفوی بر قیمت گذاری سهام تاثیر مستقیم داشته است. معصوم علیشاهی و اعظمی (۱۳۹۷) پژوهشی با عنوان بهینه سازی سبد سهام بر اساس مدل مارکویتز انجام دادند. نتایج پژوهش نشان داد که استفاده از روشهای ابتکاری، عملکرد سبدهای تشکیلی و افزایش ارزش اطلاعات ورودی تشکیل سبد، شرکت را به سمت سرمایه گذاری سوق می دهد که در ایجاد بازده برای شرکت موثر است.

سوال های پژوهش

با توجه به هدف اصلی این پژوهش دو سوال مطرح شده است:

۱- آیا الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات توانایی تشکیل سبد بهینه سهام (ارائه شرکت های برتر) را بصورت سالانه دارد؟

۲- آیا شرکتی در بورس اوراق بهادار تهران بطور مستمر در سبد بهینه سهام به عنوان شرکت برتر قرار می گیرند؟

روش شناسی پژوهش

جامعه آماری این پژوهش ۲۵۱ شرکت پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران است متغیر موردبررسی در این پژوهش بازده ماهانه سهام است. در این مقاله جهت تشکیل سبد بهینه سهام و انتخاب شرکت های برتر در هر سال و همچنین در طی دوره پژوهش از مدل محدودیت ال و الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات و نرم افزار متلب استفاده شده است.

مدل پرتفلو حداقل واریانس با محدودیت $l_1 - l_\infty$

در این مقاله، از مدل پرتفلو حداقل واریانس[3] با محدودیت $l_1 - l_\infty$ استفاده شده است. در این مدل، به‌منظور انتخاب پرتفلو با وجود خطای تخمین ماتریس‌های کوواریانس شرکت-ماه‌ها، از استراتژی اعمال

[1] Jones et al.
[2] Fama & French
[3] MVP

Article in Press

قید $\mathbf{l_1}$ و نُرم‌های وزن‌های سبد اوراق بهادار $\mathbf{l_\infty}$ در بهینه‌سازی ریسک سبد اوراق بهادار استفاده می‌شود. تأثیر افزودن قید $\mathbf{l_1}$ این است که تخمین وزن‌ها را کوچک می‌کند. به خصوص وزن‌هایی که کوچک‌تر از آستانه‌ای از قبل تعیین شده هستند، صفر خواهند شد که راه‌حلی تُنُک[1] را ایجاد می‌کند. ممکن است برخی از وزن‌های تخمین زده‌شده غیر صفر پرتفلو هنوز هم با وجود قید $\mathbf{l_1}$ بزرگ باشند؛ بنابراین، قید اضافی $\mathbf{l_\infty}$ برای جلوگیری از این قبیل شرایط اعمال می‌شود. به عبارت ساده‌تر، قید $\mathbf{l_1}$ و آستانه تعیین شده، کنترل بر تنوع وزن سرمایه‌گذاری در هر شرکت را کنترل می‌کند و $\mathbf{l_\infty}$ کنترل بیشترین درصد سرمایه‌گذاری را انجام می‌دهد. فرض کنید $\mathbf{w} = (\mathbf{w_1}, \dots, \mathbf{w_N})^\top$ بردار در اینجا $\boldsymbol{\alpha} \geq \mathbf{0}$ و $\mathbf{c} >$ $\mathbf{0}$پارامترهای تنظیم هستند. $\boldsymbol{\alpha}$ توازن بین دو نُرم را کنترل می‌کند و c آستانه قید است. مسئله بهینه‌سازی مقید را می‌توان به‌عنوان مسئله بهینه‌سازی جریمه دوباره فرموله کرد.

$$\min_{\mathbf{w}} \mathbf{w}^\top \hat{\boldsymbol{\Sigma}} \mathbf{w} + \boldsymbol{\lambda} (\|\mathbf{w}\|_1 + \boldsymbol{\alpha} \|\mathbf{w}\|_\infty)$$
$$\mathbf{s.t.}\ \mathbf{1}^\top \mathbf{w} = \mathbf{1}$$
$$\mathbf{i} = \mathbf{1} \dots \mathbf{N}\ ،\mathbf{w_i} \geq \mathbf{0}$$

که در آن λ پارامتر جریمه است. تناظر یک‌به‌یک بین c و λ وجود دارد. وقتی $\mathbf{1/N}$ نزدیک می‌شود. یکی از مزیت‌های معادله MVP این است که تعداد شرکت‌های انتخاب‌شده در پرتفلو به صورت خودکار تعیین می‌گردد و حداکثر سرمایه‌گذاری را می‌توان با تعیین مناسب پارامترهای α و c کنترل نمود (لی[2] و همکاران، ۲۰۱۳).

الگوریتم حرکت دسته جمعی ذرات

الگوریتم حرکت دسته جمعی ذرات از دسته الگوریتم‌های بهینه‌سازی است که بر مبنای تولید تصادفی جمعیت اولیه عمل می‌کنند. در این الگوریتم با الگوگیری و شبیه‌سازی رفتار پرواز دسته جمعی (گروهی) پرندگان یا حرکت دسته جمعی (گروهی) ماهی‌ها بنا نهاده شده است. هر عضو در این گروه توسط بردار سرعت و بردار موقعیت در فضای جستجو تعریف می‌شود. در هر تکرار زمانی، موقعیت جدید ذرات با توجه به بردار سرعت و بردار موقعیت در فضای جستجو تعریف می‌شود. در هر تکرار زمانی، موقعیت جدید ذرات با توجه به بردار سرعت فعلی، بهترین موقعیت یافت شده توسط آن ذره و بهترین موقعیت یافت شده توسط بهترین ذره موجود در گروه، به روز رسانی می‌شود. این الگوریتم ابتدا برای پارامترهای پیوسته تعریف شده بود، اما با توجه به اینکه در برخی از کاربردها با پارامترهای گسسته

[1] Sparse
[2] Li et al.

Article in Press

سروکار داریم، این الگوریتم به حالت گسسته نیز بست داده شده است. الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات را در حالت گسسته با (BPSO) معرفی می‌شود (خانسار، ۲۰۰۷).

تعاریف اولیه الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات

فرض کنید یک فضای جستجوی d بعدی داریم. iاُمین ذره در این فضای d بعدی با بردار موقعیت X_i به شکل زیر توصیف می‌شود:

$$X_i = (x_{i_1}, x_{i_2}, x_{i_3}, \ldots, x_{i_d}) \quad (۱)$$

بردار سرعت iاُمین ذره نیز با بردار V_i به شکل زیر تعریف می‌شود:

$$V_i = (v_{i_1}, v_{i_2}, v_{i_3}, \ldots, v_{i_d}) \quad (۱)$$

بهترین موقعیتی که ذره iاُم پیدا کرده است را با $P_{i.best}$ تعریف می‌کنیم:

$$P_{i.best} = (p_{i_1}, p_{i_2}, p_{i_3}, \ldots, p_{i_d}) \quad (۲)$$

بهترین موقعیتی که بهترین ذره در بین کل ذرات پیدا کرده است را با $P_{g.best}$ به صورت زیر تعریف می‌کنیم:

$$P_{g.best} = (p_{g_1}, p_{g_2}, p_{g_3}, \ldots, p_{g_d}) \quad (۳)$$

برای به روز رسانی محل هر کدام از ذرات از رابطه زیر استفاده می‌کنیم:

$$V_i(t) = w * V_i(t-1) + c_1 * rand_1(P_{i.best} - X_i(t-1)) + c_2 * rand_2(P_{g.best} - X_i(t-1)) \quad (۴)$$
$$X_i = X_i(t-1) + V_i(t)$$

که در آن w ضریب وزنی اینرسی (حرکت در مسیر خودی) که نشان‌دهنده میزان تأثیر بردار سرعت تکرار قبل $(V_i(t))$ بر روی بردار سرعت در تکرار فعلی $(V_i(t+1))$ است. c_1 ضریب ثابت آموزش (حرکت در مسیر بهترین مقدار ذره موردبررسی)، c_2 ضریب ثابت آموزش (حرکت در مسیر بهترین ذره یافت شده در بین کل جمعیت)، $rand_1$ و $rand_2$دو عدد تصادفی با توزیع یکنواخت در بازه ۰ تا ۱، $V_i(t-1)$ بردار سرعت در تکرار ((t-1)ام، $X_i(t-1)$ بردار موقعیت در تکرار (t-1) ام است. برای جلوگیری از افزایش بیش از حد سرعت حرکت یک ذره در حرکت از یک محل به محل دیگر (واگرا

Article in Press

شدن بردار سرعت)، تغییرات سرعت را به رنج V_{min} تا V_{max} محدود می‌کنیم؛ یعنی $V_{min} \le V \le V_{max}$. حد بالا و پایین سرعت با توجه به نوع مسئله تعیین می‌شود.

مراحل اجرای الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات

مراحل اجرای الگوریتم الگوریتم حرکت دسته جمعی ذرات در ادامه آورده شده است.

تولید تصادفی جمعیت اولیه ذرات

تولید تصادفی جمعیت اولیه بطور ساده عبارت است از تعیین تصادفی محل اولیه ذرات با توزیع یکنواخت در فضای حل (فضای جستجو) است. مرحله تولید تصادفی جمعیت اولیه تقریباً در تمامی الگوریتم‌های بهینه‌سازی احتمالاتی وجود دارد، اما در این الگوریتم علاوه بر محل تصادفی اولیه ذرات، مقداری برای سرعت اولیه ذرات نیز اختصاص می‌یابد. رنج پیشنهادی اولیه برای سرعت ذرات را می‌توان از رابطه زیر استخراج کرد.

$$\frac{X_{min} - X_{max}}{2} \le V \le \frac{X_{max} - X_{min}}{2} \qquad (۵)$$

انتخاب تعداد ذرات اولیه: افزایش تعداد ذرات اولیه موجب کاهش تعداد تکرارهای لازم برای همگرا شدن الگوریتم می‌شود. این کاهش تعداد تکرارها به معنی کاهش زمان اجرای برنامه برای رسیدن به همگرایی نیست. هرچند که افزایش تعداد ذرات اولیه، کاهش تعداد تکرارها را در پی دارد، اما افزایش در تعداد ذرات باعث می‌شود که الگوریتم در مرحله ارزیابی ذرات زمان بیشتری را صرف نماید که این افزایش در زمان ارزیابی باعث می‌شود که زمان اجرای الگوریتم تا رسیدن به همگرایی با وجود کاهش در تعداد تکرارها، کاهش نیابد. پس افزایش تعداد ذرات نمی‌تواند برای کاهش زمان اجرای الگوریتم مورد استفاده قرار گیرد. تصور غلط دیگری وجود دارد، این است که برای کاهش زمان اجرای الگوریتم می‌توان تعداد ذرات را کاهش داد؛ اما برای این‌که الگوریتم به جواب بهینه برسد باید تعداد تکرارها افزایش یابد. اگر شرط همگرایی را عدم تغییر در هزینه بهترین عضو در چندین تکرار متوالی در نظر بگیریم که در نهایت باعث می‌شود زمان اجرای برنامه برای رسیدن به پاسخ بهینه کاهشی نداشته باشد. کاهش تعداد ذرات ممکن است موجب گیر افتادن در مینیمم‌های محلی شود و الگوریتم از رسیدن به مینیمم اصلی باز ماند. اگر ما شرط همگرایی را تعداد تکرارها در نظر گرفته‌باشیم، هرچند با کاهش تعداد ذرات اولیه زمان اجرای الگوریتم کاهش می‌یابد، اما جواب به‌دست آمده، حل بهینه‌ای برای مسئله نخواهد بود، زیرا الگوریتم به‌صورت ناقص اجرا شده است. بطور خلاصه، تعداد جمعیت اولیه با توجه به

Article in Press

مسئله تعیین می‌شود. در حالت کلی تعداد ذرات اولیه مصالحه‌ای بین پارامترهای درگیر در مسئله است. بطور تجربی انتخاب جمعیت اولیه ذرات به تعداد ۲۰ تا ۳۰ ذره انتخاب مناسبی است که تقریباً برای تمامی مسائل تست به خوبی جواب می‌دهد. می‌توانید تعداد ذرات را کمی بیشتر از حد لازم نیز در نظر بگیرید تا کمی حاشیه ایمنی در مواجه با مینیمم‌های محلی داشته باشید.

ارزیابی تابع هدف ذرات

در این مرحله باید هر یک از ذرات را که نشان دهنده یک حل برای مسئله موردبررسی است، ارزیابی کنیم. بسته به مسئله موردبررسی، روش ارزیابی متفاوت خواهد بود. مثلاً اگر امکان تعریف یک تابع ریاضی برای هدف وجود داشته‌باشد، با جایگذاری پارامترهای ورودی (که از بردار موقعیت ذره استخراج شده‌اند) در این تابع ریاضی، به راحتی مقدار هزینه این ذره محاسبه خواهد شد. توجه داشته باشید که هر ذره حاوی اطلاعات کاملی از پارامترهای ورودی مسئله است که این اطلاعات استخراج شده و در تابع هدف قرار می‌گیرد. ثبت بهترین موقعیت برای هر ذره ($P_{i.best}$) و بهترین موقعیت در بین کل ذره‌ها ($P_{g.best}$)

در این مرحله با توجه به شماره تکرار، دو حالت قابل بررسی است:

اگر در تکرار اول باشیم (t=1) موقعیت فعلی هر ذره را به عنوان بهترین محل یافت‌شده برای آن ذره در نظر می‌گیریم.

$$\begin{aligned} P_{i.best} &= X_i(t) \quad , i = 1,2,3,\ldots,d \\ cost(P_{i.best}) &= cost(X_i(t)) \end{aligned} \qquad (۰۶)$$

در سایر تکرارها مقدار هزینه به‌دست آمده برای ذرات را با مقدار بهترین هزینه به‌دست آمده برای تک‌تک ذرات مقایسه می‌کنیم. اگر این هزینه کمتر از بهترین هزینه ثبت‌شده برای این ذره باشد، آنگاه محل و هزینه این ذره جایگزین مقدار قبلی می‌شود. در غیر این صورت تغییری در محل و هزینه ثبت شده برای این ذره ایجاد نمی‌شود؛ یعنی:

$$\begin{cases} cost(X_i(t)) < cost(P_{i.best}) \\ else\ Not\ change \end{cases} \text{ Þ } \begin{cases} cost(P_{i.best}) < cost(X_j(t)) \\ P_{i.best} = X_i(t) \end{cases} \quad i = 1,2,3,\ldots,d \qquad (۰۷)$$

به‌روزرسانی بردار سرعت تمامی ذره‌ها

$$V_i(t) = w * V_i(t-1) + c_1 * rand_1(P_{i.best} - X_i(t-1)) + c_2 * rand_2(P_{g.best} - X_i(t-1)) \qquad (۰۸$$

Article in Press

ضرایب **w**، c_1 و c_2 با توجه به مسئله مورد نظر به روش تجربی تعیین می‌شوند. ما به عنوان یک قانون کلی در نظر داشته‌باشید که **w** باید کمتر از یک باشد، زیرا اگر بزرگتر از یک انتخاب شود، **V(t)** دائماً افزایش می‌یابد تا جایی‌که واگرا شود. همچنین توجه داشته باشید، هرچند در تئوری ضریب **w** می‌تواند منفی نیز باشد اما در استفاده عملی از این الگوریتم هیچ‌گاه این ضرایب را منفی در نظر نگیرید زیرا منفی بودن **w** موجب ایجاد نوسان در **V(t)** می‌شود. انتخاب مقدار کوچک برای این ضریب (**w**) نیز مشکلاتی را در پی خواهد داشت. اغلب در الگوریتم حرکت دسته جمعی ذرات مقدار این ضریب را مثبت و در رنج ۰,۷ تا ۰,۸ در نظر می‌گیرند. c_1 و c_2 نیز نباید زیاد بزرگ انتخاب شوند، زیرا انتخاب مقادیر بزرگ برای این دو ضریب باعث انحراف شدید ذره از مسیر خودی می‌شود. اغلب در الگوریتم حرکت دسته جمعی ذرات مقدار این ضرایب را مثبت و در رنج ۱,۵ الی ۱,۷ در نظر می‌گیرند. لازم به یادآوری است که الزاماً مقادیر پیشنهادی فوق تنها انتخاب‌های ممکن برای ضرایب w، c_1 و c_2 نیست، بلکه با توجه به مسئله موردبررسی ممکن است انتخاب‌های بهتری غیر از موارد فوق وجود داشته باشد.

تجزیه و تحلیل داده ها

کد کردن پرتفو برای حل توسط الگوریتم حرکت دسته جمعی ذرات

به منظور استفاده از الگوریتم حرکت دسته جمعی ذرات ابتدا باید مدل پرتفو حداقل واریانس با محدودیت $\mathbf{l_1 - l_\infty}$ را به صورت توصیفی از موقعیت ذره‌ها در آورده شود. به همین منظور، برداری با مقادیر واقعی[1] که برای محاسبه سهم‌های بودجه سرمایه‌گذاری شده در دارایی‌ها استفاده می‌شود به صورت زیر تعریف می‌کنیم.

$$X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}, 0 \le x_i \le 1, i = 1, , \dots, n \qquad (۱)$$

تعداد عناصر این مؤلفه‌ها برابر تعداد شرکت‌ها است. پس هر x_i در واقع بیانگر یک شرکت است. بردار X نشان دهنده موقعیت ذره در فضای جستجو است و به عنوان یک جواب مسئله است. ابتدا x_iهایی که از یک مقدار آستانه کمتر باشند، صفر در نظر گرفته خواهند شد و سپس برای اینکه قید برآورده شود، داریم:

$$w_i = \frac{x_i}{\sum_{i=1}^{n} x_i}, i = 1,2, \dots, n \qquad (۰۲)$$

[1] Real value

Article in Press

برای برآورده شده قید در تابع هدف آن به صورت زیر در نظر گرفته شده است:

$$w^{\top}\hat{\Sigma}w+\lambda\left(\|w\|_1+\alpha\|w\|_\infty\right) \quad (۳)$$

در شبیه‌سازی مدل MVP مقدار C=1.3 و $\alpha = 0.9$ در نظر گرفته شد. پارامترهای الگوریتم PSO در جدول ۱ نشان داده شده است. در الگوریتم PSO تعداد ذره‌ها برابر ۵۰ قرار داده شد و شرط خاتمه الگوریتم برابر ۱۷۰۰ تکرار درنظر گرفته شد.

جدول ۱: پارامترهای الگوریتم PSO در حل معادله MVP.

نام پارامتر	مقدار	توضیح
MaxGen	۱۷۰۰	تعداد ذرات
α	۰,۹	سرعت همگرایی در گام‌های نهایی
C1	۰,۵	تمایل حرکت به جواب محلی
C2	۰,۵	تمایل حرکت به بهترین جواب تا کنون
P	۵۰	تعداد ذرات
W_Upper	۱	کران بالای هر وزن
W_Lower	۰	کران پایین هر وزن

پس از تنظیم کردن پارامترهای الگوریتم حرکت دسته جمعی ذرات

ابتدا اطاعات همه شرکت‌های مورد بررسی را از سال ۹۱ تا ۹۶ وارد معادله پرتفو MVP کرده و الگوریتم حرکت دسته جمعی ذرات سبد سهام نشان داده شده در جدول ۲ را به ازای $\boldsymbol{\alpha = ۰,۹}$ و $\boldsymbol{C = ۱,۳}$ انتخاب می‌نماید. همانطور که قبلاً اشاره شد هدف معادله MVP حداقل کردن ریسک است، اما برای اینکه نتایج بتواند بهتر نشان داده شود، مقدار بازده بازگشتی این شرکت‌ها را به صورت جداگانه محاسبه کرده در اخرین ستون جدول نشان داده شد. همانگونه که انتظار می‌رفت مجموع وزن سرمایه‌گذاری شرکت‌ها برابر یک است ونه شرکت به عنوان شرکت های قرار گرفته شده در سبد سهام به عنوان شرکت های برتر انتخاب شدند.

جدول ۲: پرتفو انتخابی روش PSO به ازای $\boldsymbol{\alpha = 0.9}$ و $\boldsymbol{C = 1.3}$ برای همه سال‌ها مطالعه

Article in Press

سال ۹۱ الی ۹۶				
ردیف	ایندکس	نام	Wi	ریسک
۱	۵	آلومراد	۰,۱۱۱۱	۰,۳۴۴۳
۲	۵۰	داروزهراوی	۰,۱۰۷۸	۰,۵۴۶۷
۳	۵۸	درخشان تهران	۰,۱۱۵۶	۰,۰,۱۰۵
۴	۷۶	سخت آژند	۰,۱۱۳۳	۰,۵۱۰۹
۵	۹۰	سیمان دورود	۰,۱۰۵۷	۰,۸۳۱۶
۶	۲۰۹	پتروشیمی فجر	۰۱۰۹۱	۰,۱۷۹۰
۷	۲۱۰	پتروشیمی آبادان	۰,۱۱۶۱	۰,۴۳۵۰
۸	۲۱۷	پتروشیمی پردیس	۰,۱۱۵۵	۰,۳۴۹۰
۹	۲۱۸	پشم شیشه ایران	۰,۱۰۵۸	۰,۵۵۷۶
		جمع	۱	۳,۷۶۴۶

برای تحلیل سالانه پرتفوی سهام و مقایسه سبد تشکیل شده با سبد بهینه کل دوره پژوهش بازده ماهانه در هر سال به صورت مستقل از سایر سال‌ها به الگوریتم حرکت دسته جمعی ذرات به همراه معادله MVP داده شد و سبد سهام برای هر سال در بعد از اجرا به دست آمد. همانطور که انتظار می‌رفت شرکت ها ی انتخاب شده نیز تقریبا در همه سال‌ها در سبد سهام انتخاب‌شده اند. در برخی از سال ها بعضی شرکت‌ها به صورت موقت در سبد سهام در یک سال یا دو سال متوالی قرار گرفتند.

جدول ۳: سبد سهام انتخابی در هر سال توسط الگوریتم PSO به ازای $\alpha = 0.9$ و $C = 1.3$

سال ۹۱				
ردیف	ایندکس	نام	Wi	ریسک
۱	۵	آلومراد	۰,۱۱۱۱	۰,۳۴۴۳
۲	۵۰	داروزهراوی	۰,۱۰۷۸	۰,۵۴۶۷
۳	۵۸	درخشان تهران	۰,۱۱۵۶	۰,۰,۱۰۵
۴	۷۶	سخت آژند	۰,۱۱۳۳	۰,۵۱۰۹
۵	۹۰	سیمان دورود	۰,۱۰۵۷	۰,۸۳۱۶
۶	۲۰۹	پتروشیمی فجر	۰۱۰۹۱	۰,۱۷۹۰
۷	۲۱۰	پتروشیمی آبادان	۰,۱۱۶۱	۰,۴۳۵۰

Article in Press

۸	۲۱۷	پتروشیمی پردیس	۰,۱۱۵۵	۰,۳۴۹۰
۹	۲۱۸	پشم شیشه ایران	۰,۱۰۵۸	۰,۵۵۷۶
		جمع	۱,۰۰۰۰	۳,۷۶۴۶

سال ۹۲				
ردیف	**ایندکس**	**نام**	**Wi**	**ریسک**
۱	۵	آلومراد	۰,۱۱۲۲	۰,۵۸۴۶
۲	۵۸	درخشان تهران	۰,۱۰۷۹	۰,۰۱۵۵
۳	۶۰	دوده صنعتی پارس	۰,۱۱۷۰	۰,۶۰۵۴
۴	۷۶	سخت آژند	۰,۱۰۷۵	۰,۴۲۰۵
۵	۱۸۶	نفت پارس	۰,۱۰۷۸	۰,۶۹۴۲
۶	۲۰۹	پتروشیمی فجر	۰,۱۱۰۸	۰,۴۳۲۷
۷	۲۱۰	پتروشیمی آبادان	۰,۱۱۱۸	۰,۴۰۳۰
۸	۲۱۷	پتروشیمی پردیس	۰,۱۰۹۵	۰,۳۵۷۶
۹	۲۱۸	پشم شیشه ایران	۰,۱۱۵۶	۰,۷۰۲۵
		جمع	۱,۰۰۰۰	۴,۲۱۶۲

سال ۹۳				
ردیف	**ایندکس**	**نام**	**Wi**	**ریسک**
۱	۵	آلومراد	۰,۱۱,۰۱	۰,۶۱۲۵
۲	۵۸	درخشان تهران	۰,۱۱۳۸	۰,۰,۳۲۰
۳	۶۰	دوده صنعتی پارس	۰,۱۰۷۰	۰,۵۰۷۰
۴	۷۶	سخت آژند	۰,۱۱۳۴	۰,۴۰۵۳
۵	۱۸۶	سیمان هگمتان	۰,۱۰۷۱	۰,۸۲۶۳
۶	۲۰۹	پتروشیمی فجر	۰,۱۰۹۶	۰,۴۳۷۳
۷	۲۱۰	پتروشیمی آبادان	۰,۱۱۹۰	۰,۲۸۱۲
۸	۲۱۷	پتروشیمی پردیس	۰,۱۱۲۱	۰,۳۰۵۱
۹	۲۱۸	پشم شیشه ایران	۰,۱۰۷۸	۰,۶۱۵۳
		جمع	۱,۰۰۰۰	۳,۹۵۸۱

Article in Press

سال ۹۴				
ردیف	ایندکس	نام	Wi	ریسک
۱	۹	افست	۰,۱۱۰۵	۰,۶۲۶۷
۲	۵۰	داروزهراوی	۰,۱۰۹۰	۰,۶۹۲۳
۳	۵۸	درخشان تهران	۰,۱۱۶۰	۰,۰۷۰۲
۴	۹۰	سیمان دورود	۰,۱۱۰۸	۰,۸۸۷۳
۵	۱۵۰	قند نیشابور	۰,۱۱۱۰	۱,۴۲۸۵
۶	۲۰۹	پتروشیمی فجر	۰,۱۱۳۹	۰,۱۱۸۲
۷	۲۱۰	پتروشیمی آبادان	۰,۱۰۷۰	۰,۱۹۵۳
۸	۲۱۷	پتروشیمی پردیس	۰۱۰۷۴	۰,۱۷۳۴
۹	۲۱۸	پشم شیشه ایران	۰,۱۱۳۵	۰,۶۳۷۲
		جمع	۱,۰۰۰۰	۴,۸۲۹۱

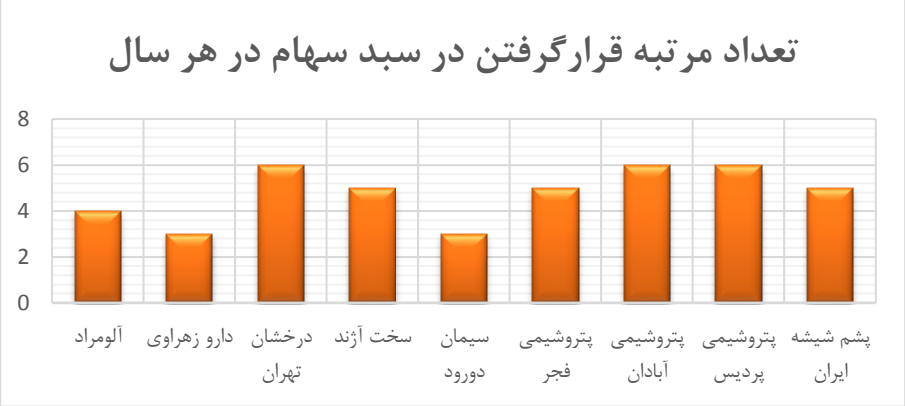
سال ۹۵				
ردیف	ایندکس	نام	Wi	ریسک
۱	۵۸	درخشان تهران	۰,۱۲۹۶	۰,۰۸۶۸
۲	۶۰	دوده صنعتی پارس	۰,۱۲۱۹	۰,۵۷۹۳
۳	۷۶	سخت آژند	۰,۱۲۵۵	۰,۳۳۸۸
۴	۱۲۲	صنایع پتروشیمی کرمانشاه	۰,۱۲۴۹	۰,۷۲۲۹
۵	۱۲۳	صنعتی بارز	۰,۱۲۲۰	۰,۵۶۵۵
۶	۱۵۰	قند نیشابور	۰,۱۲۲۷	۰,۳۹۸۹
۷	۲۱۰	پتروشیمی آبادان	۰,۱۲۵۳	۰,۱۵۸۴
۸	۲۱۷	پتروشیمی پردیس	۰,۱۲۸۱	۰,۲۵۵۹
		جمع	۱,۰۰۰۰	۴,۱۰۶۶

سال ۹۶				
ردیف	ایندکس	نام	Wi	ریسک
۱	۵	آلومراد	۰,۱۱۰۹	۰,۳۴۱۰
۲	۵۰	داروزهراوی	۰,۱۰۶۷	۰,۵۲۲۲
۳	۵۸	درخشان تهران	۰,۱۱۶۱	۰,۰۱۲۷

Article in Press

۴	۷۶	سخت آژند	۰,۱۰۸۲	۰,۴۷۶۹
۵	۹۰	سیمان دورود	۰,۱۰۹۰	۰,۸۸۸۵
۶	۲۰۹	پتروشیمی فجر	۰,۱۱۳۳	۰,۱۹۰۴
۷	۲۱۰	پتروشیمی آبادان	۰,۱۱۹۹	۰,۴۵۰۹
۸	۲۱۷	پتروشیمی پردیس	۰,۱۰۷۴	۰,۳۱۳۹
۹	۲۱۸	پشم شیشه ایران	۰,۱۰۸۴	۰,۵۸۶۰
		جمع	۱,۰۰۰۰	۳,۷۸۲۶

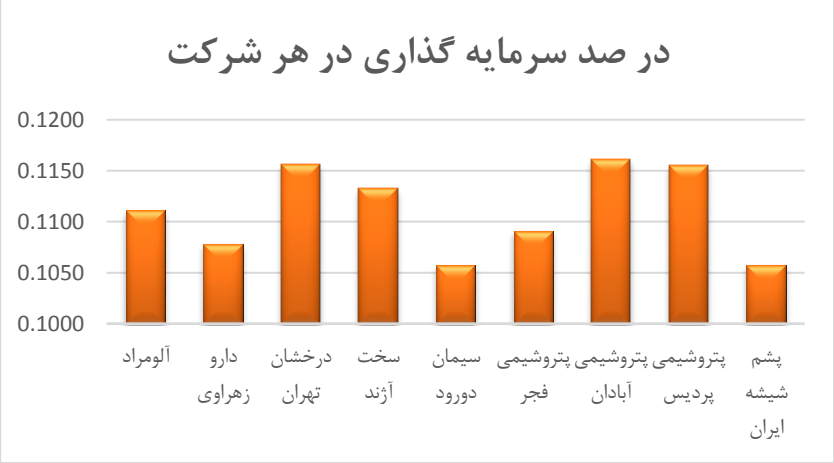
برای نشان دادن بهتر موضوع نمودار تعداد دفعات حضور هر شرکت انتخاب‌شده در پرتفوی سهام به عنوان شرکت برتر به صورت نمودار میله ای در شکل ۱ نشان داده شده است. شرکت‌های پتروشیمی پردیس، پتروشیمی آبادان، درخشان تهران در هر ۶ سال ۹۱ تا ۹۶ انتخاب‌شده اند و شرکت‌های پشم شیشه ایران، پتروشیمی فجر، سخت آژند در ۵ سال و بقیه شرکت‌ها، با ۴ و ۳ تکرار در سبد سهام انتخاب‌شده اند.



شکل ۱: تعداد مرتبه قرار گرفتن هر شرکت در سبد سهام در سال ۹۱ تا ۹۶.

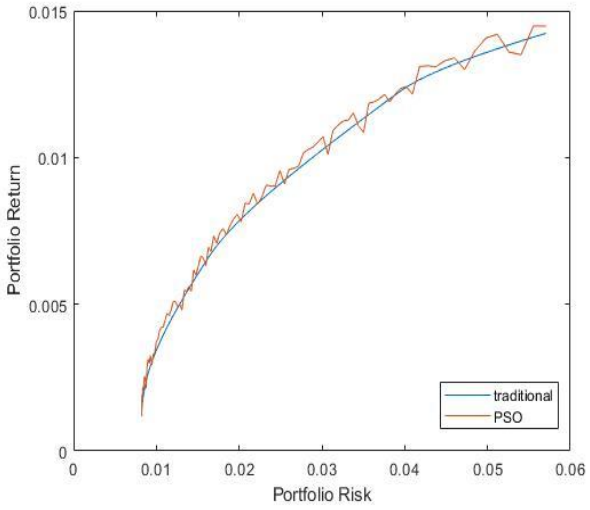
شکل ۲ درصد سهم سرمایه‌گذاری در هر شرکت را به صورت نمودار میله‌ای نشان می‌دهد. مدل MVP دارای وزن‌دهی نسبتاً منظمی است و سعی در سرمایه‌گذاری به صورت متقارن در شرکت‌ها دارد.

Article in Press



شکل ۲: سهم سرمایه‌گذاری در هر شرکت

در ادامه به منظور نشان دادن کارایی الگوریتم PSO مرز کارای مدل مورد ارزیابی قرار گرفته است.



شکل۳: مرز کارا الگوریتمpso

همانطور که در نمودار فوق مشاهده می‌کنید، الگوریتم PSO در اکثر حالات بهتر از روش سنتی عمل کرده است.

بحث و نتیجه‌گیری

سبد سهام مجموعه‌ای از اوراق بهادار و دارایی‌های متفاوت می‌باشد. پرتفوی (سبد سهام)، سبدی از سرمایه‌گذاری است که توسط یک فرد سرمایه‌گذار یا یک شرکت سرمایه‌گذاری تشکیل می‌شود. در امر سرمایه‌گذاری سهام، انتخاب شرکت‌های برتر و معرفی شرکت های مناسب جهت سرمایه گذاری ازجمله مهم‌ترین موارد قابل توجه سرمایه گذاران می باشد. در این رابطه ایجاد مدل‌هایی که بتواند به انتخاب بهترین سبد سهام منجر شود از اهمیت حائز توجه‌ای برخوردار است؛ بنابراین در این مقاله، هدف انتخاب پرتفوی سهام جهت سرمایه گذاری وشناسایی شرکت های برتربا روش محدودیت ال با استفاده از روش یادگیری ماشین بوده است. در این تحقیق با استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات استفاده و از اطلاعات بازده سهام ۲۵۱ شرکت پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران طی سالهای ۱۳۹۱ تا ۱۳۹۶، بهترین سبد سهام با توجه به روش محدودیت ال مشخص گردیده است. در پاسخ به سوالات پژوهش می توان بیان کرد که الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات توانست پرتفوی سهام جهت سرمایه گذاری بصورت سالانه ارائه دهد زیراکه با توجه به شکل شماره(۳) و مرز کارای ترسیم شده برای الگوریتم pso و همچنین انتخاب های انجام شده در سبد سهام سالانه و اشتراک شرکت ها در سال های مختلف، میتوان مشاهده کرده که این الگوریتم توانایی انتخاب پرتفلو سالانه را دارد. همچنین با توجه به اینکه شرکت های پتروشیمی آبادان، پتروشیمی پردیس و درخشان تهران در طول دوره مورد بررسی بطور مستمر به عنوان شرکت های برتر جهت سرمایه گذاری انتخاب شده اند می توان بیان کرد که در بورس اوراق بهادار تهران شرکت هایی وجود دارد که بطور مستمر به عنوان شرکت های برتر در سبد بهینه سهام قرار گیرند. نتیجه این پژوهش با پژوهش های میزبان و همکاران (۱۳۹۱)، کورا[1] (۲۰۰۹)، ادبی و همکاران (۱۳۹۳) و بیات و اسدی (۱۳۹۶)، محمودآبادی و نمازی (۱۳۹۵)، عباسی و محمدی (۱۳۹۶)، مارکو و همکاران (۲۰۱۳)، تونگ[2] (۲۰۱۶) و رهنمای‌رودپشتی و دیگران (۱۳۹۷) مرتبط می باشد. با توجه به نتایج پژوهش می توان به سرمایه گذاران بازار سرمایه پیشنهاد داد که جهت سرمایه گذاری با ریسک کمتر از شرکت های فعال در صنعت پتروشیمی بویژه دو شرکت (پتروشیمی آبادان، پتروشیمی پردیس) نیز بهره مند شوند و همچنین به پژوهشگران آتی می توان پیشنهاد داد که با تحلیل مالی و راهبردی شرکت های برتر بتوانند راهکارهایی جهت بهبود عملکرد سایر شرکت ها ارائه دهند.

[1] Cura
[2] LI Tong

Article in Press

منابع

۱) ابزری، مهدی؛ کتابی، سعیده و عباسی، عباس (۱۳۸۴). "بهینه سازی سبد سرمایه‌گذاری با استفاده از روش‌های برنامه‌ریزی خطی و ارائه‌ی یک مدل کاربردی". مجله علوم اجتماعی و انسانی دانشگاه شیراز دوره بیست و دوم، شماره دوم.

۲) ادبی فیروزجایی، باقر؛ مهرآرا، محسن؛ محمدی، شاپور (۱۳۹۳)، انتخاب سبد سهام بهینه بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از معیارهای ارزش در معرض ریسک شرطی، تفکیک شده و بدترین وضعیت ارزش در معرض ریسک، فصلنامه پول و اقتصاد، دوره ۹، شماره ۱، صص ۱-۳۰.

۳) امیری، مقصود؛ شریعت‌پناهی، مجید و محمدهادی بناکار (۱۳۸۹). انتخاب سبد سهام بهینه با استفاده از تصمیم‌گیری چند معیاره. فصلنامه بورس اوراق بهادار، شماره، صص ۱۱-۵.

۴) برخورداری، محمدحسین؛ رضایی، مرتضی (۱۳۹۳)، تعیین پرتفوی بهینه از صنایع کارای بورس با استفاده از روش تحلیل پوششی داده ها از دیدگاه سرمایه گذاران نهادی، فصلنامه توسعه مدیریت پولی و بانکی، سال ۲، شماره ۵، صص ۵۳-۷۲.

۵) بیات، علی و اسدی، لیدا (۱۳۹۶). "بهینه‌سازی پرتفوی سهام: سودمندی الگوریتم پرندگان و مدل مارکویتز". فصلنامه مدیریت مالی واوراق بهادار، دوره ۸، شماره ۳۲، پاییز ۱۳۹۶، صفحه ۸۵-۶۳.

۶) تقی زاده یزدی، محمدرضا؛ علوی، عباس؛ زارع پور نصیرآبادی، محمدمهدی (۱۳۹۴)، رتبه بندی شرکت های حاضر در بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از تکنیک های تصمیم گیری ANP و VIKOR، کنفرانس بین المللی مدیریت، اقتصاد و مهندسی صنایع.

۷) راعی، رضا و پویان‌فر (۱۳۸۹). مدیریت سرمایه‌گذاری پیشرفته، انتشارات سمت. (سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه‌ها)، مرکز تحقیق و توسعه علوم انسانی، چاپ چهارم، تهران.

۸) فلاح شمس میرفیض ؛ احمد عبداللهی؛ مطهره مقدسی(۱۳۹۲)" بررسی عملکرد معیارهای متفاوت ریسک در انتخاب و بهینه‌سازی سبد سهام با استفاده از الگوریتم مورچگان در شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران" مقاله ۱، دوره ۱، شماره ۲، پاییز ۱۳۹۲، صفحه 32-15

۹) رهنمای‌رودپشتی، فریدون، ساده، احسان، فلاح شمس، میرفیض، احتشام راثی، رضاو جلیلیان، جمیل (۱۳۹۷) حل مسأله بهینه سازی سبد سهام شرکتهای خصوصی در شرایط کمبود داده با استفاده از الگوریتم کلونی زنبور عسل(ABc) ، مجله مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار، شماره ۳۵، ص ۷۷-۱۰۴.

Article in Press

۱۰) شعبانی وزملائی، اعظم؛ زهرا لشگری و امیررضا کیقبادی، ۱۳۹۳، رتبه بندی شرکتهای برتر بورس جهت انتخاب پرتفوی با استفاده از تکنیک AHP) مطالعه موردی: ۵۰ شرکت برتر بورس اوراق بهادار تهران)، دومین همایش ملی پژوهش های کاربردی در علوم مدیریت و حسابداری، تهران، دانشگاه جامع علمی کاربردی،

۱۱) عباسی، خلیل و فریبا محمدی (۱۳۹۶)، تاثیر تمایلات سرمایه گذاران و اندازه پرتفوی بر قیمت گذاری سهام در بورس اوراق بهادار تهران، کنفرانس علمی مدیریت، اقتصاد کاربردی و تجارت، شیراز، موسسه عالی علوم و فناوری خوارزمی.

۱۲) مدرس، احمد؛ محمدی استخری، نازنین (۱۳۸۶)، انتخاب یک سبد سهام از بین سهام شرکتهای پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از مدل بهینه‌سازی الگوریتم ژنتیک، مجله توسعه و سرمایه، سال ۱، شماره ۱، صص ۷۱-۹۲.

۱۳) محمودآبادی، حمید؛ نمازی، نویدرضا (۱۳۹۵)، تعیین شرکت های برتر با استفاده از الگوی تصمیم گیری سرمایه گذاران، پژوهش های تجربی حسابداری، سال ۵، شماره ۱۹، صص ۱۸۱-۲۰۱.

۱۴) معصوم علیشاهی، پویا و محسن اعظمی (۱۳۹۷)، بهینه سازی سبد سهام بر اساس مدل مارکویتز، همایش بین المللی مدیریت، حسابداری و اقتصاد دانش بنیان، مشهد، موسسه تعاونی دانش بنیان کمرآوش.

۱۵) میزبان، هدیه سادات؛ افچنگی، زهرا؛ احراری، مهدی؛ آروین، فرشاد؛ سوری، علی (۱۳۹۱)، بهینه سازی سبد سهام با استفاده از الگوریتم ازدحام ذرات در تعاریف مختلف اندازه گیری ریسک، فصلنامه اقتصاد مالی، دوره ۶، شماره ۱۹، تابستان ۱۳۹۱، ص ۲۰۵-۲۲۷.

۱۶) مولایی، محمدعلی و طالبی، آرش (۱۳۸۹). بررسی کاربرد الگوریتم ابتکاری ترکیبی ژنتیک و نلدرمید در بهینه‌سازی پورتفوی. جستارهای اقتصادی ایران، دوره ۷، شماره ۱۴، ص ۱۷۱-۲۱۴.

17) Abbasi, Khalil and Fariba Mohammadi (2017), The Impact of Investor Sentiment and Portfolio Size on Stock Pricing in Tehran Stock Exchange, Scientific Conference on Management, Applied Economics and Business, Shiraz, Kharazmi High School of Science and Technology. (In Persian).

18) Abrazi, Mehdi; Ketabi, Saeideh and Abbasi, Abbas (2005). "Optimization of investment portfolio using linear programming methods and presentation of an applied model". Journal of Social Sciences and Humanities of Shiraz University Volume 22, Number 2(In Persian).

19) Adabi firouzjaee, Bagher., Mehrara,Mohsen., Mohammadi, Shapour(2014), Optimal Portfolio Selection for Tehran Stock Exchange Using Conditional, Partitioned

Article in Press

and Worst-case Value at Risk Measures, Journal of Money and Economy, Vol 9, Issue 1, pp 1-30(In Persian).

20) Amiri, Maghsoud; Shariatphanahi, Majid., Hadi Binakar, Mohammad (2010). Choose the optimal stock portfolio using multi-criteria decision making. Quarterly Journal of Stock Exchange, Issue, pp. 11-5(In Persian).

21) Bakhshardi, Mohammad Hossein, Rezaei, Morteza (2013), Determining Optimal Portfolio of Efficient Stock Industry Using Data Envelopment Analysis from the Perspective of Institutional Investors, Quarterly Journal of Monetary and Banking Management, Vol. 2, No. 5, pp. 53-72(In Persian).

22) Bayat, Ali., Asadi, Lida(2017), Stock Portfolio optimization: Effectiveness of particle swarm optimization and Markowitz model, Financial Management Quarterly and Securities, Article 4, Volume 8, Issue 32, Summer 2017, Page 63-85(In Persian).

23) Chiam s.c, kc. Tan, A Al. Mamum (2008). A memetic model of evolutionary PSO for computational finance applications. Expert Systems with Applications, 36:3695–3711.

24) Cura, T. (2009), Particle Swarm Optimization Approach to Portfolio Optimization, Nonlinear Analysis: Real World Applications, No.10, p.p. 2396–2406.

25) Fama, E. F., & French, K. R. (1993). Common Risk Factors in the Returns on Stocks and Bonds. Journal of financial economics, 33(1), pp. 3-56.

26) Mirfeiz Fallahshams,Ahmad Abdollahi,Mottahare Moghadassi. (2013). Examining the Performance of Different Risk Criteria in Portfolio Selection and Optimization, Using the Ant Colony Algorithm In companies Listed at the Tehran Stock Exchange. ournal of Financial Management Strategy, Volume 1, Issue 2, Autumn 2013, Page 15-32(In Persian).

1) Guang-Feng Deng, Woo-Tsong Lin, Chih-Chung Lo (2013)" Markowitz-based portfolio selection with cardinality constraints using improved particle swarm optimization "Expert Systems with Applications.vol 40.no 2,pp:4558–4566.

2) Haim Levy, Moshe Levy(2014) “The benefits of differential variance-based constraints in portfolio optimization” European Journal of Operational Research, Volume 234, Issue 2, PP. 372-381.

3) LI Tong(2016) Empirical Research of Asset Growth and Future Stock Returns Based on China Stock MarketManagement Science and EngineeringVol. 10, No. 1, 2016, pp. 33-37DOI:10.3968/8120 ISSN 1913-0341 [Print].

4) LI, S. C. HOI, P. ZHAO, and V. GOPALKRISHNAN, (2013)"Confidence weighted mean reversion strategy for online portfolio selection," In ACM Transactions on Knowledge Discovery from Data, vol. 7, pp. 4-38

5) Inchang, Hwang Simon, Xu.,Francis,In(2018), Naive versus optimal diversification: Tail risk and performance, European Journal of Operational Research, Volume 265, Issue 1, 16 February 2018, Pages 372-388.

6) Kumar, D. and K. Mishra (2017). "Portfolio optimization using novel co-varianceguided Artificial Bee Colony algorithm." Swarm and Evolutionary Computation 33:119-130

7) M. A. Khanesar, M. Teshnehlab, and M. A. Shoorehdeli, "A novel binary particle swarm optimization," in Control & Automation, 2007. MED'07. Mediterranean Conference on, 2007, pp. 1-6.

Article In Press

8) Mahmoud Abadi, Hamid, Namazi, Navireza (2016), Determination of the best companies using the model of investor decision making, Experimental Accounting Research, Vol. 5, No. 19, pp. 181-201(In Persian).

9) Mizban, Hedyeh sadat., Afchangi, Zahra; Ahrari; Mehdi; Arowin; Farshad; Suri; Ali (2012); Optimization of Stock Styles Using Particle Swarm Algorithm in Different Risk Measurement Definitions, Journal of Financial Economics, Vol. 6, No. 19, Summer 2012, p. 205-227(In Persian).

10) Modarres, Ahmad; Mohammadi Waters, Nazanin (2007), Selection of a stock basket from stock companies of Tehran Stock Exchange using the Genetic Algorithm Optimization Model, Development Magazine, Vol. 1, No. 1, pp. 71-92(In Persian).

11) Marco Corazza, Giovanni Fasano, Riccardo Gusso(2013) "Particle Swarm Optimization with non-smooth penalty reformulation, for a complex portfolio selection problem" Applied Mathematics and Computation, Volume 224, 1 November 2013, PP. 611-624.

12) Masoum Alishahi, Pouya and Mohsen Azami (2018), Optimization of the stock portfolio based on the Markovitz model, International Management Conference, Accounting and Knowledge Economy, Mashhad, Knowledge Cooperative Foundation, Kerman Avesh. (In Persian).

13) Markowitz, H. (1952). Portfolio selection. Journal of Finance, vol 7, no 1.pp:7-91.

14) Molaei, Mohammad Ali; Talebi, Arash(2010), Application Investigation of Genetic- Nelder-Mead Hybridized-Heuristic Algorithm in Portfolio Optimization, Journal of Iran, s Economic Essays, Article 7, Volume 7, Issue 14, Summer and Autumn 2010, Page 171-204(In Persian).

15) Raei, Reza; Pouyanfar, Ahmad (2010). Advanced Investment Management, Side Publishing. (Organization for the Study and Compilation of Humanities Books of Universities), Human Sciences Research and Development Center, Fourth Edition, Tehran (In Persian).

16) Rahnama Roodposhti, Fereydoun; Sadeh,Ehsan; Mirfeiz Fallahshams; Ehteshamrasi, reza; Jalilian, jamil(2018), A Portfolio Optimization Model for a Private Equity Investment Company under Data Insufficiency Condition with an Artificial Bee Colony Meta-heuristic Approach, Financial Management Quarterly and Securities, Article 4, Volume 9, Issue 35, Summer 2018, Page 77-104(In Persian).

17) Sha'bani Vazmlaei, Azam; Zahra Lashgari and Amirreza Kayghobadi, 2014, Ranking of the Top Companies for selection of portfolios using AHP technique (Case Study: Top 50 Tehran Stock Exchange Companies), Second National Conference on Applied Research in Management and Accounting Sciences, Tehran, Applied Scientific University, https://www.civilica.com/Paper-AMSCONF02-AMSCONF02_054.html. (In Persian).

18) Taghizadeh Yazdi, Mohammad Reza, Alavi, Abbas, Zarepour Naseerabadi, Mohammad Mehdi (2015), Ranking of Tehran Stock Exchange companies using decision making techniques ANP and VIKOR, International Management Conference, Economics and Industrial Engineering(In Persian).

Article in Press

19) Yin Peng-Yeng, Jing-Yu Wang (2006). A particle swarm optimization approach to the nonlinear resource allocation problem. Applied Mathematics and Computation, 183: 232–242.

Article in Press