فصلنامه مهندسی مدیریت نوین
سال یازدهم، شماره سوم، پاییز ۱۴۰۴

تدوین الگوی پرتفوی بهینه سهام با استفاده از الگوریتم ملخ و مقایسه آن با مارکوویتز

رضا بصیری[۱]، سعید آقاسی[۲]، مهدی اشرفیان قینانی[۳]

چکیده

تعیین سبد بهینه‌ای از سهام در بورس اوراق بهادار جهت سرمایه‌گذاری‌های علمی و مهندسی‌شده از اهمیت بالایی برخوردار بوده و امروزه سرمایه‌گذاران در بورس‌های سراسر دنیا چنین هدفی را دنبال می‌کنند. ازاین‌جهت روش‌های مختلفی در راستای ایجاد سبد بهینه سهام پیشنهاد و عملیاتی شده است. هدف از این پژوهش انتخاب پرتفوی بهینه سهام با استفاده از الگوریتم فراابتکاری ملخ و مقایسه آن با مارکویتز در بورس اوراق بهادر تهران است. روش پژوهش، توصیفی - تحلیلی از نوع پس‌رویدادی است و یک پژوهش کاربردی محسوب می‌شود. جامعه آماری شامل کلیهٔ شرکت‌های پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران طی سال‌های ۱۳۹۴ تا ۱۳۹۹ بوده و نمونهٔ پژوهش شامل ۱۶ شرکت فعال‌تر بورس در طی دورهٔ تحت بررسی است. اطلاعات مالی شرکت‌های نمونه به روش اسنادکاوی در محیط اکسل استخراج و پس از تلخیص جهت تحلیل به‌منظور تعیین سبد بهینه سهام به روش‌های الگوریتم ملخ و مارکویتز استفاده‌شده است اینکه الگوریتم ملخ آزاد بوده و هر میزان بازدهی را می‌تواند اختیار کند؛ اما میزان انحراف معیار یا ریسک الگوریتم ملخ کمتر از مدل مارکویتز است که بیانگر میزان سطح اطمینان بالاتر و ریسک کمتر از سبد مدل مارکویتز است و الگوریتم ملخ از سطح اطمینان بالاتر و ریسک کمتری نسبت به مدل مارکویتز برخوردار است. نتایج نشان داد بر اساس کمترین ریسک، الگوریتم ملخ نسبت به مدل مارکویتز کاراتر است؛ لذا پیشنهاد می‌شود، تشکیل سبد بهینه سهام برای سرمایه‌گذاران بر اساس الگوریتم ملخ انجام پذیرد.

واژه‌های کلیدی: الگوریتم ملخ، مدل مارکویتز، بهینه‌سازی سبد سهام، بورس اوراق بهادار تهران.

---

[۱]. دانشجوی دکتری گروه مدیریت، واحد دهاقان، دانشگاه آزاد اسلامی، دهاقان، ایران.

[۲]. استادیار گروه مدیریت، واحد دهاقان، دانشگاه آزاد اسلامی، دهاقان، ایران (نویسنده مسئول)

sae_aghasi@yahoo.com

[۳]. کارشناس ارشد گروه مدیریت، واحد دهاقان، دانشگاه آزاد اسلامی، دهاقان، ایران

تاریخ وصول ۱۴۰۳/۱/۱۸ تاریخ پذیرش ۱۴۰۳/۶/۲۵

۱- مقدمه

سرمایه‌گذاران مالی به دنبال آن دسته از فرصت‌های سرمایه‌گذاری هستند که بیشترین بازدهی توأم با معقول‌ترین سطح ریسک را به همراه داشته باشد. این فرصت‌ها در اغلب موارد از طریق انتخاب پرتفوی بهینه اوراق بهادار و به‌ویژه سهام انجام می‌گردد. آنچه برای سرمایه‌گذار مهم است، سودآوری، ریسک، نقدشوندگی، دوره‌های زمانی عایدات ورقه سهام و...است. در انتخاب یک دارایی مالی مثل سهام، توجه به اطلاعاتی که می‌تواند بر قیمت آن دارایی تأثیرگذار باشد، بسیار حائز اهمیت است، چون‌که تصمیم‌گیری بر اساس اطلاعات می‌تواند تا حد زیادی ریسک سرمایه‌گذاری را کاهش داده و از طرفی نیز بازدهی را افزایش دهد. در بورس اوراق بهادار، نوعی از دارایی با عنوان دارایی مالی همچون سهام و اوراق قرضه و اوراق مشارکت و صکوک خریدوفروش می‌شود. سهام، اوراق مشارکت، اوراق مشتقه و صکوک، ازجمله این دارایی‌های مالی هستند که در بازار سرمایه ایران مورد معامله قرار می‌گیرند. گاهی اوقات، ارزش دارایی مالی، به پشتوانه یک دارایی دیگر تعیین می‌شود. برای مثال، ارزش سهام یک شرکت به عملکرد شرکت مذکور بستگی دارد و با بهبود یا ضعف عملکرد شرکت، ارزش سهام آن‌هم بالا و پایین می‌رود؛ بنابراین، در انتخاب یک دارایی مالی مثل سهام، توجه به اطلاعاتی که می‌تواند بر قیمت آن دارایی تأثیرگذار باشد، بسیار حائز اهمیت است، چون تصمیم‌گیری بر اساس اطلاعات می‌تواند تا حد زیادی ریسک سرمایه‌گذاری شما را کاهش دهد. سؤال کلیدی برای سرمایه‌گذاران این است که ریسک، چیست؟ و چگونه می‌توان ریسک سرمایه‌گذاری در بورس را کاهش داد؟

خاطرنشان می‌گردد که ریسک، احتمال عدم موفقیت است. هراندازه احتمال عدم موفقیت در سرمایه‌گذاری بیشتر باشد، اصطلاحاً ریسک سرمایه‌گذاری بیشتر خواهد بود؛ بنابراین، با دقت در مفهوم ریسک می‌توان به دو نکته اساسی پی برد:

۱- پیش‌بینی صحیح، نقش بسیار زیادی در کاهش ریسک سرمایه‌گذاری دارد.

۲- چون لزوماً همواره پیش‌بینی‌ها به‌طور کامل منطبق بر واقعیت نخواهد بود، لذا فردی که قصد دارد با خرید سهام در بورس سرمایه‌گذاری کند، باید توانایی پذیرش ریسک را داشته باشد.

در کنار مفهوم ریسک، مفهوم دیگری نیز همواره در ادبیات سرمایه‌گذاری مورداستفاده قرار می‌گیرد، مفهومی به نام بازده سرمایه‌گذاران. منظور از بازده، درآمد حاصل از سرمایه‌گذاری است. فردی که سهامی را خریداری می‌کند، از دو محل، کسب بازدهی می‌کند: اول دریافت سود نقدی سالانه و دوم بازدهی ناشی از تغییر قیمت سهام که ممکن است مثبت یا منفی باشد. مجموع این دو نرخ، بازدهی سرمایه‌گذاری مالی را شکل می‌دهد. ازآنجاکه تشکیل پرتفوی بهینه سهام، برای مدیران شرکت‌ها از اهمیت زیادی برخوردار است در این تحقیق کوشش می‌شود ضمن مرور الگوریتم‌ها و روش‌های موجود ازجمله روش‌های سنتی، فراابتکاری و مدرن، سرمایه‌گذار بتواند با خیالی آسوده در بورس اوراق بهادار با ریسک کمتر و بازدهی بیشتر سرمایه‌گذاری نموده که همین امر موجب افزایش رونق چرخه اقتصادی کشور می‌گردد.

بهینه‌سازی از مسائل اصلی و حیاتی در حوزه سرمایه‌گذاری است زیرا هنگام تشکیل پرتفوی سهام، برای رسیدن به بیشترین بازدهی با در نظر گرفتن ریسک معین و یا رسیدن به کمترین ریسک به همراه بازدهی معین، برای اشخاص مهم است. الگوریتم پیشنهادی در تحقیق حاضر، می‌کوشد با استفاده از مدل‌های ریاضی و تقلید رفتارهای فردی و جمعی ملخ‌ها در طبیعت و نحوهٔ تأثیرپذیری هر ملخ از محیط پیرامونش برای حل مسائل بهینه‌سازی راهکارهایی ارائه دهد. محقق در این تحقیق به دنبال این مسئله است که الگوریتم ارائه‌شده که در گروه الگوریتم‌های هوش جمعی قرار می‌گیرد، می‌تواند نتایج برتری نسبت به روش مارکویتز ارائه دهد یا خیر.

بیان جنبه‌های مجهول و متغیرهای مربوطه به‌طور مشخص، جنبه‌های مجهول این تحقیق به کارایی الگوریتم‌های فراابتکاری به‌خصوص الگوریتم ملخ برای تشکیل پرتفوی بهینه سهام مربوط می‌شود. به‌گونه‌ای که بتوان مطلوبیت سبد منتخب با این الگوریتم را با مطلوبیت سبد سهام منتخب بر اساس روش مارکویتز مقایسه نمود.

مدل مسئلهٔ انتخاب سبد بهینه توسط مارکویتز در سال ۱۹۵۲ ارائه گردید. مقاله منتشره وی معمولاً به‌عنوان منشأ تئوری نوین پرتفوی شناخته می‌شود. در رویکرد سنتی نظریه پرتفوی، سرمایه‌گذار بایستی بازده مورد انتظار اوراق مختلف را در زمان $t = 0$ تخمین بزند و سپس در اوراق بهاداری که بیشترین بازده مورد انتظار را دارند، سرمایه‌گذاری نماید. مارکویتز چنین تصمیمی را غیر عقلایی می‌داند؛ زیرا سرمایه‌گذار

علاوه بر به حداکثر رساندن بازده تا حد ممکن، خواستار مطمئن بودن بازدهی نیز، است؛ بنابراین سرمایه‌گذاری که در پی حداکثر نمودن بازده مورد انتظار و حداقل کردن عدم اطمینان (ریسک) است، دو هدف متضاد، پیش رو دارد که بایستی در برابر یکدیگر، موازنه گردند. یکی از نتایج جالب‌توجه این دو هدف متضاد، این است که سرمایه‌گذار بایستی از طریق خرید چندین نوع اوراق بهادار، تنوع‌بخشی نماید (تشکیل سبد سهام به‌جای یک ورقه بهادار).

ملخ نوعی از حشرات هستند. آن‌ها آفت در نظر گرفته می‌شوند که معلول آسیب به تولید محصول کشاورزی است. اگرچه ملخ‌ها معمولاً به‌صورت جداگانه در طبیعت دیده می‌شود، آن‌ها به یکی از بزرگ‌ترین دسته مخلوقات از دسته حشرات می‌پیوندند. اندازه ازدحام ممکن است از مقیاس قاره‌ای باشد و یک کابوس برای کشاورزان است. جنبه منحصربه‌فرد یک دسته ملخ‌ها این است که رفتار دسته‌جمعی دارند هم بچگی و هم بزرگ‌سالی. میلیون‌ها بچه ملخ پرش می‌کنند و حرکت می‌کنند مانند سیلندر نورد. در راه خود، آن‌ها تقریباً همه پوشش گیاهی را می‌خورند. پس‌ازاین رفتار، زمانی که آن‌ها تبدیل به بزرگ‌سالان می‌شوند، آن‌ها به شکل ازدحام در هوا حرکت می‌کنند. این است که چگونه همه ملخ مسافت‌های طولانی را طی می‌کنند.

ویژگی اصلی ازدحام در مرحله لاروی حرکت آهسته و گام‌های کوچکی از ملخ است. در مقابل، جنبش ناگهانی، ویژگی ضروری ازدحام است در بزرگسالی. به دنبال منبع غذایی یکی دیگر از ویژگی‌های مهم از مسلح‌کردن ملخ است. همان‌طور که در مقدمه موردبحث، الگوریتم‌های الهام گرفته از طبیعت منطقی روند جستجو را به دو گرایش: اکتشاف و استثمار تقسیم می‌کند. در اکتشاف، عوامل جستجو تشویق می‌شوند که به‌طور ناگهانی حرکت کنند، درحالی‌که آن‌ها تمایل دارند که به‌صورت محلی در طول بهره‌برداری حرکت کنند. این دو عملکرد، همچنین به دنبال هدف، توسط ملخ‌ها به‌طور طبیعی انجام می‌شود؛ بنابراین، اگر راهی برای مدل ریاضی این رفتار پیدا کنیم، ما می‌توانیم الگوریتم جدیدی با الهام از طبیعت طراحی کنیم. ازآنجاکه ملخ‌های پوره روی زمین می‌روند، موقعیت آن‌ها مشخص می‌شود که نباید از زیر آستانه پایین بیاید. بااین‌حال، ما از این معادله در الگوریتم شبیه‌سازی و بهینه‌سازی استفاده نخواهیم کرد به دلیل جلوگیری از کاوش و بهره‌برداری از الگوریتم جستجوی فضای اطراف یک راه‌حل

در حقیقت، مدل مورداستفاده برای ازدحام در فضای آزاد است. سؤال اصلی پژوهش حاضر این است که چگونه می‌توان از الگوریتم ملخ برای انتخاب پرتفوی بهینه استفاده نمود؟ و در صورت استفاده، نتایج حاصله در مقایسه با نتایج مدل مارکویتز چگونه است؟

مدیریت پرتفوی

لغت پرتفولیو در عبارت ساده، به ترکیبی از دارایی‌ها گفته می‌شود که توسط یک سرمایه‌گذار برای سرمایه‌گذاری تشکیل می‌شود. این سرمایه‌گذاری می‌تواند یک فرد یا یک مؤسسه باشد. ازنظر تکنیکی، یک پرتفولیو دربرگیرنده مجموعه‌ای از دارایی‌های واقعی و مالی سرمایه‌گذاری شده یک سرمایه‌گذار است. به‌عبارت‌دیگر می‌توان گفت پرتفولیو مجموعه دارایی‌های یک نفر یا یک سازمان است (Adebiyi et al, 2012).

پرتفوی سبدی از سرمایه‌گذاری است که توسط یک فرد سرمایه‌گذار یا یک شرکت سرمایه‌گذاری تشکیل می‌شود. مدیریت پرتفوی دربرگیرنده یک سری قیمت‌های مناسب دررابطه‌با خریدوفروش سهام است، این فرایند دربرگیرنده صحیح پول نیز است، مدیریت پرتفوی باعث کاهش ریسک و افزایش بازده می‌شود. پرتفوی به‌منظور کاهش ریسک و به صورتی انتخاب می‌شود تا در شرایط عادی احتمال کاهش بازده همه دارائی‌ها (شامل سهام خریداری‌شده) نزدیک به صفر باشد. پرتفوی می‌تواند متعلق به شخصیت حقیقی و یا حقوقی باشد. کلمه پرتفولیو در عالم بورس‌بازی منظور کیف یا سبد سهام است بدین معنی که وقتی شخصی از پرتفوی خود صحبت می‌کند منظورش انواع سهام موجود در سبد سهامش است.

قبل از اقدام به هرگونه خریدوفروش اوراق بهادار، باید سیاست سرمایه گذاری، محدودیت های مربوط به سطح بازده مورد انتظار، میزان تحمل ریسک و سایر محدودیت هایی که تحت آن شرایط بایستی پرتفوی تشکیل گردد را تعیین نمود. تعیین ملاک های فوق توسط سرمایه گذار، قبل از انتخاب سهام و یا تعیین ترکیب پرتفوی بهینه ضروری است. این سرمایه گذار می تواند یک فرد یا یک مؤسسه باشد. ازنظر تکنیکی، یک پرتفوی دربرگیرنده مجموعه‌ای از دارایی های واقعی و مالی سرمایه گذاری شده یک سرمایه‌گذار است. (Zhang et al, 2007).

مدیریت پرتفوی شامل مفاهیم متعددی مثل پرتفوی (سبد سهام)، مدیریت پرتفوی، استراتژی پرتفوی، ارزیابی مجدد پرتفوی، تئوری پرتفوی، مارکوویتز، گشت تصادفی، CAPM[1]، مدل قیمت‌گذاری دارایی‌های سرمایه‌ای تئوری بازار کارا، ارزش ذاتی، ریسک سیستماتیک، ریسک سیستماتیک، ریسک گریزی، ریسک مالی، مهندسی مالی، پرتفوی کارا، فروض بازار کارا، بازار کارا، ضریب بتا و... است؛ که در این قسمت و قسمت‌های بعدی تعاریف و معانی آن‌ها ارائه می‌شود.

به مجموعه‌ای از اوراق بهادار که توسط یک سرمایه‌گذار نگهداری می‌شود اطلاق می‌گردد یک سبد سهام متشکل از انواع اوراق بهادار و دارائی‌های متفاوت است. این فرایند دربرگیرنده فعالیت‌های متفاوت مربوط به سرمایه‌گذاری در دارائی‌ها و اوراق بهادار است. مدیریت پرتفوی شامل برنامه‌ریزی، سرپرستی، زمان‌بندی، منطق‌گرایی و محافظه‌کاری در انتخاب اوراق بهادار متفاوت برای دستیابی به اهداف سرمایه‌گذاری است. این فعالیت فرایندی در جهت انتخاب مجموعه متنوعی از دارائی‌ها برای به حداکثر رساندن بازده مورد انتظار با توجه به میزان ریسک‌پذیری یا ریسک گریزی فرد سرمایه‌گذار است.

مدل مارکویتز

مارکویتز در سال ۱۹۵۰ مدل اساسی پرتفوی را ارائه کرد که مبنایی برای تئوری مدرن پرتفوی گردید. مارکویتز اولین کسی بود که مفهوم پرتفوی و ایجاد تنوع را به‌صورت روش رسمی بیان کرد. مارکوویتر نخستین کسی بود که مفهوم پر گونه‌سازی در سبد سهام را به‌طور رسمی توسعه داد او به‌طورکلی نشان داد که چرا و چگونه پر گونه‌سازی سبد سهام ریسک آن را برای سرمایه‌گذار کاهش می‌دهد.

از برجسته‌ترین نکات موردتوجه در مدل مارکویتز، توجه به ریسک سرمایه‌گذاری، نه‌تنها بر اساس انحراف معیار یک سهم، بلکه بر اساس ریسک مجموعه سرمایه‌گذاری است. پرتفوی‌های کار، پرتفوی‌هایی هستند که بالاترین بازدهی مورد انتظار را به‌ازای سطح مشخصی از ریسک و همچنین پایین‌ترین درجه ریسک را به‌ازای سطح مشخصی از بازدهی مورد انتظار داشته باشد. به طور معمول برای محاسبه مدل مارکویتز از متغیرهای بازده مورد انتظار اوراق بهادار، بازده مورد انتظار پرتفوی، نرخ بازده بدون

[1]-Capital Asset Pricing Model(CAPM)

ریسک، نرخ بازده مجموعه سرمایه‌گذاری بازار، ضریب (بتا) شاخصی از ریسک سیستماتیک، ریسک پرتفوی و کوواریانس میان بازده‌های اوراق بهادار استفاده‌شده، مورد توجه قرار دارد. (Charles and Jones, 2012).

مدل مارکویتز بر مبنای مفروضات ذیل بیان‌شده است:

۱- سرمایه‌گذاران، ریسک‌گریزند و دارای مطلوبیت مورد انتظار افزایشی، هستند و منحنی مطلوبیت نهایی ثروت آن‌ها کاهنده است.

۲- سرمایه‌گذاران پرتفوی خود را بر مبنای میانگین و واریانس مورد انتظار انتخاب می‌نمایند. بنابراین منحنی‌های بی‌تفاوتی آن‌ها تابعی از نرخ بازده و واریانس مورد انتظار است.

۳- هر گزینه سرمایه‌گذاری تا بی‌نهایت قابل‌تقسیم است.

۴- سرمایه‌گذاران افق زمانی «یک دوره‌ای» داشته و این برای همهٔ سرمایه‌گذاران، مشابه است.

۵- سرمایه‌گذاران در یک سطح مشخصی از ریسک، بازده بالاتری را ترجیح می‌دهند و بالعکس برای یک سطح معین از بازدهی، خواهان کمترین ریسک است.

اما ایراد وارده بر مدل مارکویتز که راه‌حل صحیح مسئله پرتفولیو را با هزینه‌ای قابل‌ملاحظه تولید می‌نماید، تعداد بالای تخمین موردنیاز است. برای به‌دست‌آوردن انتخاب پرتفوی بهینه در روش مارکویتز که حداقل واریانس برای یک سطح خاصی از بازده است.

الگوریتم بهینه‌سازی ملخ[1] GOA

ملخ از خانواده حشرات است. آن‌ها به‌عنوان آفت شناخته می‌شوند چراکه موجب آسیب‌زدن به محصولات و کشاورزی هستند. چرخه زندگی ملخ در شکل زیر نشان‌داده‌شده است. اگرچه ملخ معمولاً در طبیعت به‌صورت تکی و جداگانه دیده می‌شود، آن‌ها در یکی از بزرگ‌ترین گروه‌ها از تمام موجودات قرار دارند. اندازه گروه‌ها ممکن است در مقیاس خیلی بزرگ و یک کابوس برای کشاورزان باشد. ملخ‌های بالدار مهاجر آسیایی آفریقایی از خانواده ملخ‌های جهنده صدادار هستند. آن‌ها در گروه‌های

[1] Grasshopper Optimisation Algorithm

بزرگ زندگی می‌کنند. بزرگ‌ترین گروه ملخ‌ها که تاکنون ثبت‌شده، در سال ۱۸۷۵ در نبراسکا دیده‌شده که در حدود بیش از ۱۱ هزار میلیارد ملخ بالدار در کنار هم وجود داشته است. جنبه منحصربه‌فرد ازدحام ملخ‌ها این است که رفتار گروهی هم در بین ملخ‌های پوره (نوزاد حشرات بدون دگردیسی را که ازنظر شکل شبیه والدین بوده و تنها ازنظر جثه کوچک‌تر هستند پور می‌نامند) و هم در بین ملخ‌های بزرگ‌سال و بالغ دیده می‌شود. میلیون‌ها ملخ پوره می‌پرند و همانند میله سیلندر حرکت می‌کنند. در مسیر خود، تقریباً همه پوشش گیاهی را می‌خورند و بعدازاین رفتار، زمانی که این ملخ‌ها بالغ می‌شوند، گروهی را در هوا تشکیل می‌دهند. این است چگونگی مهاجرت ملخ‌ها در مسافت‌های بزرگ. (Saremi et al, 2017).

الگوریتم‌های الهام گرفته‌شده از طبیعت به‌صورت منطقی فرایند جستجو را به دو بخش تقسیم می‌کنند: اکتشاف و بهره‌برداری. در اکتشاف، عامل‌های جستجو تشویق به حرکت‌های تصادفی می‌شوند درحالی‌که در مرحله بهره‌برداری آن‌ها تمایل به حرکت‌های محلی و اطراف مکان خوددارند. این دو عمل و همچنین جستجوی هدف، به‌طور طبیعی توسط ملخ انجام می‌گیرد؛ بنابراین، اگر ما روشی برای مدل‌کردن ریاضی این رفتار پیدا کنیم، می‌توانیم یک الگوریتم الهام گرفته از طبیعت جدید را طراحی کنیم.

مدل ریاضی بکار گرفته‌شده برای شبیه‌سازی رفتار ملخ‌ها در این مقاله به شکل زیر است:

$$X_i = S_i + G_i + A_i$$

که در آن Xi موقعیت iامین ملخ را مشخص می‌کند، Si تعامل اجتماعی و Gi نیروی گرانش اعمال‌شده به ملخ iام است و Ai جهت باد را نمایش می‌دهد. توجه داشته باشید که به‌منظور ایجاد رفتار تصادفی می‌توان رابطه فوق را به‌صورت

Xi =r1Si +r2Gi +r3Ai

بازنویسی کرد که در آن r1 و r2 و r3 اعدادی تصادفی در بازه [0,1] هستند.

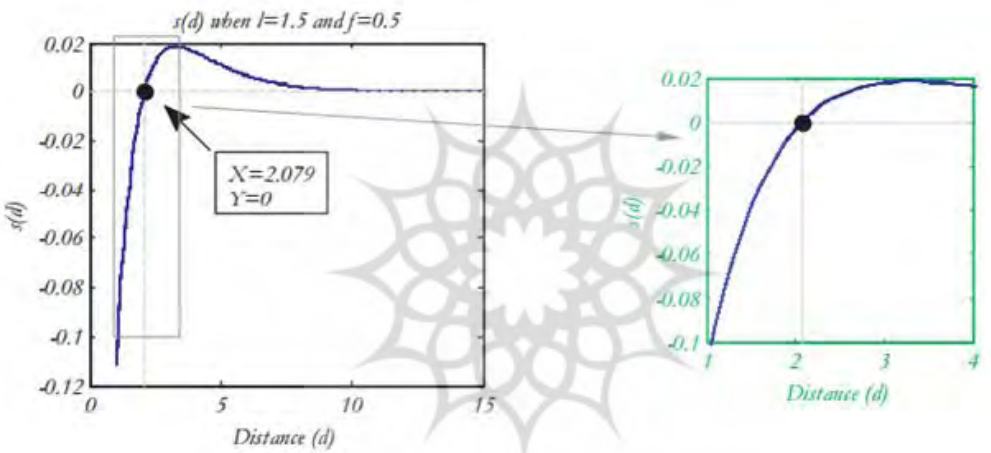
مقدار Si یعنی تعامل اجتماعی برای ملخ i ام با توجه به رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$S_i = \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^{N} s(d_{ij})\,\widehat{d_{ij}}$$

که در آن dij فاصله بین ملخ i ام با ملخ j ام را نشان می‌دهد و به‌صورت $d_{ij}=|x_j-x_i|$ محاسبه می‌شود. s یک تابع برای تعریف فشار نیروی اجتماعی است همان‌طور که در رابطه مذکور نشان‌داده‌شده است و $\widehat{d_{ij}}=\frac{x_j-x_i}{d_{ij}}$ یک بردار واحد از i امین ملخ به j امین ملخ است. تابع s که نیروی اجتماعی را تعریف می‌کند همانند زیر محاسبه می‌شود:

$$s(r)=fe^{\frac{-r}{l}}-e^{-r}$$

که در آن f نشان‌دهنده شدت جاذبه و l نشان‌دهنده طول مقیاس جاذبه است. تابع s در شکل (۲) نشان‌داده‌شده است تا چگونگی تأثیر بر روی تعامل اجتماعی (جاذبه و دافعه) ملخ‌ها را نشان دهد(Saremi et al, 2017).



شکل (۱): چگونگی تأثیر بر روی تعامل اجتماعی (Saremi et al, 2017).

در این شکل ممکن است متوجه شده باشید که در فاصله ۰ تا ۱۵ که در نظر گرفته شده است، دافعه در بازه [0,2.079] رخ‌داده است. هنگامی‌که یک ملخ در فاصله ۲.۰۷۹ از ملخ دیگر است نه جاذبه و نه دافعه‌ای وجود ندارد؛ که به آن منطقه یا فاصله راحتی یا آسایش گفته می‌شود. همچنین شکل ۴-۷ نشان می‌دهد که جاذبه از فاصله ۲.۰۷۹ افزایش می‌یابد تا نزدیک ۴ و سپس به‌تدریج کاهش می‌یابد. تغییر پارامترهای l و f منجر به رفتارهای اجتماعی مختلف در ملخ‌های مصنوعی خواهد شد.

پیشینه پژوهش

باباجانی و همکاران (Babajani et al, 2019) در تحقیقی با عنوان «پیش‌بینی قیمت سهام در بورس تهران با استفاده از شبکه عصبی بازگشتی بهینه‌شده با الگوریتم کلونی

زنبورعسل مصنوعی» به این نتیجه رسیدند که استفاده از شبکه عصبی بهینه‌شده با الگوریتم کلونی زنبورعسل مصنوعی، دقت قابل‌ملاحظه‌ای در مقایسه با سایر روش‌های پیش‌بینی‌شده دارد.

بیات و اسدی (Bayat & Asadi, 2017)، در تحقیقی با عنوان «بهینه‌سازی پرتفوی سهام: سودمندی الگوریتم پرندگان و مدل مارکویتز» به این نتیجه رسیدند که الگوریتم پرندگان در مقایسه با مدل مارکویتز دارای خطای کمتری در انتخاب سبد بهینه سرمایه‌گذاری است.

خلیلی عراقی(Khalili Iraqi, 2017) در تحقیقی با عنوان «انتخاب بدره بهینه سهام با استفاده از برنامه‌ریزی آرمانی» به این نتیجه رسیدند که درصورتی‌که تحقق کلیه آرمان‌ها، سرمایه‌گذار بایستی در سهم چهار شرکت (ازهر صنعت یک شرکت) سرمایه‌گذاری نماید.

صارمی و همکاران (Saremi et al, 2017) پژوهش با عنوان «بهینه‌سازی الگوریتم ملخ: تئوری و کاربرد» انجام دادند. در این پژوهش یک الگوریتم بهینه‌سازی به نام الگوریتم ملخ پیشنهاد می‌شود و برای حل مشکلات بهینه‌سازی ساختاری بکار برده می‌شود. الگوریتم پیشنهادی از مدل‌های ریاضی تقلید می‌کند و از رفتار ملخ‌ها در طبیعت برای حل مسائل بهینه‌سازی تقلید می‌کند. نتایج نشان داد که الگوریتم پیشنهادی قادر به ارائه نتایج برتر در مقایسه با الگوریتم‌های مشهور و کلاسیک در پژوهش‌های سابق است.

چن و همکاران (Chen & Lin, 2009) در تحقیق خود انتخاب پورتفولیو، تحت معیارهای ریسک میانگین – واریانس، نیمه واریانس، واریانس با چولگی و میانگین قدرمطلق انحراف را با استفاده از الگوریتم ژنتیک بهینه‌سازی کرده‌اند و در هر مورد مرز کارا را برای داده‌های جمع‌آوری‌شده از بازارهای سهام مختلف ترسیم کرده و نشان داده‌اند که این الگوریتم می‌تواند به‌خوبی مسئله انتخاب پورتفولیو تحت معیارهای ریسک مختلف را بهینه‌سازی کند.

آناگنوتوپولوس و مامانیس (Anagnostopoulos & Mamanis, 2010) در تحقیق خود انتخاب پورتفولیو، علاوه بر در نظر گرفتن معیارهای ریسک و بازده، حداقل کردن تعداد سهام موجود در پورتفولیو را به‌عنوان یک معیار سوم در نظر گرفته‌اند. آن‌ها

همچنین محدودیت اصلی و محدودیت دسته‌بندی را در مدل دخیل کرده‌اند. مسئله بهینه‌سازی حاصله یک مسئله سه‌هدفه غیرخطی مختلط عدد صحیح است و برای حل این مسئله، سه نوع تکنیک بهینه‌سازی تکاملی چندهدفه پیشنهادشده است. معیار ریسک موردنظر آن‌ها همچنان معیار ریسک میانگین – واریانس بوده است.

۲- روش پژوهش

روش تحقیق با توجه به دو ملاک هدف تحقیق و نحوه گردآوری داده‌ها مشخص می‌گردد. تحقیقات علمی را بر اساس هدف تحقیق به سه دسته بنیادی، کاربردی و تحقیق و توسعه‌ای تقسیم می‌کنند: پژوهش حاضر ازنظر هدف کاربردی و روش جمع‌آوری اطلاعات آن، توصیفی پس رویدادی از نوع پیمایشی است. تحقیق توصیفی شامل مجموعه روش‌هایی است که هدف آن توصیف کردن شرایط یا پدیده‌های موردبررسی است. اجرای تحقیق توصیفی صرفاً برای شناخت بیشتر شرایط موجود با یاری‌دادن به فرآیند تصمیم‌گیری است (Bazargan, 2002). پژوهشگر در این‌گونه تحقیقات سعی می‌کند تا آنچه هست را بدون هیچ‌گونه استنتاج ذهنی گزارش دهد و نتایج عینی از موقعیت بگیرد.

جامعه و نمونه آماری

در این پژوهش جامعه آماری، کلیه شرکت‌های پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران که طی سال‌های ۱۳۹۴ تا ۱۳۹۹ در بورس فعالیت داشته‌اند، است و نمونه آماری، شرکت‌های پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران هستند که طی سال‌های تحت مطالعه، عضو شرکت‌های فعال‌تر بورس بوده باشند.

شناسایی و انتخاب شرکت‌های فعال‌تر در بورس اوراق بهادار تهران بر پایه ترکیبی از موارد زیر است؛

۱- قدرت نقدشوندگی سهام و میزان دادوستد سهام در تالار معاملات (تعداد و ارزش سهام دادوستد شده)

۲- تناوب دادوستد سهام در تالار معاملات (تعداد روزهای دادوستد شده و دفعات دادوستد شده)

۳- معیار تأثیرگذاری شرکت بر بازار (میانگین تعداد سهام منتشرشده و میانگین ارزش جاری سهام شرکت در دوره بررسی)

درنهایت ۱۶ شرکت که در ادوار مختلف تحت بررسی جزو شرکت‌های فعال‌تر بورس اوراق بهادار تهران بوده‌اند شامل (سایپا، پارس‌خودرو، فولاد مبارکه اصفهان، پتروشیمی خلیج‌فارس، بانک ملت، ایران‌خودرو، مپنا، مخابرات ایران، سرمایه‌گذاری غدیر، چادرملو، توسعه معادن و فلزات، گسترش نفت و گاز پارسیان، فولاد خوزستان، پردیس، فولاد خراسان، پتروشیمی شازند) انتخاب شدند.

روش تجزیه‌وتحلیل اطلاعات

در پژوهش حاضر از آمار توصیفی شامل معیارهای مرکزی و معیارهای پراکندگی استفاده‌شده است. با استفاده از الگوریتم ملخ و مدل مارکویتز، سبد سهام بهینه بر اساس ماکزیمم بازده و مینیمم ریسک انتخاب‌شده است و بر اساس مقایسهٔ ماکزیمم بازده و مینیمم ریسک، برتری الگوریتم ملخ بر مدل مارکویتز تشریح شده است.

در راستای تحلیل‌های موردنیاز از متغیرهایی به شرح زیر استفاده‌شده است.

- سود هر سهم، (EPS)
- نسبت قیمت سهم به ارزش دفتری سهم (P/B)
- نسبت قیمت سهم به سود هر سهم (P/E)
- بازده سهام (ROA)

در این پژوهش برای تجزیه‌وتحلیل داده‌ها و استخراج نتایج پژوهش، از نرم‌افزارهای Excell و MATLAB استفاده‌شده است.

۳- سؤال‌های پژوهش

۱- چگونه می‌توان از الگوریتم ملخ برای انتخاب بهینه سبد سهام استفاده کرد؟

۲- ریسک و بازدهی پرتفوی منتخب بر اساس الگوریتم ملخ نسبت به مدل ماکوویتز چگونه خواهد بود؟

٤- یافته‌های پژوهش

در این قسمت نتایج حاصل از بهینه‌سازی روش مارکویتز ارائه می‌شود. در مدل میانگین - واریانس طراحی‌شده توسط مارکویتز میانگین بازده مورد انتظار را نشان می‌دهد و

واریانس، ریسک سبد سهام است. در ادامه بهینه‌سازی روش الگوریتم ملخ بر اساس بهینه‌سازی فواصل ارائه می‌گردد.

جدول (۱): شرکت‌ها و وزن اولیه در سبد سهام

نام شرکت	وزن اولیه در سبد سهام
سایپا	۰.۰۶۲۵
پارس‌خودرو	۰.۰۶۲۵
فولاد خوزستان	۰.۰۶۲۵
فولاد خراسان	۰.۰۶۲۵
پتروشیمی شازند	۰.۰۶۲۵
توسعه معادن و فلزات	۰.۰۶۲۵
مخابرات ایران	۰.۰۶۲۵
ایران‌خودرو	۰.۰۶۲۵
فولاد مبارکه اصفهان	۰.۰۶۲۵
پتروشیمی خلیج‌فارس	۰.۰۶۲۵
بانک ملت	۰.۰۶۲۵
سرمایه‌گذاری غدیر	۰.۰۶۲۵
چادرملو	۰.۰۶۲۵
گسترش نفت و گاز پارسیان	۰.۰۶۲۵
پردیس	۰.۰۶۲۵
مپنا	۰.۰۶۲۵

در جدول (۱) شرکت‌ها و وزن اولیه شرکت‌ها در سبد سهام ارائه‌شده است و برای همه شرکت‌ها، وزن یکسانی در نظر گرفته‌شده است. نتایج مندرج در جدول (۲) مقادیر بهینه‌شده‌ی واریانس و میانگین بازده هر سهم در مدل مارکویتز را نشان می‌دهد.

جدول (۲): سبد سهام در مدل مارکویتز و میانگین بازده شرکت‌ها

نام شرکت	سبد سهام مدل مارکویتز	میانگین بازده شرکت‌ها
سایپا	۰,۱۱۱۸۹۲۳۲۴۶	۰,۱۱۷۱
پارس‌خودرو	۰,۰۱۹۰۲۸۵۴۷۴	۰,۲۳۸۴
فولاد خوزستان	۰,۰۰۹۰۱۰۳۵۸۱	۰,۰۴۰۹
فولاد خراسان	۰,۰۰۲۶۸۷۵۷۵۴	۰,۰۱۳۰

پتروشیمی شازند	۰,۰۲۱۱۳۸۲۹۴۲	۰,۱۳۹۰
توسعه معادن و فلزات	۰,۰۰۳۴۱۳۲۰۲۸	۰,۲۷۶۴
مخابرات ایران	۰,۰۰۲۶۱۲۲۸۷۳	۰,۲۵۶۱
ایران‌خودرو	۰,۰۰۱۶۱۲۶۷۰۴	۰,۱۲۲۷
فولاد مبارکه اصفهان	۰,۰۱۰۹۳۸۴۶۳۴	۰,۲۴۶۱
پتروشیمی خلیج‌فارس	۰,۰۰۸۸۸۷۰۴۲۷	۰,۶۲۳۸
سرمایه‌گذاری غدیر	۰,۰۰۳۱۵۰۵۱۹۹	۰,۴۲۱۱
بانک ملت	۰,۰۰۴۱۸۶۶۹۴۱	۰,۰۳۸۲
چادرملو	۰,۰۰۸۰۷۳۴۵۷۴	۰,۱۲۳۵
گسترش نفت و گاز پارسیان	۰,۰۱۱۸۶۳۰۰۲۴	۰,۴۱۸۲
پردیس	۰,۰۰۲۲۱۲۶۸۹۲	۰,۵۴۵۵
مپنا	۰,۰۵۳۴۰۶۸۳۸۶	۰,۶۳۰۶

نتایج مندرج در جدول (۳) مقادیر بهینه‌شده‌ی واریانس و میانگین بازده هر سهم در مدل الگوریتم ملخ را نشان می‌دهد.

جدول (۳): سبد سهام در مدل الگوریتم ملخ و میانگین بازده شرکت‌ها

نام شرکت	سبد سهام مدل الگوریتم ملخ	میانگین بازده شرکت‌ها
سایپا	۰,۱۱۲۳۶۴۵۶۷۳	۰,۱۱۷۱
پارس‌خودرو	۰,۰۲۰۷۹۲۶۴۹۵	۰,۲۳۸۴
فولاد خوزستان	۰,۰۰۴۷۷۵۹۵۰۱	۰,۰۴۰۹
فولاد خراسان	۰,۰۰۳۵۵۰۷۴۱۰	۰,۰۱۳۰
پتروشیمی شازند	۰,۰۲۵۵۴۰۴۲۷۴	۰,۱۳۹۰
توسعه معادن و فلزات	۰,۰۱۰۳۲۶۵۴۱۹	۰,۲۷۶۴
مخابرات ایران	۰,۰۰۲۱۵۰۴۶۵۲	۰,۲۵۶۱
ایران‌خودرو	۰,۰۰۷۸۰۱۳۰۷۳	۰,۱۲۲۷
فولاد مبارکه اصفهان	۰,۰۱۳۲۲۶۴۸۶۷	۰,۲۴۶۱
پتروشیمی خلیج‌فارس	۰,۰۰۰۹۳۷۸۲۱۴	۰,۶۲۳۸
سرمایه‌گذاری غدیر	۰,۰۱۶۴۷۸۵۷۹۸	۰,۴۲۱۱
بانک ملت	۰,۰۲۷۴۱۷۸۲۷۸	۰,۰۳۸۲
چادرملو	۰,۰۰۵۸۵۰۸۱۹۵	۰,۱۲۳۵
گسترش نفت و گاز پارسیان	۰,۰۰۴۴۵۰۷۴۰۱	۰,۴۱۸۲

پردیس	۰,۰۰۱۸۵۰۴۹۵۵	۰,۵۴۵۵
مپنا	۰,۰۱۵۷۰۴۳۸۸۲	۰,۶۳۰۶

نتایج مندرج در جدول (۴) وزن شرکت و درصد در سبد مارکویتز را نشان می‌دهد. مشاهده می‌شود که در سبد مارکویتز شرکت‌های پتروشیمی شازند، پتروشیمی خلیج‌فارس، گسترش نفت و گاز پارسیان، سرمایه‌گذاری غدیر و سایپا، به ترتیب پنج شرکت با بیشترین درصد در سبد سهام هستند و ۷۴.۲ درصد از سبد را به خود اختصاص می‌دهند.

جدول (٤): وزن شرکت و درصد در سبد مارکویتز

نام شرکت	وزن شرکت در سبد مارکویتز	درصد در سبد مارکویتز
پتروشیمی شازند	۰.۱۱۳	۲۳.۸۹
پتروشیمی خلیج‌فارس	۰.۰۹۱	۱۹.۲۴
گسترش نفت و گاز پارسیان	۰.۰۸۴	۱۷.۷۶
سرمایه‌گذاری غدیر	۰.۰۳۲	۶.۷۷
سایپا	۰.۰۳۱	۶.۵۵
پارس‌خودرو	۰.۰۲۷	۵.۷۱
فولاد مبارکه اصفهان	۰.۰۲۶	۵.۵۰
فولاد خوزستان	۰.۰۲۴	۵.۰۷
توسعه معادن و فلزات	۰.۰۲۳	۴.۸۶
چادرملو	۰.۰۲۲	۴.۶۵

جدول (۵): وزن شرکت و درصد در سبد الگوریتم ملخ

نام شرکت	وزن شرکت در سبد الگوریتم ملخ	درصد در سبد الگوریتم ملخ
پتروشیمی خلیج‌فارس	۰.۱۶۳	۲۴.۹۶
گسترش نفت و گاز پارسیان	۰.۱۲۶	۱۹.۵۶
پتروشیمی شازند	۰.۱۱۰	۱۷.۲۲
فولاد مبارکه اصفهان	۰.۰۵۵	۸.۲۰
فولاد خوزستان	۰.۰۵۱	۷.۸۸
سایپا	۰.۰۴۰	۶.۱۳
پارس‌خودرو	۰.۰۲۹	۴.۴۰
توسعه معادن و فلزات	۰.۰۲۸	۴.۲۶

چادرملو	۰.۰۲۶	۴.۰۶
سرمایه‌گذاری غدیر	۰.۰۲۱	۳.۲۶

نتایج مندرج در جدول (۵) وزن شرکت و درصد در سبد الگوریتم ملخ را نشان می‌دهد. مشاهده می‌شود که در سبد الگوریتم ملخ شرکت‌های پتروشیمی خلیج‌فارس، گسترش نفت و گاز پارسیان، پتروشیمی شازند، فولاد مبارکه اصفهان، فولاد خوزستان به ترتیب پنج شرکت با بیشترین درصد در سبد سهام هستند و ۷۸ درصد از سبد را به خود اختصاص می‌دهند.

با مقایسه جدول‌های (۴) و (۵) می‌توان نتیجه گرفت که الگوریتم ملخ نسبت به مدل مارکویتز درصد بیشتری از سبد سهام را صرفاً با ۵ شرکت به خود اختصاص داده است. نتایج مندرج در جدول (۶) مقادیر بهینه‌شده بازده مورد انتظار، واریانس و انحراف معیار را جهت مقایسه در سبدهای سهام در مدل مارکوویتز و الگوریتم ملخ نشان می‌دهد.

میزان بازده مورد انتظار برای مدل مارکویتز اندکی بیشتر از الگوریتم ملخ است که نشان می‌دهد مدل مارکویتز با در نظر گرفتن میزان ثابت بازده یعنی میانگین بازدهی شرکت‌ها میزان بازدهی ثابتی را در مدل خود اعمال نموده است و اینکه الگوریتم ملخ آزاد بوده و هر میزان بازدهی را می‌تواند اختیار کند. میزان انحراف معیار یا ریسک الگوریتم ملخ کمتر از مدل مارکویتز است؛ که بیانگر میزان سطح اطمینان بالاتر و ریسک کمتر از سبد مدل مارکویتز است و الگوریتم ملخ از سطح اطمینان بالاتر و ریسک کمتری نسبت به مدل مارکویتز برخوردار است.

جدول (٦): معیارهای مقایسه‌ای در سبدهای سهام در مدل مارکوویتز و الگوریتم ملخ

معیارها	مدل ماکوویتز	مدل الگوریتم ملخ
بازده مورد انتظار	۰.۳۵۲۷	۰.۳۲۸۹
واریانس	۰.۸۶۰۱	۰.۵۲۱۱
انحراف معیار	۰.۹۲۷۴	۰.۷۲۱۹

۵- نتیجه‌گیری و بحث

بهینه‌سازی سبد سهام یا انتخاب بهینه سبد سهام یکی از مسائل مهم در حوزه علوم مالی و سرمایه‌گذاری است و کاربردهای فراوانی را، در برنامه‌ریزی‌ها و تصمیم‌گیری‌های مالی

دارد. مبانی تئوری این مسئله و نظریه نوین سبد دارایی، در اوایل دهه ۱۹۵۰ میلادی و توسط مارکویتز پایه‌ریزی شده است و بسیاری از دستاوردهای امروزی این شاخه از علوم مالی، مرهون تلاش‌ها و مطالعات مارکویتز است. برای حل مسئله بهینه‌سازی سبد سهام، ابزارها و الگوریتم‌های متنوعی پیشنهادشده‌اند و قابل‌استفاده هستند که هم شامل الگوریتم‌های بهینه‌سازی کلاسیک و هم شامل الگوریتم‌های بهینه‌سازی هوشمند و فراابتکاری است. ضمن این‌که نرم‌افزار متلب و جعبه‌ابزار (تولباکس) مالی این نرم‌افزار نیز، امکانات بی‌نظیری را برای مواجهه با این نوع از مسائل، تدارک دیده است که مبنای اصلی کار در این مجموعه آموزشی است. الگوریتم ملخ ازجمله روش‌های ابتکاری است که در نرم‌افزار متلب بهینه‌سازی می‌شود.

با توجه به نظریه‌های دانشمندان و پژوهش‌های انجام‌یافته می‌توان اذعان داشت که از اهداف گزارشگری و مهندسی مالی در سیستم‌های سرمایه‌گذاری و تعیین سبد سهام بهینه در بورس اوراق بهادار جهت سرمایه‌گذاری‌های علمی و مهندسی‌شده در صنایع و سهام شرکت‌های بورس اوراق بهادار است که این نتایج به سرمایه‌گذاران در اتخاذ تصمیم‌های مالی و اقتصادی صحیح کمک فراوانی می‌نماید. در بحث بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری در سهام، مسئله اصلی انتخاب بهینه سبد سرمایه‌گذاری در سهام و دارایی‌ها و اوراق بهاداری است که با مقدار مشخصی سرمایه می‌توان تهیه نمود. هرچند کمینه‌کردن ریسک و بیشینه نمودن بازده سرمایه‌گذاری‌ها به نظر ساده می‌آید اما در عمل روش‌های متعددی برای تشکیل سبد بهینه سرمایه‌گذاری در سهام به‌کاررفته است و نتایج بعضاً متفاوت اما هم‌راستایی ارائه‌شده است؛ زیرا همه الگوریتم‌های ارائه‌شده یک هدف دارند و آن کمینه‌کردن ریسک و یا بیشینه‌کردن بازده است.

امروزه تلاش‌های زیادی برای توسعهٔ مدل‌های سنتی مالی در حل تنگناهای مالی و بهینه‌سازی و انتخاب سبد سرمایه‌گذاری در سهام انجام‌یافته است که کلیهٔ مدل‌های ارائه‌شده در راستای حمایت از عموم سرمایه‌گذاران (خصوصاً در سهام) در تعیین تعادل میان عوامل تأثیرگذار بر انتخاب آن‌ها و درنهایت گزینش مطلوب‌ترین، بهینه‌ترین و مناسب‌ترین دارایی‌ها (به‌لحاظ کمینه‌کردن ریسک و یا بیشینه‌کردن بازده) در سبد سرمایه‌گذاری در سهام با لحاظ‌کردن شرایط و ضوابط مربوطه است. مدیریت سبد سرمایه‌گذاری تشکیل‌شده توسط سهام، مطالعه همه ابعاد سبد سهام شامل ترکیب سهام

سرمایه‌گذاری موجود در سبد سرمایه‌گذاری و وزن هر سهم در سبد سرمایه‌گذاری و بهترین زمان برای تغییرات در ترکیب سبد سرمایه‌گذاری را در برمی‌گیرد. این موضوع موجب به‌وجودآمدن مدل‌هایی کارآمد برای انتخاب بهینه سبد سرمایه‌گذاری شده است. درواقع سبد سهام بهینه (به لحاظ کمینه‌کردن ریسک و یا بیشینه‌کردن بازده) سبدی است که برای بازدهی معینی کمترین ریسک و یا برای ریسک معینی بیشترین بازده را طی دورهٔ سرمایه‌گذاری داشته باشد و ضمناً شرایط بازار را هم در نظر گرفته باشد.

با توجه به اینکه نتایج این پژوهش می‌تواند در صورت اثبات تأثیرگذار بودن الگوریتم ملخ نسبت به مدل مارکوویتز در انتخاب سبد سرمایه‌گذاری، با ارائه دیدگاهی بهینه‌تر انتخاب سبد سرمایه‌گذاری سهام در بازار سرمایه مورداستفاده سرمایه‌گذاران حقیقی و حقوقی در بورس اوراق بهادار و همچنین سایر بازارهای مالی قرار گیرد، لذا این پژوهش به بررسی امکان‌پذیری انتخاب سبد سهام بهینه با استفاده از الگوریتم ملخ در انتخاب سبد سرمایه‌گذاری سهام در بورس اوراق بهادار تهران پرداخته و به دنبال اثبات این است که استفاده از الگوریتم ملخ در انتخاب بهینه سبد سرمایه‌گذاری سهام از شرکت‌های پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران امکان‌پذیر است و حداقل نسبت به مدل‌های کلاسیک نظیر مارکوویتز ریسک کمتری دارد و لذا کاراتر است.

در رسیدن به هدف پژوهش و بررسی سؤال‌های مطرح‌شده مبنی بر اینکه، (چگونه می‌توان از الگوریتم ملخ برای انتخاب بهینه سبد سهام استفاده کرد؟ و ریسک بازدهی پرتفوی منتخب بر اساس الگوریتم ملخ نسبت به مدل ماکوویتز چگونه خواهد بود؟) با توجه به اینکه از ۱۶ شرکت برتر بورس اوراق بهادار تهران استفاده‌شده است نتایج بهینه‌سازی مدل مارکوویتز و الگوریتم ملخ به‌صورت زیر به دست آمد.

نتایج بررسی وزن شرکت و درصد در سبد مارکویتز نشان داد که در سبد مارکویتز شرکت‌های پتروشیمی شازند، پتروشیمی خلیج‌فارس، گسترش نفت و گاز پارسیان، سرمایه‌گذاری غدیر و سایپا، به ترتیب پنج شرکت با بیشترین درصد در سبد سهام هستند و ۷۴.۲ درصد از سبد را به خود اختصاص داده‌اند. در این بین پتروشیمی شازند ۲۹.۸۹ درصد از سبد را به خود اختصاص داده است.

نتایج بررسی وزن شرکت و درصد در سبد الگوریتم ملخ نشان داد که در سبد الگوریتم ملخ شرکت‌های پتروشیمی خلیج‌فارس، گسترش نفت و گاز پارسیان،

پتروشیمی شازند، فولاد مبارکه اصفهان، فولاد خوزستان به ترتیب پنج شرکت با بیشترین درصد در سبد سهام هستند و ۷۸ درصد از سبد را به خود اختصاص داده‌اند. دراین‌بین پتروشیمی خلیج‌فارس ۲۴.۹۶ درصد از سبد را به خود اختصاص داده است.

با مقایسه وزن شرکت و درصد در سبد مارکویتز و در سبد الگوریتم ملخ می‌توان نتیجه گرفت که الگوریتم ملخ نسبت به مدل مارکویتز درصد بیشتری از سبد سهام را صرفاً با ۵ شرکت به خود اختصاص داده است.

نتایج بهینه‌شدهٔ بازده مورد انتظار، واریانس و انحراف معیار جهت مقایسه در سبدهای سهام در مدل مارکوویتز و الگوریتم ملخ نشان داد که گرچه میزان بازده مورد انتظار برای مدل مارکویتز اندکی بیشتر از الگوریتم ملخ است و نشان می‌دهد مدل مارکویتز با در نظر گرفتن میزان ثابت بازده یعنی میانگین بازدهی شرکت‌ها میزان بازدهی ثابتی را در مدل خود اعمال نموده است و اینکه الگوریتم ملخ آزاد بوده و هر میزان بازدهی را می‌تواند اختیار کند؛ اما میزان انحراف معیار یا ریسک الگوریتم ملخ کمتر از مدل مارکویتز است؛ که بیانگر میزان سطح اطمینان بالاتر و ریسک کمتر از سبد مدل مارکویتز است و الگوریتم ملخ از سطح اطمینان بالاتر و ریسک کمتری نسبت به مدل مارکویتز برخوردار است.

در راستای انتخاب سبد بهینه سرمایه‌گذاری با توجه به الگوریتم ملخ باید سهم هر شرکت در سبد سهام با توجه به مجموع وزن شرکت در الگوریتم ملخ مشخص شود؛ لذا می‌توان یک سبد سهام مطلوب و بهینه را به شرح زیر موردتوجه قرارداد و از هر ۱۰۰۰ واحد پول، ۲۴۹۶ واحد در پتروشیمی خلیج‌فارس، ۱۹۵۶ واحد در گسترش نفت و گاز پارسیان، ۱۷۲۲ واحد در پتروشیمی شازند، ۸۲۰ واحد در فولاد مبارکه اصفهان، ۷۸۸ واحد در فولاد خوزستان، ۶۱۳ واحد در سایپا، ۴۴۰ واحد در پارس‌خودرو، ۴۲۶ واحد در توسعه معادن و فلزات، ۴۰۶ واحد در چادرملو و ۳۲۶ واحد در سرمایه‌گذاری غدیر تقسیم نمود.

در خصوص تبیین نتایج پژوهش می‌توان گفت نتایج این پژوهش به‌طور عمده با نتایج پژوهش صارمی و همکاران (Saremi et al, 2017) که در پژوهشی با عنوان «بهینه‌سازی الگوریتم ملخ: تئوری و کاربرد» نشان دادند که الگوریتم پیشنهادی قادر به ارائه نتایج برتر در مقایسه با الگوریتم‌های مشهور و کلاسیک در پژوهش‌های سابق است

و بیات و اسدی (Bayat & Asadi, 2017) که در پژوهشی با عنوان «بهینه‌سازی پرتفوی سهام: سودمندی الگوریتم پرندگان و مدل مارکویتز» به این نتیجه رسیدند که الگوریتم پرندگان در مقایسه با مدل مارکویتز دارای خطای کمتری در انتخاب سبد بهینه سرمایه‌گذاری است مطابقت و همخوانی دارد.

نتایج این پژوهش همچنین با نتایج پژوهش خلیلی و عراقی (Khalili Iraqi, 2017) که پژوهشی با عنوان «انتخاب سبد بهینه سهام با استفاده از برنامه‌ریزی آرمانی» را انجام دادند و با نتایج پژوهش چانگ و همکاران (Chang et al, 2014) که مسئله انتخاب پورتفولیو را بهینه‌سازی کرده و محدودیت‌ها اصلی و محدودیت مربوط به نسبت سرمایه‌گذاری شده در هر سهم را در مدل نظر گرفته‌اند و با نتایج پژوهش یانگ و همکاران (Yang et al, 2012) که در پژوهشی به مسئله انتخاب پورتفولیو و سرمایه‌گذاری در سهام نظامی پرداخته‌اند به‌طور ضمنی همسویی دارد.

پیشنهادهای کاربردی

پیشنهاد می‌شود سرمایه‌گذاران، تحلیل‌گران و مشاوران مالی از نتایج حاصل از این پژوهش در انتخاب سبد بهینه سرمایه‌گذاری سهام شرکت‌های عضو بورس اوراق بهادار مبتنی بر الگوریتم ملخ استفاده نمایند.

پیشنهاد می‌شود سرمایه‌گذاران در انتخاب سبد بهینه سرمایه‌گذاری سهام شرکت‌های عضو بورس اوراق بهادار با توجه به بازدهی سهم به‌عنوان معیار عملکرد سهم در کنار متغیرهایی نظیر سود هر سهم (EPS)، نسبت قیمت به ارزش دفتری (PB) و نسبت قیمت به سود هر سهم (PE)، اقدام نمایند.

با توجه به اینکه آشنایی با روش‌های علمی و ابتکاری و کاربردی در سطح فراگیر نظیر الگوریتم ملخ و استفاده از آن‌ها در تعیین میزان مناسب‌بودن شرکت‌ها برای عامهٔ سرمایه‌گذاران مشکل است لذا پیشنهاد می‌شود سرمایه‌گذاران در انتخاب سبد بهینه سرمایه‌گذاری سهام شرکت‌های عضو بورس اوراق بهادار، با گسترش آموزش‌های تخصصی و حرفه‌ای و متناسب با شرکت‌های عضو بورس و آموزش مهارت‌های لازم مدیریت کسب‌وکار به کاربران، بهره‌وری در بورس را افزایش دهند.

با پایش مستمر و سرعت بخشیدن به اقدامات مؤثر در افشای اطلاعات در بورس اوراق بهادار تهران در خصوص متغیرهای مهم عملکردی سهام، پیشنهاد می‌گردد ضمن

به‌روزرسانی نتایج این پژوهش، به‌طور پیوسته سبد بهینه سرمایه‌گذاری سهام شرکت‌های عضو بورس اوراق بهادار را تعیین و ضمن استفاده به دیگر سرمایه‌گذاران پیشنهاد دهند.

پیشنهادها برای انجام پژوهش‌های آتی

این پژوهش صرفاً برای سبدی از ۱۶ شرکت برتر بورس اوراق بهادار تهران طی ۶ سال متوالی از ۱۳۹۲ تا ۱۳۹۷ و بر اساس تعداد محدودی متغیر و مدل‌های مارکوویتز و الگوریتم ملخ بررسی‌شده است، در پژوهش‌های آتی می‌توان ضمن افزایش حجم نمونه و تعداد سبدهای سهام، از تعداد متغیرهای بیشتری استفاده نمود و معیار عملکرد سهام را نیز تغییر داد. همچنین پیشنهاد می‌شود انتخاب سبد بهینه سهام بر اساس الگوریتم ملخ در بورس‌هایی نظیر توکیو، نیویورک، لندن، شانگهای و سایر بورس‌های مطرح جهان انجام و با نتایج این پژوهش مقایسه شوند.

References:

- Babajani, J., Taghva, M., Blue, G., & Abdollahi, M. (2019). Forecasting Stock Prices In Tehran Stock Exchange Using Recurrent Neural Network Optimized by Artificial Bee Colony Algorithm. *Financial Management Strategy*, *7*(2), 195-228. doi: 10.22051/jfm.2019.21049.1714.[In Persian].
- Bayat, Ali, Asadi, Lida. (2016). Stock portfolio optimization: usefulness of birds algorithm and Markowitz model. Financial engineering and securities management. 8(32). 63-85.[In Persian].
- Khalili-Iraqi, Maryam. (2016). Choosing the optimal share price using optimal planning. Economic research. 6 (20) 214-193. [In Persian].
- Adebiyi, A., Ayo, C., Adebiyi, M.O., Otokiti, S.,(2012). Stock price prediction using neural network with hybridized market indicators. J. Emerg. Trends Comput. Inf. Sci. 3 (1), 1–9.
- Anagnostopoulos, K. P., & Mamanis, G. (2010). A portfolio optimization model with three objectives and discrete variables. *Computers & Operations Research*, *37*(7), 1285-1297.
- Chang, P.T. & Lee, J. H. (2014). "A Fuzzy DEA & Knapsack formulation integrated model for project selection". Computer & Operation Research, 39, 112-125.
- Charles, P. Jones, A , 2012 , Investments: Analysis and Management , Wiley
- Chen, J.-S., Lin, Y.-T., (2009). A partitioned portfolio insurance strategy by a relational genetic algorithm. Expert Syst. Appl. 36(2), 727–734

- Saremi. S. Mirjalili,A. Lewis, A (2017) Grasshopper Optimisation Algorithm: Theory and application. Advances in Engineering Software. 105, 30-47
- Yang, J. Xu, J. woo, D. (2012) "A novel portfolio selection model in a hybrid uncertain environment",omega the International Journal of Management Science, vol. 37, pp. 439-449
- Zhang, C., Zhu, W., Yang, S., 2007. Banking operational risk management on DS evidence theory. In: International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing, 2007. WiCom 2007. IEEE, pp. 640–644.

COPYRIGHTS
© 2023 by the authors. Licensee Advances in Finance and Investment Journal. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی