

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشکده‌ی مهندسی صنایع و مدیریت

پایان‌نامه کارشناسی ارشد مدیریت MBA

مقایسه عملکرد الگوریتم سیاه‌چاله با مدل مارکویتز در انتخاب پرتفوی بهینه

نگارنده : امیرعلی ضیائی

استاد راهنما :

دکتر سید مجتبی میرلوحی

استاد مشاور :

دکتر سید علی احمدی

بهمن ۱۳۹۵

این پایان نامه را ضمن تشکر و سپاس بیکران و در کمال افتخار و امتنان

تقدیم می نمایم به:

محضر ارزشمند پدر و مادر عزیزم به خاطر همه ی تلاشهای محبت آمیزی

که در دوران مختلف زندگی ام انجام داده اند و بامهربانی چگونه زیستن

را به من آموخته اند،

به اساتید فرزانه و فرهیخته ای که در راه کسب علم و معرفت مرایاری

نمودند،

پروردگار احسن عاقبت، سلامت و سعادت را برای آنان مقدر نما.

تشکر و قدردانی

من لم یشکر المخلوق، لم یشکر الخالق...

در این چند سطر بر خود واجب می‌دانم از تلاش ها و کمک های بی دریغ استاد راهنمای این پژوهش، جناب آقای دکتر سید مجتبی میرلوحی، نهایت تشکر و امتنان را داشته باشم و هرگز حق بزرگ ایشان بر خویش را فراموش نمی‌نمایم؛ که به من درس اخلاق آموختند. همچنین از استاد مشاور پژوهش، جناب آقای دکتر سید علی احمدی، برای مشاوره های دقیق و کاربردی ایشان جهت رفع مشکلات برنامه نویسی پژوهش، قدر دانم.

در ادامه از تمامی اساتید گرانقدرم، از ابتدا تا کنون، و بالاخص اساتید دوره ی کارشناسی ارشد، سپاسگزارم، که از ایشان بسیار آموختم، اساتیدی همچون جناب آقای دکتر شیخ، جناب آقای دکتر رحیمی، جناب آقای دکتر مولایی و جناب آقای دکتر اشرفی.

تعهد نامه

اینجانب امیرعلی ضیائی دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته مدیریت MBA دانشکده مهندسی صنایع و مدیریت دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه مقایسه عملکرد الگوریتم سیاهچاله با مدل مارکویتز در انتخاب پرتفوی بهینه تحت راهنمایی دکتر سید مجتبی میرلوحی و مشاوره دکتر سید علی احمدی متعهد می شوم:

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « Shahrood University of Technology » به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه ، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است.

امضای دانشجو

تاریخ

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه های رایانه ای، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

چکیده

در مسئله‌ی بهینه‌سازی پرتفوی، مدل مارکویتز همچنان رویکرد غالب است اما زمانی که تعداد دارایی‌های قابل سرمایه‌گذاری و محدودیت‌های موجود در بازار از حالت تئوری خارج شده و به دنیای واقعی تعمیم می‌یابد مسئله‌ی بهینه‌سازی پرتفوی به راحتی با استفاده از شیوه‌های ریاضی و مدل سنتی مارکویتز قابل حل نمی‌باشد. به همین دلیل در این تحقیق ما با استفاده از هوش مصنوعی و الگوریتم ابتکاری سیاهچاله به بهینه‌سازی پرتفوی پرداخته‌ایم و نتایج حاصل را با نتایج حاصل از مدل مارکویتز مقایسه کرده‌ایم تا ببینیم که آیا روش بهینه‌سازی پرتفوی الگوریتم سیاهچاله بهتر از روش مارکویتز عمل می‌کند یا خیر. بدین منظور با توجه به اینکه این پژوهش صرفاً مقایسه دو روش می‌باشد، تعداد ۴۴ شرکت که به صورت تصادفی از شاخص S&P500 انتخاب شده‌اند را طی یک دوره‌ی ۳ ساله از ابتدای سال ۲۰۱۳ تا انتهای سال ۲۰۱۵ در نظر گرفته و مرزهای کارای حاصل از دو روش را که با ۱۰۰ پرتفوی به‌دست آمده‌اند، با استفاده از معیار شارپ با هم مقایسه کرده‌ایم و به این نتیجه می‌رسیم که الگوریتم سیاهچاله در بهینه‌سازی سبد سهام در مقایسه با روش مارکویتز عمل کرد ضعیف‌تری دارد.

کلمات کلیدی: الگوریتم سیاهچاله، مدل مارکویتز، بهینه‌سازی سبد سهام، الگوریتم‌های فراابتکاری

فهرست عناوین

فصل اول: کلیات تحقیق..... ۱

۱-۱) مقدمه..... ۲

۲-۱) بیان مسئله..... ۳

۳-۱) ضرورت، اهمیت و توجیه انجام تحقیق..... ۵

۴-۱) هدف تحقیق..... ۷

۵-۱) سوال تحقیق..... ۷

۶-۱) نوع تحقیق..... ۸

۷-۱) اطلاعات مربوط به روش شناسی پژوهش..... ۸

۱-۷-۱) رویکرد روش‌های ابتکاری برای حل مسئله..... ۸

۲-۷-۱) روش انتخاب شرکت‌ها برای انجام تحقیق..... ۸

۳-۷-۱) ابزار گردآوری اطلاعات..... ۹

۴-۷-۱) روش تجزیه و تحلیل داده‌ها..... ۹

۸-۱) نهادها یا موسساتی که می‌توانند از یافته‌های این پژوهش بهره گیرند..... ۱۰

۹-۱) تعریف مختصر اصطلاحات، مفاهیم و واژه‌های تخصصی..... ۱۰

۱۰-۱) ساختار پایان نامه..... ۱۱

فصل دوم: ادبیات موضوع و پیشینه‌ی تحقیق..... ۱۳

۱-۲) مقدمه..... ۱۴

۲-۲) تعریف گسترده‌ی اصطلاحات، مفاهیم و واژه‌های تخصصی..... ۱۶

۳-۲) انواع ریسک و منشا آن‌ها..... ۲۰

۱-۳-۲) دسته‌بندی ریسک از دیدگاه سرمایه‌گذاری سنتی..... ۲۰

۲-۳-۲) دیدگاه دیگر به ریسک؛ ریسک سرمایه‌گذاری..... ۲۲

۳-۳-۲) کاهش ریسک سرمایه‌گذاری..... ۲۴

۴-۲) نظریه‌ی جدید پورتفوی..... ۲۶

۲۶.....	۲-۴-۱) مدل مارکویتز: تاریخچه، شرح، تفسیر و فرضیات بنیادین.....
۳۸.....	۲-۵) فرآیند انتخاب سرمایه‌گذاری از دیدگاه MPT.....
۴۰.....	۲-۶) بهینه‌سازی پورتفوی.....
۴۱.....	۲-۷) اندازه‌گیری عملکرد سبد سهام.....
۴۱.....	۲-۷-۱) مقدمه.....
۴۲.....	۲-۷-۲) چارچوب ارزیابی عملکرد سبد سهام.....
۴۳.....	۲-۷-۳) روش‌های ارزیابی عملکرد سبد سهام، تعدیل شده بر مبنای ریسک، به همراه مقایسه‌ی روش‌ها و موانع ارزیابی.....
۴۹.....	۲-۸) بهینه‌سازی.....
۴۹.....	۲-۸-۱) مقدمه.....
۵۱.....	۲-۸-۲) انواع مسائل بهینه‌سازی و تقسیم‌بندی آن‌ها.....
۵۳.....	۲-۸-۳) انواع ابزارها و روش‌های بهینه‌سازی.....
۵۴.....	۲-۹) الگوریتم سیاه‌چاله.....
۵۷.....	۲-۱۰) مروری بر پیشینه‌ی تحقیقات مربوط.....
۵۷.....	۲-۱۰-۱) تحقیقات داخلی.....
۵۸.....	۲-۱۰-۲) تحقیقات خارجی.....
۶۰.....	۲-۱۰-۳) خلاصه نتایج تحقیقات بیشتر.....
۶۳.....	فصل سوم: روش تحقیق.....
۶۴.....	۳-۱) مقدمه.....
۶۴.....	۳-۲) روش انتخاب شرکت‌ها برای انجام تحقیق.....
۶۵.....	۳-۳) دوره‌ی زمانی تحقیق.....
۶۵.....	۳-۴) روش گردآوری اطلاعات.....
۶۵.....	۳-۵) سوال تحقیق.....
۶۵.....	۳-۶) پیاده‌سازی الگوریتم سیاه‌چاله.....
۶۶.....	۳-۶-۱) حل مسئله فروشنده دوره گرد (TSP) با استفاده از الگوریتم سیاه‌چاله.....
۷۱.....	۳-۷) تعریف عملیاتی متغیرها، پارامترها و توابع هدف تحقیق.....
۷۱.....	۳-۷-۱) پارامترها.....

۷۲	 متغیرها (۲-۷-۳)
۷۳	 معیارهای ارزیابی عملکرد پرتفوی (۸-۳)
۷۳	 دلیل انتخاب معیار شارپ برای مقایسه‌ی عملکرد پرتفوی‌ها (۱-۸-۳)
۷۴	 مراحل اجرای کار (۹-۳)
۷۴	 جمع‌بندی (۱۰-۳)
۷۷	<u>فصل چهارم: تجزیه و تحلیل اطلاعات و یافته‌های تحقیق</u>
۷۸	 مقدمه (۱-۴)
۷۸	 سهام مورد بررسی در تحقیق (۲-۴)
۸۱	 جمع‌آوری و طبقه‌بندی داده‌ها (۳-۴)
۸۱	 بررسی مدل مارکویتز (۴-۴)
۸۱	 پیاده‌سازی مدل مارکویتز (۱-۴-۴)
۸۱	 جداول مدل مارکویتز (۲-۴-۴)
۸۶	 نمودار مدل مارکویتز (۳-۴-۴)
۸۷	 الگوریتم سیاهچاله (۵-۴)
۸۷	 پیاده‌سازی الگوریتم سیاهچاله (۱-۵-۴)
۸۷	 جداول الگوریتم سیاهچاله (۲-۵-۴)
۹۱	 نمودار الگوریتم سیاهچاله (۳-۵-۴)
۹۲	 پاسخ سوال تحقیق (۶-۴)
۹۳	 ارزیابی عملکرد دو روش برای انتخاب سبد بهینه‌ی سهام از طریق معیار شارپ (۷-۴)
۹۴	 جمع‌بندی (۸-۴)
۹۵	<u>فصل پنجم: خلاصه، نتیجه‌گیری و پیشنهادها</u>
۹۶	 مقدمه و خلاصه‌ای از مسئله و یافته‌های پژوهش (۱-۵)
۹۶	 نتیجه‌گیری (۲-۵)
۹۷	 مقایسه‌ی یافته‌های پژوهش با تحقیقات مشابه (۳-۵)
۹۷	 محدودیت‌های تحقیق (۴-۵)
۹۸	 کاربردهای تحقیق و استفاده‌کنندگان از نتایج پژوهش (۵-۵)

۹۸..... ۵-۶) نوآوری و جنبه‌های جدید پژوهش

۹۸..... ۵-۷) پیشنهادهایی برای تحقیقات آتی

۱۰۱..... پیوست‌ها و ضمائم

۱۰۲..... الف) کد استخراج اطلاعات سهام مورد نظر از سایت `finance.yahoo.com`

۱۰۳..... ب) کد پیاده‌سازی مدل مارکویتز

۱۰۵..... ج) کدهای پیاده‌سازی الگوریتم سیاهچاله

۱۰۷..... د) تابع `IsDominated` که در کد بالا فراخوانی شده

۱۰۸..... ه) تابع `RunBLKHF` که در کد بالا فراخوانی شده

۱۱۱..... و) کد تابع `CalculatePortfolioObjectives`

۱۱۲..... ز) کد تابع `EstimateReturnMoments`

۱۱۳..... منابع

۱۱۴..... منابع فارسی

۱۱۷..... منابع انگلیسی

فهرست جداول و اشکال

شکل ۱-۲. نمودار کاهش ریسک کل با افزایش تعداد سهام.....	۲۴
شکل ۲-۲. حالات مختلف ضریب همبستگی.....	۳۰
شکل ۳-۲. رابطه‌ی بین بازده مورد انتظار و ریسک.....	۳۴
جدول ۱-۲. حوزه‌ی تمرکز نظریه‌های مدرن مالی از تاریخ شکل گیری.....	۳۴
شکل ۴-۲. نقشه‌ی منحنی‌های بیتفاوتی سرمایه گذاری و شکل ۲-۵. مرز کارای سرمایه گذاری.....	۴۰
شکل ۶-۲. قطع دادن منحنی گزینه‌های مختلف سرمایه گذاری (مرز کارای مارکویتز) با بالاترین منحنی بی تفاوتی سرمایه گذار جهت دستیابی به پرتفوی بهینه‌ی سرمایه گذار.....	۴۰
شکل ۷-۲. الگوریتم سیاهچاله.....	۵۶
جدول ۲-۲.....	۶۰
شکل ۱-۳. نیروی گرانشی و الکتریکی هر سیاهچاله.....	۶۹
شکل ۲-۳. فضای پاسخ.....	۷۰
شکل ۳-۳. مدل مفهومی تحقیق.....	۷۴
جدول ۱-۴. نام، نماد و صنعت شرکتهای منتخب.....	۷۹
جدول ۲-۴. وزن هر سهم در ۱۰ پرتفوی مدل مارکویتز.....	۸۲
جدول ۳-۴. بازده و ریسک پرتفوهایی مدل مارکویتز.....	۸۴
شکل ۱-۴. مرز کارای مدل مارکویتز.....	۸۶
جدول ۴-۴. وزن هر سهم در ۱۰ پرتفوی الگوریتم سیاهچاله.....	۸۷
جدول ۵-۴. بازده و ریسک پرتفوهایی الگوریتم سیاهچاله.....	۸۹
شکل ۲-۴. مرز کارای الگوریتم سیاهچاله.....	۹۲
جدول ۶-۴. نرخ‌های بازده بدون ریسک.....	۹۳

فصل اول

کلیات تحقیق

۱-۱) مقدمه

دستیابی به رشد بلند مدت و مداوم اقتصادی، نیازمند تجهیز و تخصیص بهینه‌ی منابع در سطح اقتصاد ملی است، و این مهم، بدون کمک بازارهای مالی، به ویژه بازار سرمایه گسترده و کارآمد، به سهولت امکان پذیر نیست. در یک اقتصاد سالم، وجود سیستم مالی کارآمد در توزیع مناسب سرمایه و منابع مالی، نقش اساسی دارد.

در بازارهای مالی، افراد و سازمان‌هایی که کسری منابع مالی دارند، با افراد و سازمان‌هایی که دارای مازاد منابع مالی هستند، روبه‌رو می‌شوند. تخصیص مناسب منابع مالی در بازار سرمایه، از جمله بازار بورس یکی از مهم‌ترین مسائل روز است. تخصیص درست منابع نیازمند زمینه‌های مناسب سرمایه‌گذاری از یک طرف و ابزارها و تکنیک‌های تحلیل مناسب از طرف دیگر می‌باشد. یک تخصیص مناسب می‌تواند اطمینان خاطر سرمایه‌گذار را به دنبال داشته باشد و کارایی را نیز در بازار افزایش دهد.

تشکیل و بهینه‌سازی پورتفوی سهام در بازارهای مالی موجب کاهش ریسک غیرسیستماتیک سرمایه‌گذاری است و عملکرد سرمایه‌گذاری را به شدت افزایش می‌بخشد. هم‌اکنون بسیاری از فعالان بازار سرمایه از روش‌ها، نرم‌افزارها و رویکردهای سنتی برای تشکیل سبد سهام استفاده می‌کنند، این پژوهش با معرفی و به تصویر کشیدن عملکرد روش‌های نوین و ابتکاری، در صدد مقایسه‌ی عملکرد روش‌های ابتکاری با روش‌های صرفاً ریاضیاتی پیشرفته برمی‌آید و در پی آن است تا در صورت دستیابی روش‌های نوین به عملکرد بهتر، مشوق فعالان بازار سرمایه برای جایگزین نمودن رویکردها و روش‌های سنتی، با روش‌های نو باشد.

هدف از این پژوهش ارائه‌ی ابزارهای مفید و کارا برای کمک به متخصصین حوزه‌ی مالی در عمل و همچنین محققین مالی در تئوری انتخاب پورتفوی است.

۱-۲) بیان مسئله

پایه و منطق تنوع بخشی به سهام آن است که ریسک کلی نگه داشت تعداد زیادی سهام، به مراتب کمتر از ریسک نگه داشت تعداد کم سهام است (هاگین^۱، ۱۹۷۹، ص ۱۳۲). اثرات تنوع بخشی و تشکیل پورتفوی بر کاهش ریسک به طور گسترده‌ای توسط متخصصین مالی بررسی شده است (رجوع کنید به گائومنیتز^۲، ۱۹۶۷؛ ایوانز و آرچر^۳، ۱۹۶۸)، اما باید دقت داشت که اهمیت مدیریت پورتفوی در تعداد سهام نگه‌داری شده نیست، بلکه اهمیت آن، به ماهیت و درجه‌ی ریسک مرکب سهام پورتفوی بستگی دارد (هاگین، ۱۹۷۹، ص ۱۳۳). طی تحقیقات گسترده‌ی بریلی (بریلی^۴، ۱۹۶۹)، پورتفوی مرکب از ۱۱ سهم، که با دقت به خصوصیات ریسک و تنوع بخشی انتخاب شده باشد، به مراتب ریسک کمتری نسبت به پورتفوی ۲۰۰۰ سهمی منتخب بدون توجه به معیار ریسک، دارد! تشکیل و بهینه‌سازی پورتفوی سهام در بازارهای مالی موجب کاهش ریسک غیرسیستماتیک سرمایه‌گذاری است و عملکرد سرمایه‌گذاری را به شدت افزایش می‌بخشد.

ریسک‌گریزی از خصوصیات ذاتی سرمایه‌گذاران می‌باشد (مارکوویتز^۵، ۱۹۵۲؛ هاگین، ۱۹۷۹). بنابراین، در محیط‌های پیچیده و پر از ریسکی همانند بازار بورس، چگونگی تشکیل سبدهای بهینه با ریسک و بازدهی معقول و متناسب، مسئله‌ی اساسی است.

به نظر می‌رسد که با توجه به این توضیحات و سوالات گوناگون، مسئله‌ی چگونگی سرمایه‌گذاری در بازار بورس با ابهامات زیادی همراه است و حتی شاید گاه خبرگان و متخصصین هم در اعتماد به تصمیم‌های خود دچار شک و تردید فراوانند و گهگاه به این فکر می‌افتند که شاید تصمیمات نرم‌افزارها و روش‌های کمی، دقیق‌تر و سیستماتیک‌تر از تصمیمات آن‌ها باشد. در واقع در این بازار غیرکارا، هنوز

¹ Hagin

² Gaumnitz

³ Evans & Archer

⁴ Brealey

⁵ Markowitz

پایه‌ی مستحکمی برای اعتماد به تصمیمات حساس چگونگی سرمایه‌گذاری و در گامی فراتر، چگونگی تشکیل پورتفوی وجود ندارد.

در مورد انتخاب پورتفوی بهینه‌ای از سهام، دو هدف عمده‌ای که مورد توجه هستند عبارتند از حداکثر کردن بازدهی و حداقل کردن ریسک؛ که در واقع ارضاء این قیود منجر به حداکثر سازی مطلوبیت می‌گردد. این اهداف را بایستی با توجه به محدودیت‌های کارکردی و سیاسی بهینه کرد. در مورد انتخاب پورتفوی سهام، محدودیت کارکردی همان محدودیت بودجه است و محدودیت‌های سیاسی محدودیت‌هایی هستند که بر اساس شرایط مدیریتی، محیطی و قانونی بر مدل تحمیل می‌شوند، مثلاً تعیین حداقل و حداکثر برای سهام.

چگونگی تنوع بخشی و بهینه‌سازی پورتفوی با توجه به این قیود و اتخاذ استراتژی‌های مربوطه، محل بحث می‌باشد. سال‌هاست در حل چنین مسائل پیچیده‌ای، ریاضیات پیشرفته و کامپیوترها به کمک انسان شتافته‌اند تا هرچه بیشتر وی را در بیرون آوردن از شرایط عدم اطمینان محیطی و ابهام یاری رسانند.

از جمله روش‌هایی که در سال‌های اخیر در حل بسیاری از مسائل بهینه‌سازی، گره‌گشای ابهامات بشر بوده است و در پاسخ به مسائل پیچیده رویکردی موفق داشته است، روش‌ها و الگوریتم‌های موسوم به ابتکاری (فراابتکاری^۱ نیز نامیده می‌شوند) است. روش‌های ابتکاری که با هدف رفع کاستی‌های کلاسیک-های بهینه‌سازی معرفی شدند با جستجویی جامع و تصادفی، احتمال دستیابی به نتایج بهتر را تا حد زیادی تضمین می‌کنند. از جمله‌ی این الگوریتم‌ها می‌توان به الگوریتم ژنتیک^۲، شبیه‌سازی آبکاری فلزات

¹ Meta heuristic

² Genetic Algorithm

- تیرید فلزات یا بازپخت شبیه‌سازی شده‌ی فلزات^۱ نیز نامیده می‌شود، جستجوی تابو^۲، PSO^۳ یا کوچ پرندگان، کولونی مورچگان^۴، کولونی زنبورها^۵، رقابت استعماری^۶ و ... اشاره کرد. پژوهش حاضر، با به کارگیری یکی از این روش‌ها، که در حوزه‌ی ادبیات مالی نیز بسیار نو و ناب می‌باشد، درصدد یافتن پاسخی جدید و مقایسه آن با روش مارکویتز برای مسئله‌ی بهینه‌سازی و انتخاب پورتفوی است و در نتیجه تعیین نماید که کدام رویکرد عملکرد بهتری داشته است. بنا بر توضیحات فوق، هدف اصلی این پژوهش عبارت است از "مقایسه روش الگوریتم سیاهچاله با روش مارکویتز در بهینه‌سازی سبد سهام".

۳-۱) ضرورت، اهمیت و توجیه انجام تحقیق

همانطور که می‌دانیم بازارهای ثانویه مالی، همانند بورس اوراق بهادار، از مهم‌ترین عوامل و مکان‌های جذب سرمایه هستند. همچنین، یکی از مهم‌ترین شاخص‌ها و عوامل موثر بر رونق و رشد اقتصادی هر کشوری، پویایی بازارهای سرمایه‌ی آن کشور است. کشور ما ایران نیز، از این قاعده مستثنی نیست و با توجه به اینکه ایران کشوری است در حال توسعه، اهمیت بازارهای سرمایه بیش از پیش نمود پیدا می‌کند. به عبارتی اهمیت (و البته جذابیت) امروز بازار بورس، که نماد مهم بازارهای سرمایه است، به مراتب بیشتر از اولین روزهای بازگشایی بورس در سال ۱۳۶۹ است.

همچنین، شتاب گرفتن اجرای سیاست‌های اصل ۴۴ قانون اساسی و خصوصی سازی شرکت‌های دولتی که سبب ورود پتانسیل‌های عظیم سودآوری به بازار بورس است (همانند واگذاری سهام شرکت مخابرات،

¹ Simulated annealing

² Tabu search

³ Particle Swarm Optimization

⁴ Ant Colony

⁵ Artificial bee colony

⁶ Imperialist Competitive

واگذاری سهام شرکت مپنا و ...)، سبب شده است تا هر روز تعداد بیشتری از سرمایه‌گذاران به سرمایه‌گذاری در بورس علاقه‌مند شده، بازار را پویاتر و پر جنب و جوش‌تر از گذشته سازند. شایان ذکر است که پیشرفت و رشد علمی اخیر کشور نیز، سهم عمده‌ای در اعتلای نقش بازار سرمایه بازی کرده است، به طوری که به نظر می‌رسد تعداد افرادی که با رویکرد علمی و سیستماتیک به این وادی از تجارت و کسب و کار وارد می‌شوند رو به افزایش است (آمار کارگزاری‌های فعال، گسترش نرم‌افزارهای مدیریت سرمایه و پورتفوی، پژوهش‌های دانشگاهی مربوطه و ... گواهی بر این مدعاست).

اصولا تشکیل بازارهای ثانویه برای ایجاد جذابیت برای سهام شرکت‌ها و فروش بهتر سهام اولیه است (شارپ^۱، ۱۹۷۸)، اما اگر راهکارهایی وجود نداشته باشد که این بازارها از مجرای صحیح خود عمل کنند، بازارها به بیراهه رفته، دلال بازی، سفته بازی و بورس بازی رواج می‌یابد و مفهوم سرمایه‌گذاری رنگ باخته، جای خود را به قمار می‌دهد. از این‌رو در بازارهای بورس، بالاخص بورس نوپایی همانند بورس ایران، کج نهادن، و صحیح نهادن خشت‌های اولیه توسط معماران این بازارها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. اما این معماران چه کسانی هستند؟ بخش مهمی از این معماران، مشاوران سرمایه‌گذاری می‌باشند که عمدتاً در قالب شرکت‌های کارگزاری، سرمایه‌گذاری، بانک‌ها و بیمه‌ها، فعال هستند، و ضروری است که این مشاوران، مشاوره‌های سیستماتیک و مبتنی بر علم و دانش را هرچه بیشتر رواج دهند.

بنابراین پر واضح است که اجرا و پیاده‌سازی شیوه‌های علمی و سیستماتیک در اینچنین بازار رو به گسترشی از اهمیت بالایی برخوردار است. تشکیل پورتفوی سهام و بهینه‌سازی آن با استفاده از روش‌های بهینه‌سازی یکی از اساسی‌ترین شروط برای موفقیت در بازار سهام است، دست کم، این روش پایه‌ی خوبی برای شروع سرمایه‌گذاری و نیز تلفیق علم با تجربه و اطلاعات مختلف است. از بعد دیگر، ورود به بازار سرمایه و استفاده از ابزارهای جدید و مناسب جهت کسب بازدهی بیشتر، گامی در جهت کاراتر شدن بازار است. این امر حائز اهمیت بسیار زیادی است، زیرا:

- استفاده از ابزارهای جدید می‌تواند بازدهی سرمایه‌گذاری را افزایش دهد.

¹ Sharpe

- بازدهی بیشتر برای سرمایه‌گذاری، تخصیص بهتر منابع و گسترش آنها را در پی خواهد داشت.
- بنابراین پیدا کردن روشی نوین برای بهینه‌سازی مناسب سبد سهام از بین روش‌های موجود می‌تواند تبدیل به دغدغه‌ی تعداد زیادی از فعالان بازار شود (طالبی، ۱۳۸۹).
- پژوهش حاضر تلاشی است برای سنجش عملکرد یکی از این روش‌ها و مقایسه‌ی آن با روش مارکویتز.

۴-۱) هدف تحقیق

- این تحقیق به دنبال یافتن پاسخ این سوال است که: "آیا الگوریتم سیاهچاله نسبت به روش مارکویتز عملکرد بهتری برای بهینه‌سازی سبد سهام دارد؟"
- از این‌رو می‌توان اهداف تحقیق را به صورت زیر بیان داشت:
- مقایسه روش سنتی مارکویتز و الگوریتم سیاهچاله در انتخاب سبد سهام بهینه.
 - به کارگیری روش الگوریتم سیاهچاله که یک مدل جدید در حوزه‌ی مالی و در ایران می‌باشد برای بهینه‌سازی سبد سهام در صورتی که عملکرد مناسبی داشته باشد.

۵-۱) سوال تحقیق

- در مطالعات و پژوهش‌های صورت گرفته در خصوص بهینه‌سازی سبد سهام، نتایج ناشی از به کارگیری روش‌ها و الگوریتم‌های ابتکاری، در مقایسه با مدل سنتی مارکویتز، حاکی از کارایی بالاتر این الگوریتم-هاست (حاجی‌بابایی، ۱۳۹۲). از این‌رو می‌توان انتظار داشت سبد سهام بهینه‌ی بدست آمده از الگوریتم سیاهچاله به عنوان یک الگوریتم ابتکاری، نسبت به مدل سنتی مارکویتز، کاراتر عمل کند. لذا، سوال اصلی تحقیق را می‌توان به صورت زیر مطرح کرد:
- آیا الگوریتم سیاهچاله نسبت به روش مارکویتز پاسخ بهتری برای بهینه‌سازی سبد سهام دارد؟

۱-۶) نوع تحقیق

پژوهش حاضر از نوع مدل‌سازی است که به لحاظ بعد کمی و کیفی یک مطالعه کمی می‌باشد. از نظر هدف تحقیق کاربردی است.

۱-۷) اطلاعات مربوط به روش شناسی پژوهش

۱-۷-۱) رویکرد روش‌های ابتکاری برای حل مسئله

روش‌های ابتکاری برای حل مسائل پیچیده‌ی بهینه‌سازی ابداع شدند، آزمون این روش‌ها در مسائل مختلف فنی و مهندسی، اقتصادی، مالی و ... نشان داده است که به کمک آن‌ها می‌توان به پاسخ‌های مناسبی دست یافت و از آنجا که روش‌های ابتکاری به یک جستجوی جامع تصادفی دست می‌زنند، احتمال دستیابی این روش‌ها به پاسخ‌های برتر به شدت افزایش می‌یابد. در این تحقیق، با توجه به ماهیت موضوع مورد بررسی، روش‌های ابتکاری - به عنوان تکنیک‌های کارای بهینه‌سازی سیستم‌های طبیعی و غیرطبیعی - به کار گرفته شده‌اند. این روش‌ها به بیشینه کردن مطلوبیت سرمایه‌گذار به واسطه‌ی کمینه کردن ریسک سرمایه‌گذاری و بیشینه کردن بازدهی آن، می‌پردازد.

۱-۷-۲) روش انتخاب شرکت‌ها برای انجام تحقیق

برای انجام این تحقیق، ۴۴ شرکت از میان شرکت‌های موجود در شاخص S&P500 انتخاب شده‌اند. از آنجا که موضوع این تحقیق مقایسه‌ی دو روش با هم می‌باشد و برتری یکی از این روش‌ها بر دیگری نباید متأثر از نوع انتخاب سهام باشد؛ این ۴۴ شرکت به صورت تصادفی انتخاب شده‌اند. بازه‌ی زمانی انجام پژوهش ۳ سال؛ از ابتدای ژانویه سال ۲۰۱۳ تا ابتدای ژانویه سال ۲۰۱۶؛ می‌باشد. اطلاعات سهام به منظور افزایش قدرت پیش‌بینی به صورت روزانه استخراج شده است.

۱-۷-۳) ابزار گردآوری اطلاعات

- به منظور تهیه ادبیات موضوع، مبانی نظری و آگاهی از مفاهیم، تعاریف و ابزارها، استفاده از کتابها، مقالات مرتبط، پایان نامه‌های نگارش شده قبلی، پایگاه‌های اطلاعاتی، اینترنتی و سایت‌های مرتبط با موضوع در دستور کار قرار گرفته است.
- به منظور اینکه یافته‌های پژوهش از قابلیت اطمینان بیشتری برخوردار باشند، داده‌های مورد نیاز بر اساس اطلاعات واقعی از نمادهای شاخص S&P500 با استفاده از گزارش‌های منتشره توسط سایت finance.yahoo.com، از طریق استخراج توسط نرم‌افزار MATLAB فراهم گردیده است.
- نرخ اوراق خزانه‌ای^۱ دولتی آمریکا برای بازه‌ی انجام پژوهش از محل پایگاه اینترنتی stern.nyu.edu استخراج شده است.

۱-۷-۴) روش تجزیه و تحلیل داده‌ها

به طور کلی گام‌های اساسی در انجام تحقیق حاضر به شرح زیر است:

۱. گردآوری اطلاعات شرکت‌های منتخب از پایگاه اینترنتی finance.yahoo.com از طریق نرم‌افزار MATLAB.
۲. محاسبه‌ی ماتریس واریانس-کوواریانس و میانگین مورد انتظار با استفاده از نرم‌افزار MATLAB.
۳. حل مدل مارکویتز و محاسبه‌ی وزن‌های هر سهم در سبد بهینه با استفاده از نرم‌افزار MATLAB.
۴. استخراج مرز کارا.
۵. حل الگوریتم سیاهچاله و محاسبه‌ی وزن‌های هر سهم در سبد بهینه با استفاده از نرم‌افزار MATLAB.
۶. مقایسه‌ی عملکرد الگوریتم سیاهچاله و روش مارکویتز برای بهینه‌سازی سبد سهام با استفاده از یکی از معیارهای ارزیابی موجود در محیط نرم‌افزار MATLAB.

^۱ Treasury Bills

۸-۱) نهادها یا موسساتی که می‌توانند از یافته‌های این پژوهش بهره‌گیرند

- سازمان بورس اوراق بهادار
- بانک‌های خصوصی و دولتی که در بازار سرمایه کشور به شکل فعالانه‌ای حضور دارند.
- شرکت‌های تامین سرمایه
- صندوق‌های سرمایه‌گذاری
- صندوق‌های بازنشستگی
- تمامی شرکت‌ها، موسسات و نهادهای خدمات مالی که به نحوی با بازار سرمایه کشور تعامل داشته و در آن فعالیت می‌نمایند.
- دانشجویان و محققان در زمینه مدیریت ریسک

۹-۱) تعریف مختصر اصطلاحات، مفاهیم و واژه‌های تخصصی

همانطور که از عنوان این بخش نیز پیداست، تعاریف ارائه شده در این قسمت، تا حد امکان خلاصه گردیده‌اند، و صرفاً جهت آشنایی کلی خوانندگانی است که برای ایشان، موضوع پژوهش کاملاً نو می‌باشد. شرح گسترده‌ی این تعاریف، به همراه توضیحات جانبی و جزئیات بیشتر، در فصل دوم این پژوهش ارائه خواهد شد.

سهام: اوراق بهاداری است که نسبت به سود و دارایی شرکت پس از ادای تعهدات شرکت، دارای حقوق و ادعاست (راعی و تلنگی، ۱۳۸۷).

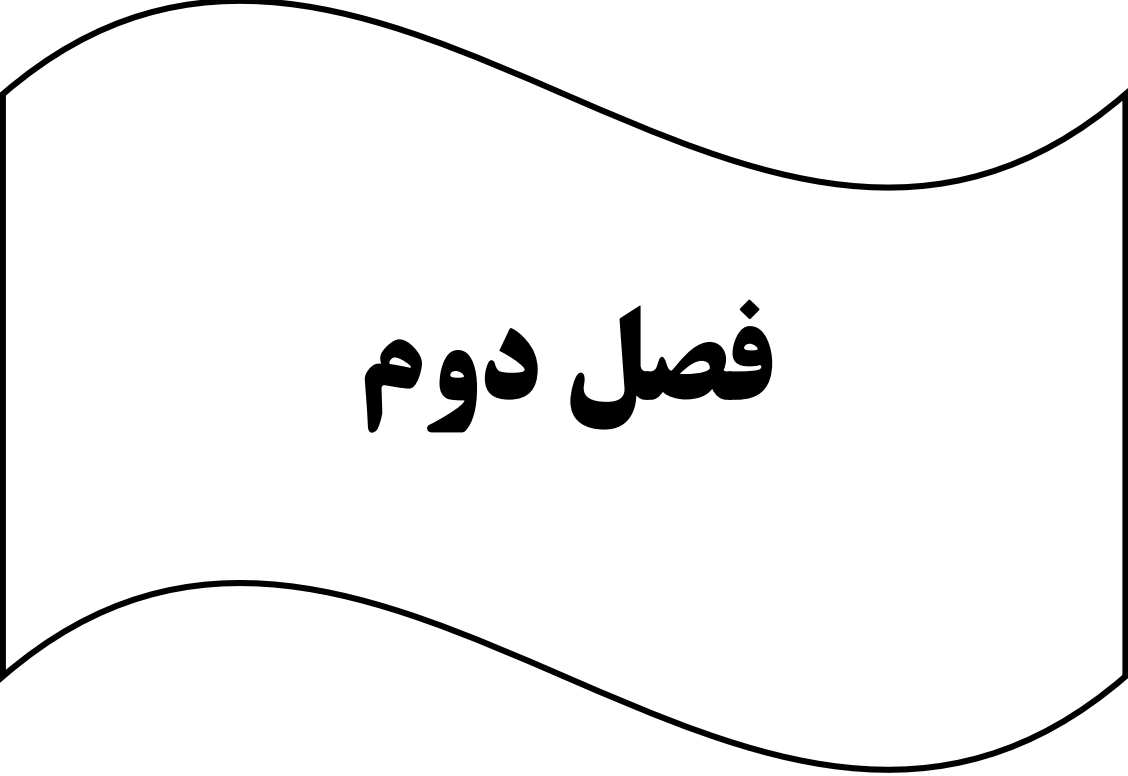
پرتفوی سهام: معنی ساده‌ی واژه‌ی پرتفوی سرمایه‌گذاری - سبد سرمایه‌گذاری به طور عام و سبد سهام به طور خاص - عبارت از ترکیب دارایی‌های سرمایه‌گذاری شده توسط یک سرمایه‌گذار، اعم از فرد یا نهاد است. به لحاظ فنی، یک سبد سرمایه‌گذاری، مجموعه‌ی کامل دارایی‌های حقیقی و مالی سرمایه‌گذار را در بر می‌گیرد (پارکر جونز، ۱۳۸۰).

بازده: بازده سرمایه‌گذاری در سهام، در یک دوره‌ی معین، شامل هرگونه وجوه نقدی دریافتی به اضافه‌ی تغییرات قیمت در طول دوره، تقسیم بر قیمت اوراق یا دارایی در زمان خرید است (پارکر جونز، ۱۳۸۰). ریسک: ریسک به عنوان تغییرپذیری بازده تعریف می‌شود، و اغلب می‌توان با تقریب خوبی، از انحراف معیار بازده سال‌های گذشته به عنوان معیار ریسک استفاده کرد (پارکر جونز، ۱۳۸۰). بهینه سازی تابع^۱: به معنای یافتن پاسخ بهینه‌ی تابع هدف یک مسئله است؛ یعنی یافتن مقادیری از تابع به گونه‌ای که هزینه‌ی متناظر آن، بهینه (معمولاً کمینه) باشد (آتشپز، ۱۳۸۷).

۱-۱۰ ساختار پایان نامه

در فصل اول ضمن بیان مقدمه‌ای در مورد سرمایه‌گذاری و تشکیل سبد سهام، علت انتخاب این موضوع برای پژوهش حاضر بحث شد. سپس اهداف تحقیق، سوالات تحقیق، ضرورت و قلمرو تحقیق شرح داده شد و در ادامه ضمن بیان روش تحقیق به تعریف عملیاتی واژگان کلیدی این تحقیق پرداخته شد. در فصل بعدی ضمن بیان توضیحات بیشتری در خصوص بهینه سازی سبد سهام، پیشینه‌ای از تحقیقات گذشته در این زمینه نیز مطرح می‌شود. سپس در فصل سوم در مورد روش تحقیق، ابزار گردآوری اطلاعات و روش‌های تجزیه و تحلیل داده‌ها توضیحاتی داده می‌شود. در فصل ۴ داده‌ها مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد و پاسخ سوال تحقیق مشخص می‌شود و در انتها در مورد نتایج تحقیق بحث خواهد شد و ضمن بیان محدودیت‌های تحقیق، پیشنهاداتی در مورد تحقیقات آینده نیز مطرح می‌گردد.

^۱ Function Optimization



فصل دوم

ادبیات موضوع و پیشینه‌ی

تحقیق

۲-۱) مقدمه

فصل دوم، حاوی چکیده‌ای از کندوکاوی عمیق و وسیع در آنچه که پیرامون موضوع در هر پایان‌نامه مورد تحقیق و موضوع‌های مشابه در کتاب‌ها و مقالات و پایان‌نامه‌ها وجود دارد می‌باشد.

هر یک از ما در طول زندگی خود تصمیماتی را برای سرمایه‌گذاری در زمینه‌های مختلف از جمله املاک، طلا، سهام و ... اتخاذ می‌کنیم. این تصمیم‌ها، ارتباطی درونی ناگسستنی با یکدیگر دارند و آنچه این تصمیمات را به یکدیگر پیوند می‌دهد میزان ریسک و بازده هر یک از سرمایه‌گذاری‌ها می‌باشد. در یک تصمیم عقلایی و علمی، میزان وجوهی که به فرصت‌های مختلف سرمایه‌گذاری اختصاص می‌یابد، به ریسک و بازده هر یک بستگی دارد. تصمیم‌گیری سرمایه‌گذاری به صورت یکپارچه، به گونه‌ای که بیشترین بازده را در شرایط ریسک یکسان و یا کمترین ریسک را در شرایط بازده یکسان به دست دهد، موضوع یکی از پیچیده‌ترین و پرچالش‌ترین موضوعات مدیریت و تحلیل سرمایه‌گذاری است.

بحث سرمایه‌گذاری در اوراق بهادار و تحلیل آن در دو چارچوب کلی و متفاوت تقسیم‌بندی می‌گردد:

۱. تجزیه و تحلیل و گزینش اوراق بهادار به طور جداگانه؛ که در برگیرنده‌ی تخمین مزایای تک تک سرمایه‌گذاری‌ها به طور جداگانه و انفرادی، با استفاده از ابزارها و روش‌های تحلیل بنیادی و تکنیکی است، که به نوبه‌ی خود چهار مرحله‌ی تحلیل اقتصاد، صنعت، زیرگروه صنعتی و شرکت را شامل می‌شود.

۲. تشکیل سبد نظام یافته و مدیریت پرتفوی؛ که شامل تجزیه و تحلیل ترکیب سرمایه‌گذاری‌ها و مدیریت نگه‌داری مجموعه‌ای از سرمایه‌گذاری‌ها بوده، مباحثی همچون نظریه‌ی نوین پرتفوی، نظریه‌ی بازار سرمایه، فرضیه بازار کارا، مدل‌های شاخصی و مقیاس‌های ارزیابی عملکرد را در بر می‌گیرد.

مسئله‌ی انتخاب مجموعه‌ی بهینه‌ای از دارایی‌ها، یکی از نظریه‌های بازار سرمایه است که اهمیت خاصی نیز در مباحث اقتصاد خرد و کلان دارد. در اقتصاد کلان، سرمایه‌گذاری یکی از شاخص‌های مهم محسوب شده، نقش تعیین‌کننده‌ای در رشد و توسعه‌ی اقتصادی ایفا می‌کند. در اقتصاد خرد نیز اهمیت

تصمیمات سرمایه‌گذاری ناشی از این مسئله است که در واقع فرد سرمایه‌گذار، مصرف امروز را به امید مصرف بیشتر، به زمانی در آینده موکول می‌کند. در واقع، فرد، سرمایه‌گذاری می‌کند تا رفاه و آسایش فعلی و آتی خود را بهبود بخشد، و تصمیم بهینه‌ی سرمایه‌گذاری، میزان مطلوبیت مورد انتظار سرمایه‌گذار را از مصرف آتی بیشینه می‌نماید.

ریسک و بازده، معیارهایی هستند که میزان مطلوبیت سرمایه‌گذار را از انتخاب مجموعه دارایی‌های سرمایه‌گذاری مشخص می‌کنند. مجموعه دارایی‌های سرمایه‌گذاری هر سرمایه‌گذار، با توجه به شرایط وی، افق زمانی، ریسک و میزان جریان نقدی مورد انتظار وی متفاوت است و در مدیریت پورتفوی، هدف، انتخاب مجموعه‌ای از سهام است به نحوی که ریسک حداقل و بازده حداکثر گردد.

انتخاب یک مجموعه از سهام، معمولاً با تعامل بین ریسک و بازده مطرح می‌شود؛ هرچه ریسک سبد سهام بیشتر باشد، احتمال دریافت بازده بالاتر بیشتر خواهد بود. در دنیای واقعی، درجه‌ی ریسک‌پذیری افراد با یکدیگر متفاوت است و بازده دارایی‌های مختلف نیز، به دلیل وجود عوامل متعدد موثر بر آن، به طور مطلق قابل پیش‌بینی نیست.

به دلیل این که سرمایه‌گذاران نمی‌توانند در مورد آینده مطمئن باشند، لذا اگر مایلند ریسک خود را کاهش دهند، باید به متنوع سازی یا پرگونه سازی پورتفوی خود مبادرت ورزند. متنوع سازی تا آن اندازه اهمیت دارد که می‌توان گفت نخستین قاعده مدیریت پورتفوی، پرگونه سازی است (پارکر جونز، ۱۳۸۰).

اما، چگونگی این تنوع‌بخشی و تخصیص بودجه بین سهام مختلف، مقوله‌ی دیگری است که باید با دقت و توجه به آن نگریست. به عبارتی، در ادبیات سرمایه‌گذاری، تنوع‌بخشی سبد سهام، مدل‌ها، روش‌ها و شیوه‌های مختلفی داشته، امری چالشی است.

۲-۲) تعریف گسترده‌ی اصطلاحات، مفاهیم و واژه‌های تخصصی

سهام: اوراق بهاداری است که نسبت به سود و دارایی شرکت پس از ادای تعهدات شرکت، دارای حقوق و ادعاست (راعی و تلنگی، ۱۳۸۷).

پورتنفوی سهام: معنی ساده‌ی واژه‌ی پورتنفوی سرمایه‌گذاری - سبد سرمایه‌گذاری به طور عام و سبد سهام به طور خاص - عبارت از ترکیب دارایی‌های سرمایه‌گذاری شده توسط یک سرمایه‌گذار، اعم از فرد یا نهاد است. به لحاظ فنی، یک سبد سرمایه‌گذاری، مجموعه‌ی کامل دارایی‌های حقیقی و مالی سرمایه‌گذار را در بر می‌گیرد. اغلب مردم، از روی برنامه و علم، یا از روی تصمیم‌های غیر مرتبط به هم، سبدی از دارایی‌ها (هم حقیقی و هم مالی) دارند. به طور خلاصه، به مجموعه‌ای شامل چند سهام، پورتنفوی سهام می‌گویند (پارکر جونز، ۱۳۸۰).

مدیریت پورتنفوی: مطالعه‌ی همه جوانب پورتنفوی را می‌توان مدیریت پورتنفوی توصیف نمود. این اصطلاح، مفهوم وسیع نظریه‌ی پورتنفوی را در نظر می‌گیرد.

بازده: بازده سرمایه‌گذاری در سهام، در یک دوره‌ی معین، شامل هرگونه وجوه نقدی دریافتی به اضافه‌ی تغییرات قیمت در طول دوره، تقسیم بر قیمت اوراق یا دارایی در زمان خرید است (پارکر جونز، ۱۳۸۰). **بازده مورد انتظار یک سهم:** سرمایه‌گذاران، سهام را به خاطر بازده آتی آن خریداری می‌کنند. از آنجا که این بازده غیر قطعی است، بازده مورد انتظار سهام در واقع قضاوت‌هایی احتمالی هستند. بنابراین، جهت محاسبه‌ی بازده مورد انتظار یک سهم، سرمایه‌گذار به تخمین بازده واقعا قابل دستیابی سهم به علاوه‌ی احتمال وقوع هر بازده ممکن، نیاز دارد؛ که در واقع این دو، مولفه‌های یک توزیع احتمال هستند (پارکر جونز، ۱۳۸۰).

بازده مورد انتظار پورتنفوی: بازده مورد انتظار برای مجموعه‌ای از اوراق بهادار که تشکیل پورتنفوی می‌دهند، برابر با میانگین وزنی بازده مورد انتظار کلیه‌ی اوراق بهادار تشکیل دهنده‌ی پورتنفوی می‌باشد (مارکوویتز، ۱۹۵۲).

ریسک: ریسک به عنوان تغییرپذیری بازده تعریف می‌شود و اغلب می‌توان با تقریب خوبی از انحراف معیار بازده سال‌های گذشته به عنوان معیار ریسک استفاده کرد (پارکر جونز، ۱۳۸۰). در این تعریف نکته‌ای نهفته است و آن این است که بین ریسک و عدم اطمینان تفاوت وجود دارد. زمانی که صحبت از ریسک می‌کنیم نسبت به احتمال وقوع نتایج مختلف آگاهی داریم. ولی در شرایط عدم اطمینان هیچ اطلاعی در زمینه احتمالات بروز نتایج مختلف در دست نیست (هاگین، ۱۹۷۹).

دارایی بدون ریسک: بازده دارایی بدون ریسک قطعی بوده و واریانس بازده آن معادل صفر است، بنابراین نرخ بازده بدون ریسک در هر دوره، با بازده مورد انتظار آن برابر است. برای مثال به عنوان نمونه‌های کلاسیک سرمایه‌گذاری بدون ریسک، می‌توان به اوراق قرضه‌ی دولتی، اوراق مشارکت تضمین شده توسط بانک مرکزی و یا سود بانکی اشاره کرد؛ از آن‌جا که دولت همیشه می‌تواند پول چاپ کند، هیچ ریسک پولی در مورد چنین ابزاری وجود ندارد. البته مثال مزبور یک سرمایه‌گذاری کاملاً بدون ریسک نیست. هر سرمایه‌گذاری‌ای با بازده ثابت پولی، در معرض ریسک ذاتی نوسان‌های آینده‌ی قدرت خرید پول است، که این نوع از ریسک در بخش‌های بعدی به تفصیل بررسی خواهد شد (هاگین، ۱۹۷۹).

ریسک پورتفوی: ریسک برای مجموعه‌ای از اوراق بهادار که تشکیل پورتفوی می‌دهند برابر با حاصلضرب مربع وزن هر سهم در ریسک آن سهم، به علاوه‌ی حاصلضرب اوزان هر زوج از سهام در یکدیگر و در کوواریانس فی‌مابین آنهاست (مارکویتز، ۱۹۵۲).

سبد سرمایه‌گذاری بازار (پورتفوی بازار یا بدره‌ی بازار): عبارت از سبد همه‌ی دارایی‌های ریسکی است که وزن هر دارایی در آن عبارتست از نسبت ارزش بازار آن به ارزش بازار کل دارایی‌های ریسکی. این سبد از اهمیت بالایی برخوردار است، چرا که در مباحث مالی یکی از معیارها و شاخص‌های مهم مقایسه‌ی عملکرد است. به عبارت دیگر، دستیابی به متوسط سبد بازار یک ملاک عملکردی است. البته سبد سرمایه‌گذاری بازار غیر مشهود و غیر قابل مشاهده است و در عمل، سبد فراگیر همه‌ی سهام عادی

نماینده‌ی بدره‌ی بازار است که به نوبه‌ی خود توسط شاخص فراگیر بازار^۱ بیان می‌شود (پارکر جونز، ۱۳۸۰).

تحلیل بنیادی^۲: پیش‌بینی درباره‌ی رفتار قیمت سهام بر اساس عواملی که برای یک شرکت، صنعت مربوطه و یا اقتصاد، بنیادی یا درونی‌اند؛ مثل درآمدها، محصولات، مدیریت، رقابت، مخارج مصرف-کنندگان و ... (هاگین، ۱۹۷۹).

تحلیل تکنیکی^۳: اعتقاد به این که تمامی عوامل بنیادی در رفتار بازار سهام منعکس می‌شوند. بنابراین، از نظر یک تحلیلگر تکنیکی، تمام داده‌های مهم برای بازار بورس درونی بوده و تغییرات آتی قیمت سهام از طریق مطالعه‌ی اطلاعات تاریخی بازار سهام قابل پیش‌بینی است؛ برای مثال، از طریق مطالعه‌ی تغییر در قیمت سهام و حجم معامله (هاگین، ۱۹۷۹).

بازار کارا^۴: بازار کارا بازاری است که در آن قیمت اوراق بهادار، همه‌ی اطلاعات معلوم را سریعاً، و به طور متوسط دقیقاً، منعکس می‌کند. کلمه‌ی "کارا" در متن تئوری به این معنی است که بازار، توانایی هضم سریع اطلاعات جدید مربوط به اقتصاد، صنعت و یا ارزش یک شرکت را دارد و با دقت آن را به قیمت اوراق بهادار تبدیل می‌کند (هاگین، ۱۹۷۹).

به عبارت دقیق‌تر، در یک بازار کاملاً کارا، قیمت‌های اوراق بهادار سریعاً همه‌ی اطلاعات قابل دسترس را منعکس می‌کنند و سرمایه‌گذاران قادر به استفاده از اطلاعات قابل دسترس برای کسب بازده غیر معمول نیستند، زیرا در چنان بازاری، این اطلاعات قبلاً در قیمت‌ها منعکس شده‌اند. این فرضیه دارای سه شکل ضعیف، نیمه قوی و قوی^۵ می‌باشد.

^۱ شاخص‌هایی نظیر S&P500 ، NASDAQ و ... برای بازارهای غرب و شاخص‌های بورس تهران و بورس‌های منطقه‌ای برای بورس‌های داخلی.

^۲ Fundamental Analysis

^۳ Technical Analysis

^۴ Efficient market

^۵ Weak, Semi-strong and Strong forms of market efficiency

۱. **شکل ضعیف:** در یک بازار کارا، داده‌های تاریخی قیمت و بازده - به دلیل این که می‌بایستی

قبلاً در قیمت جاری منعکس شده باشند - در پیش‌بینی تغییرات آتی قیمت‌ها فاقد ارزش

هستند. این شکل از فرضیه در مقابل تحلیل تکنیکی قرار گرفته، در صورت مصداق داشتن در

یک بازار، تحلیل تکنیکی را - که بر داده‌های تاریخی مبتنی است - زیر سوال می‌برد.

۲. **شکل نیمه قوی:** سطح جامع‌تر کارایی بازار، نه تنها داده‌های تاریخی قیمت را، بلکه همه‌ی

داده‌های معلوم و قابل دسترس عموم، نظیر درآمد، سود نقدی، اعلامیه‌های تقسیم سهام،

نوآوری در محصول، مشکلات مالی، و تغییرات حسابداری را نیز در بر می‌گیرد. بازاری که به

سرعت همه‌ی اطلاعات مزبور را - همه‌ی اطلاعات در دسترس عموم را - در قیمت دخالت

می‌دهد، بازاری است که شکل نیمه قوی کارایی را نشان می‌دهد. شکل نیمه قوی، شکل ضعیف

را در بر می‌گیرد زیرا داده‌های بازار زیر مجموعه‌ای از مجموعه‌ی بزرگ‌تر همه‌ی اطلاعات در

دسترس عموم می‌باشد. این شکل از فرضیه در مقابل تحلیل بنیادی قرار گرفته، در صورت

مصداق داشتن در یک بازار، تحلیل بنیادی را - که بر اطلاعات در دسترس عموم متکی است

- زیر سوال می‌برد.

۳. **شکل قوی:** بالاترین حالت کارایی بازار، شکل قوی است. در یک بازار کارا به شکل قوی،

قیمت‌های سهام همه‌ی اطلاعات عام و غیر عام را به طور کامل منعکس می‌کنند. در چنین

بازاری، هیچ گروهی از سرمایه‌گذاران نباید بتوانند حتی از طریق استفاده از اطلاعات خاص،

طی یک دوره‌ی زمانی منطقی، قابل قبول و مناسب، بازده اضافی و خارق‌العاده کسب نمایند.

در بیانی افراطی‌تر، این شکل فرضیه ادعا می‌کند که منحصر و محدود به گروه‌های خاص، نظیر

افراد داخلی یا خودی‌های^۱ شرکت‌ها و متخصصین داد و ستد است، به سرعت در قیمت‌ها

^۱ طبق تعریف قانون اوراق بهادار، مدیریت شرکت سهامی، کارمند ارشد، و یا سهامداری که بیشتر از ۱۰ درصد اوراق بهادار ثبت شده‌ی واحد تجاری را در اختیار دارد، به خاطر موقعیتی که در آن قرار دارد در جریان اطلاعاتی محرمانه و طبقه‌بندی شده قرار می‌گیرد که ممکن است بتواند در جهت منافع شخصی خود از آن‌ها سوء استفاده نماید. واژه‌ی خودی یا Insider به افراد با این نوع از اطلاعات اختصاص دارد.

منعکس می‌شود. شکل قوی نیز، اشکال نیمه قوی و و ضعیف فرضیه را به دلیل جامع بودن

اطلاعات و شمول کافی، در بر می‌گیرد (پارکر جونز، ۱۳۸۰).

بهینه‌سازی تابع^۱: به معنای یافتن پاسخ بهینه‌ی تابع هدف یک مسئله است؛ یعنی یافتن مقادیری از

تابع به گونه‌ای که هزینه‌ی متناظر آن، بهینه (معمولا کمینه) باشد (آتشپز، ۱۳۸۷).

۲-۳) انواع ریسک و منشا آن‌ها

۲-۳-۱) دسته‌بندی ریسک از دیدگاه سرمایه‌گذاری سنتی شامل موارد زیر می‌باشد

- نرخ بهره
- نقد شوندگی
- قدرت خرید
- ریسک بازار
- ریسک تجاری

۲-۳-۱-۱) ریسک نرخ بهره

بیشتر سرمایه‌گذاری‌ها، درآمد ایجاد می‌کنند؛ مثل اجاره گرفتن از یک ساختمان. ارزش نسبی این بازده‌ها در طول زمان متناسب با تغییر در نرخ بهره تغییر می‌کند. وقتی نرخ بهره بالا می‌رود، سرمایه‌گذاری در قراردادی با بهره ثابت مطلوبیت کمتری می‌یابد. بنابراین با افزایش نرخ بهره، قیمت قرارداد کاهش می‌یابد و این امر ریسک نرخ بهره را ایجاد می‌نماید (هاگین، ۱۹۷۹).

^۱ Function Optimization

۲-۳-۱) ریسک نقدشوندگی

نقدشوندگی به قابلیت تبدیل سرمایه‌گذاری به پول نقد اشاره دارد. ریسک نقدشوندگی، در واقع نماینده‌ی این مطلب است که می‌توان با تبدیل یک سرمایه به پول با فرآیند تسویه کردن، از متضرر شدن جلوگیری کرد (هاگین، ۱۹۷۹).

۲-۳-۳) ریسک قدرت خرید

ماهیت این نوع از ریسک به تورم باز می‌گردد و در واقع اشاره به این نکته دارد که به دلیل آثار تورمی، قدرت خرید مقدار معینی از سرمایه در معرض خطر مواجهه با کاهش ریسک است (هاگین، ۱۹۷۹).

۲-۳-۴) ریسک بازار

در شرکت‌های دارای فعالیت مثبت و مدیریت قوی نیز، ممکن است ارزش بازار به شدت تحت تاثیر کاهش‌های کلی سهام بازار قرار گیرد. این امر تعجب‌آور نیست چرا که سرمایه‌ی شرکت‌های شخصی مانند سرمایه کلی بازار تحت تاثیر نیروهای مشابه اقتصادی قرار می‌گیرد. این خطر در کاهش ارزش را ریسک بازار می‌نامند (هاگین، ۱۹۷۹).

۲-۳-۵) ریسک تجاری

مقداری که یک سرمایه‌گذاری انتظارات سرمایه‌گذار را برآورده می‌کند بستگی به موفقیت آینده یک کسب و کار دارد. متأسفانه تمامی شرکت‌هایی که وارد قراردادهای مالی می‌شوند آن‌قدر دوام نمی‌آورند که موفق به پرداخت تعهداتشان شوند. به همین قسم تمامی شرکت‌ها، موفق به اجرای عملکرد مثبت و سودآور برای سرمایه‌گذاران نمی‌شوند. در کشورهایی که فضای باز تجاری، مسائل مالی روشن و اقتصاد پویا وجود دارد، یک سرمایه‌گذار با خطر کمتری مواجه است. شرکت‌های قدرتمندی در این اقتصاد فعالیت می‌کنند که بسیار دور از انتظار است که در آینده نزدیک دچار بحرانی شوند و نتوانند از عهده‌ی تعهدات خود برآیند. برخی فاکتورهای تاثیرگذار بر عملکرد شرکت تحت کنترل آن هستند، ولی برخی دیگر خارج از کنترل شرکت‌ها می‌باشند؛ مانند تغییر در تقاضا، تغییر در قوانین، رفتار رقبا و ... البته

قسمتی از آینده‌ی یک کسب و کار به توانمندی مدیریت آن در مواجهه با این بحران‌ها بستگی دارد. به هر حال این عوامل دست به دست هم داده، سبب می‌شوند تا ریسک تجاری پدید آید (هاگین، ۱۹۷۹).

۲-۳-۲ دیدگاه دیگر به ریسک؛ ریسک سرمایه‌گذاری

بازار مدام در حال نوسان است، قیمت سهام در پاسخ به ورود و خروج سرمایه‌گذاران، بالا و پایین می‌رود. در صورتی که سرمایه‌گذاران به دفعات نظر خود را در مورد یک شرکت تغییر دهند، این امر در نوسان سهام آن رخنمون می‌کند. در صورتی که سرمایه‌گذاران نسبت به آینده شرکتی خوشبین باشند، این اتحاد در نگرش باعث سهامی پایا و با قیمت ثابت خواهد بود.

تئورسین‌های نظریه‌ی جدید پورتنفوی، این تغییرات را تحت عنوان خطر سرمایه‌گذاری نام می‌نهند. با توجه به آنچه تا کنون گفته شد ریسک سرمایه‌گذاری امکان تفاوت بین بازده واقعی را با بازده مورد انتظار نشان می‌دهد. بزرگی این خطر به تغییرپذیری قیمت سهام بستگی دارد. خوشبختانه، اطلاعات در هر دو زمینه احتمال و بزرگی تغییرپذیری قیمت سهام در داده آماری انحراف استاندارد وجود دارد. برای درک بهتر دسته‌بندی ریسک، یک پورتنفوی کامل بازار را در نظر بگیرید - شامل همه‌ی سهام برجسته‌ی بازار - نرخ بازده کل برای پذیرش سطح ریسکی که مربوط به پورتنفوی بازار است، مجموع نرخ بازدهی است که جامعه به تامین کنندگان ریسک سرمایه پرداخت می‌کند. این نرخ بازده و ریسک مربوط به آن، با کل سیستم بازار سرمایه درهم تنیده است. به چنین نرخ بازدهی که مربوط به بازار است نرخ بازده سیستماتیک اطلاق می‌شود. به همین ترتیب به ریسک مربوط به آن، ریسک سیستماتیک یا ریسک مربوط به بازار می‌گویند.

هر ریسکی که فراتر از این ریسک باشد با نام‌های متعددی از جمله ریسک باقیمانده، ریسک غیرمربوط به بازار، ریسک غیرسیستماتیک و ریسک انتخاب شناخته می‌شود. "باقیمانده" چون بقیه ریسک مانده است، "غیرمربوط به بازار" یعنی که پارامترهای بازار بر آن تاثیر نداشته‌اند و "غیرسیستماتیک" هم در برابر سیستماتیک بیان شده است، "انتخاب" هم مربوط به منبع این ریسک، یعنی انتخاب سرمایه‌گذاری‌هایی است که از کل بازار متفاوتند.

این ریسک باقیمانده نیز به نوبه‌ی خود قابل شکستن به ریسک ویژه (ناشی از عوامل مربوط به ویژگی‌های خاص خود شرکت) و ریسک فراتر از بازار (ناشی از عوامل مربوط به گروه‌های متجانسی که حرکت قیمتشان مستقل از کل بازار است) می‌باشد. از نقطه نظر کل بازار، ریسک انتخاب هر سرمایه‌گذار به واسطه‌ی تجمیع این ریسک از طرف دیگر سرمایه‌گذاران خنثی می‌شود. بنابراین برای بازار به عنوان یک کل جامع، هیچ ریسک انتخابی وجود ندارد و مقدار این ریسک صفر می‌شود. به عبارت دیگر هر سودی که منحصر از هوشمندی و زیرکی در انتخاب سرمایه‌گذاری حاصل می‌شود، به هزینه‌ی سرمایه‌گذاران دیگری است که انتخاب‌های متقابلی را کرده‌اند که برای آن‌ها همراه با زیان بوده است. بنابراین، در دسته‌بندی دیگری به طور خلاصه می‌توان ریسک سرمایه‌گذاری را به گروه‌های زیر تقسیم‌بندی کرد:

- ریسک سیستماتیک

- ریسک غیر سیستماتیک

۲-۳-۱) ریسک سیستماتیک

ریسکی که به کوواریانس یا هم پراکنش بازار مرتبط است و بر روی همه‌ی بازار تاثیر می‌گذارد.

۲-۳-۲) ریسک غیر سیستماتیک (فرابازار، باقی‌مانده یا پسماند بازار)

ریسکی که از طرف تغییرات سهام گروه‌های متجانس با سهام، مستقل از کل بازار متوجه شرکت می‌شود و به دو دسته‌ی ریسک ویژه و ریسک فراتر از بازار قابل تقسیم است.

این تقسیم‌بندی را می‌توان به شکل معادلات زیر خلاصه و کمی نمود (معادلات ۱-۲، ۲-۲ و ۳-۲):

(۱-۲) $\text{ریسک کل اوراق بهادار} = \text{ریسک باقیمانده (جزء غیربازار)} + \text{ریسک سیستماتیک (جزء بازار)}$

از آنجایی که انحراف معیار استاندارد توزیع مازاد نرخ بازده، احتمال انحراف را به خوبی کمی می‌کند، این معیار برای سنجش ریسک مناسب به نظر می‌رسد:

(۲-۲) $\text{ریسک کل اوراق بهادار} = \text{انحراف معیار استاندارد جزء باقیمانده (غیر بازار)} + \text{انحراف معیار استاندارد جزء سیستماتیک (بازار)}$

معیار استاندارد جزء سیستماتیک (بازار) مازاد بازده

تنها مشکل با این معادله این است که از نظر ریاضیاتی انحراف معیارهای استاندارد قابل تجمیع با

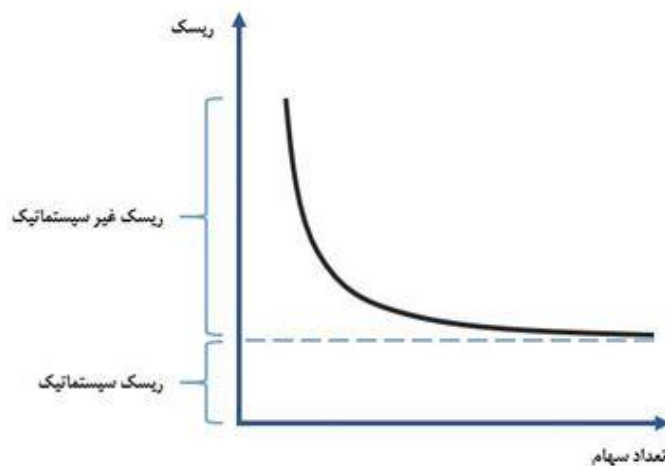
یکدیگر نیستند. پس با توجه به این که: واریانس = مربع انحراف معیار استاندارد

و این موضوع که واریانس دو منبع مستقل قابل ترکیب می‌باشند، می‌توان انحراف معیارها را به توان دو

رساند و دو واریانس را با یکدیگر ترکیب کرد. بنابراین خواهیم داشت:

(۳-۲) ریسک کل اوراق بهادار(واریانس) = واریانس جزء باقیمانده(غیر بازار)مآزاد بازده + واریانس

جزء سیستماتیک(بازار) مآزاد بازده



شکل ۲-۱. نمودار کاهش ریسک کل با افزایش تعداد سهام

۳-۳-۲) کاهش ریسک سرمایه‌گذاری

۳-۳-۲-۱) کاهش و حذف ریسک غیرسیستماتیک

با استفاده از تنوع بخشی صحیح سبد، ریسک غیر سیستماتیک قابل حذف است، و با داشتن پورتفویی

که شامل نماینده‌های مختلف از سهام مختلف است، این خطر در واقع برطرف می‌شود. در یک بررسی

مشهود، ایوانز و آرچر (ایوانز و آرچر، ۱۹۶۸) دریافتند که ریسک یک سبد متشکل از ۱۵ سهم تقریباً با

ریسک کل بازار برابر است. در بررسی ایشان، پرگونه‌سازی سبد با بیش از ۱۵ الی ۱۶ سهم، اگرچه بار

منفی‌ای نداشت اما مزیتی هم نداشت. از طرفی تحقیقات گائومینتز (گائومینتز، ۱۹۶۷) تعداد ۱۸ سهم

برای پورتفوی را پیشنهاد می‌کند و البته بیش از آن را در کاهش ریسک چندان پرفایده نمی‌داند.

با افزایش تعداد اوراق بهادار پورتنفوی، ریسک غیرمربوط به بازار یا غیرسیستماتیک از بین می‌رود. طبق این یافته، در یک پورتنفوی خوش-توزیع، تنها ریسک باقیمانده، ریسک سیستماتیک است. توجه داشته باشید که از آنجا که پرگونه‌سازی در بازارهای محلی نمی‌تواند ریسک سیستماتیک را کاهش دهد، لذا ریسک کل سبد سرمایه‌گذاری را نمی‌توان به کمتر از ریسک کل سبد بازار کاهش داد (پارکر جونز، ۱۳۸۰).

در نهایت، ذکر مجدد این نکته ضروری است که چگونگی این تنوع بخشی و بهینه سازی پورتنفوی، بسیار مهم بوده، محل بحث می‌باشد؛ تنوع بخشی صرف، شرط کافی نیست، طی تحقیقات گسترده‌ی بریلی (بریلی، ۱۹۶۹) پورتنفوی مرکب از ۱۱ سهم، که با دقت به خصوصیات ریسک و تنوع بخشی انتخاب شده باشد، به مراتب ریسک کمتری نسبت به پورتنفوی ۲۰۰۰ سهمی منتخب بدون توجه به معیار ریسک دارد!

۲-۳-۲) کاهش ریسک سیستماتیک

خطر سیستماتیک از نوع غیر تنوع‌پذیر است؛ یعنی اگر سرمایه‌گذار سهامی شامل همه‌ی انواع را داشته باشد خطر سیستماتیک هنوز وجود دارد. تنها کاری که برای کاهش ریسک سیستماتیک می‌توان انجام داد، استفاده از توزیع گوناگونی و تنوع بخشی بین‌المللی است.

دیدیم که با ایجاد پورتنفوی خوش-توزیع و گوناگون، تنها ریسک باقیمانده ریسک سیستماتیک است. اما این ریسک وجود دارد و غیرقابل اجتناب است. تنها راه کاهش این نوع ریسک بسط و توسعه‌ی مفهوم بازار است، به طوری که بازار آنچنان بسط یابد تا دیگر بازارهای غیرهمسان را دربرگیرد. سولینک (سولینک^۱، ۱۹۷۴، الف و ب) در زمینه‌ی اثرات تنوع بخشی بین‌المللی بر ریسک تحقیق کرده است. نتایج تحقیقات سولینک نشان می‌دهند که پورتنفوی با توزیع گوناگونی بین‌المللی نسبت به پورتنفوی محدود به بورس نیویورک، از ریسک بسیار پایین‌تری برخوردار است.

^۱ Solnik

البته قابل ذکر است تحقیقات تجربی جونز (جونز، ۱۹۸۶)، براون (براون، ۱۹۸۸) و باربر (باربر، ۱۹۹۱) نشان می‌دهد وجود ۲۰ تا ۴۰ دارایی سرمایه‌ای می‌تواند ریسک سیستماتیک را تا حد قابل توجهی کاهش داد.

۲-۴) نظریه‌ی جدید پورتفوی^۱

۲-۴-۱) مدل مارکویتز: تاریخچه، شرح، تفسیر و فرضیات بنیادین

در سال ۱۹۹۰ آکادمی سلطنتی علوم سوئد، جایزه‌ی یادبود آلفرد نوبل^۲ در شاخه‌ی علوم اقتصادی را به هری مارکویتز، مرتون میلر و ویلیام شارپ^۳ اهدا کرد. آن‌ها به خاطر مشارکت برجسته‌ای که طی سال‌های ۱۹۶۰ تا ۱۹۷۰ در زمینه‌ی پیشرفت علوم مربوط به بازارهای مالی داشتند، موفق به دریافت این جایزه‌ی مهم و ارزشمند شدند. تئوری مدرن پورتفوی به کارهای پژوهشی پیشگامانه‌ی هری مارکویتز باز می‌گردد. می‌توان گفت پس از مقاله‌ی بسیار مهم و جالب مارکویتز در زمینه‌ی انتخاب پورتفوی (مارکویتز، ۱۹۵۲)، انقلابی در این شاخه‌ی علمی رخ داد. پس از آن نیز بر پایه‌ی نگرش مارکویتز به پورتفوی، تلاش‌های فراوانی برای کمی‌سازی و پیشرفت هرچه بیشتر این مبحث صورت پذیرفته است.

نگرشی که مارکویتز بابت آن نائل به دریافت جایزه‌ی نوبل شد اولین بار در سال ۱۹۵۲ در مقاله‌ی وی تحت عنوان "انتخاب پورتفوی" (مارکویتز، ۱۹۵۲) منتشر گردید، سپس وی این نگرش را در کتابی با عنوان "انتخاب پورتفوی: تنوع بخشی کارای سرمایه‌گذاری" (مارکویتز، ۱۹۵۹) در سال ۱۹۵۹ شرح و بسط داد. قطعاً بدون مزایای نگرش مارکویتز، هنوز هم باورهای خطرناکی همچون "همه‌ی تخم مرغ‌ها را در یک سبد بگذار و مراقب آن سبد باش!" دیدگاه غالب مدیریت سرمایه‌گذاری بودند (هاگین، ۲۰۰۴، ص ۱۰۳-۱۰۴). پیش از مارکویتز، سرمایه‌گذاران با مفاهیم بازده و ریسک با مسامحه برخورد می‌نمودند.

^۱ Modern Portfolio Theory

^۲ Alfred Nobel

^۳ Harry Markowitz, Merton Miller, William F. Sharpe

اگرچه ایشان با مفهوم ریسک آشنا بودند، معمولاً آن را کمی نمی‌نمودند (پارکر جونز، ۱۳۸۰). برخی از سرمایه‌گذاران از سال‌ها پیش به طور شهودی می‌دانستند که پرگونه‌سازی، احتمالاً یک رویکرد هوشمندانه است: گفته می‌شد "همه‌ی تخم مرغ‌ها را در یک سبد نگذاریم"، اما این باور همه‌گیر و کمی نبود.

مارکویتز نخستین کسی بود که مفهوم پرگونه‌سازی در سبد سرمایه‌گذاری به طور عام و سبد سهام به طور خاص را به طور رسمی توسعه داد. او به طور کمی نشان داد که چرا و چگونه، پرگونه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری، ریسک آن را برای سرمایه‌گذار کاهش می‌دهد. پرگونه‌سازی سبد سهام بسیار مهم است، به طوری که می‌توان گفت نخستین قاعده‌ی مدیریت سبد سهام، پرگونه‌سازی یا متنوع‌سازی است. به دلیل این که سرمایه‌گذاران نمی‌توانند در مورد آینده مطمئن باشند، لذا اگر مایلند ریسک خود را کاهش دهند، باید به متنوع‌سازی یا پرگونه‌سازی پورتفوی خود مبادرت ورزند (پارکر جونز، ۱۳۸۰).

مارکویتز به این ادراک رسید که اندیشه‌ها و کردارهای موجود را در یک چارچوب رسمی سازمان دهد، وی بیان داشت که هدف مدیریت پورتفوی منحصرأ بیشینه کردن بازده مورد انتظار نیست، بلکه به جای آن، هدف بیشینه کردن "مطلوبیت مورد انتظار" است – اگر پیچیدگی‌ها و تفاوت‌های ظریف را کنار بگذاریم می‌توان مطلوبیت را معادل با "رضایت خاطر" دانست.

مارکویتز با این پیش‌فرض پذیرفتنی کار خود را شروع کرد که همه‌ی سرمایه‌گذاران خواهان ترکیبی از بازده بالا و ریسک پایین هستند. به بیان دیگر، سرمایه‌گذاران عقلایی به دنبال بیشینه کردن مطلوبیت با پویدن و جستجوی یکی از دو مطلب زیر هستند:

۱. بالاترین نرخ بازده ممکن برای سطح معینی از ریسک و یا

۲. پایین‌ترین سطح ممکن از ریسک برای مقدار ثابتی بازده (هاگین، ۱۹۷۹).

یکی از مهم‌ترین نوآوری‌ها و ابتکارات مارکویتز استفاده از واریانس (و یا انحراف معیار) یک توزیع – توزیع بازده محتمل – به عنوان معیار ریسک بود، وی نخستین کسی بود که یک معیار خاص برای ریسک سبد سهام تدوین نمود. به عبارت دقیق‌تر، وی فرض کرد که هرچه واریانس یک سرمایه‌گذاری

بالا تر باشد، احتمال تفاوت بازده واقعی از بازده انتظاری نیز بالاتر است. با این نگرش مارکویتز توانست مسئله‌ی بغرنج، پیچیده و چند بعدی پورتفوی، متشکل از دارایی‌های متعدد با ویژگی‌های مختلف، را به تجزیه و تحلیل مسئله‌ای دو بعدی با نام "رویکرد میانگین - واریانس" تبدیل کند (هاگین، ۲۰۰۴). بر اساس فرمول‌بندی مارکویتز انتخاب یک پورتفوی کارا با تجزیه و تحلیل تخمین‌های سه‌گانه‌ی زیر شروع می‌شود:

الف) بازده مورد انتظار برای هر کدام از اوراق بهادار.

ب) واریانس بازده مورد انتظار برای هر کدام از اوراق بهادار.

ج) تعاملات بین بازده اوراق بهادار، خواه جبران کننده و مکمل، خواه هم‌جهت و تقویت کننده، که با معیار کوواریانس یا هم‌پراکنش بین بازده هر سهم با دیگر سهام سنجیده می‌شود (هاگین، ۱۹۷۹).

۲-۴-۱-۱) بازده مورد انتظار پورتفوی

محاسبه‌ی بازده مورد انتظار برای مجموعه‌ای از اوراق بهادار که تشکیل پورتفوی می‌دهند، نسبتاً آسان است؛ بازده پورتفوی برابر با میانگین وزنی بازده مورد انتظار کلیه‌ی اوراق بهادار تشکیل دهنده‌ی پورتفوی می‌باشد.

$$E(R_{\text{portfolio}}) = \sum_{i=1}^n E(R_i) \cdot W_i \quad (۴-۲)$$

که در این معادله داریم:

$E(R_{\text{portfolio}})$ = نرخ بازده مورد انتظار پورتفوی

$E(R_i)$ = نرخ بازده مورد انتظار ورقه‌ی بهادار i

W_i = نسبت از ارزش پورتفوی که در هر ورقه‌ی بهادار سرمایه گذاری شده است

(مارکویتز، ۱۹۵۲)

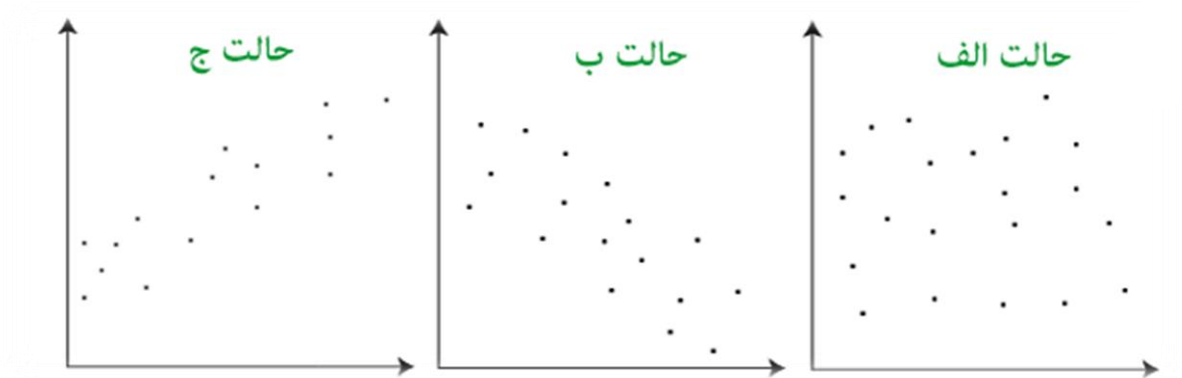
۲-۴-۱-۲) ریسک پورتفوی

برآورد واریانس ترکیبی پورتفوی به مراتب پیچیده‌تر از محاسبه‌ی بازده آن است. نکته‌ی مهمی که باید به آن توجه کرد این است که ریسک پورتفوی، بر خلاف بازده‌اش، معمولاً با میانگین وزنی ریسک اوراق

بهادار تشکیل دهنده‌اش برابر نیست. ریسک پورتفوی نه تنها به ریسک اوراق بهادار تشکیل دهنده‌اش به صورت ایزوله و مجزا مربوط است، بلکه به درجه و میزانی که این اوراق از رویدادهای بنیادین، همانند رویدادهای کلان اقتصادی، به طور مشابه تاثیر می‌پذیرند نیز بستگی دارد (شارپ، ۱۹۷۸).

آنچه در بند قبلی به آن اشاره شد - پذیرش تاثیرات مشابه از رویدادهای بنیادین - در واقع به مفهوم کوواریانس باز می‌گردد. برای آشنایی بیشتر با این معیار مهم، بایستی در ابتدا توضیح مختصری راجع به ضریب همبستگی ارائه شود. ضریب همبستگی بیانگر تمایل و کشش بین دو متغیر برای تغییرات "با یکدیگر" است. به عبارتی، ضریب همبستگی شاخصی است ریاضی، که جهت و مقدار رابطه‌ی بین دو متغیر را توصیف می‌کند. ضریب همبستگی در مورد توزیع‌های دو یا چند متغیره به کار می‌رود. اگر مقادیر دو متغیر شبیه (یا عکس) هم تغییر کند یعنی با کم یا زیاد شدن هر کدام، دیگری کم (زیاد) یا زیاد (کم) شود به گونه‌ای که بتوان رابطه‌ی آن‌ها را به صورت یک معادله بیان کرد می‌گوییم بین این دو متغیر همبستگی - خواه مثبت و خواه منفی - وجود دارد. توجه کنید که رابطه‌ی همبستگی رابطه‌ی علت و معلولی نیست، بدین معنا که لزوماً تغییر در یک متغیر سبب تغییر در دیگری نیست و آن دو ممکن است از پارامتر سومی - همانند شاخص‌های کلان اقتصادی در مسئله‌ی پورتفوی که موثر بر کلیه‌ی سهام ولیکن با درجات مختلف است - تاثیر پذیرفته باشند.

نمودار پراکنش یا دیاگرام پراکندگی، بهترین تصویر برای نشان دادن همبستگی بین دو متغیر است. شکل ۲-۲، سه حد غایی ضریب همبستگی با عناوین همبستگی کاملاً مثبت، همبستگی کاملاً منفی و حالت کاملاً ناهمبسته را به تصویر می‌کشد.



شکل ۲-۲. حالات مختلف ضریب همبستگی

کوواریانس نیز، یک مقیاس برای هم تغییری یا حرکت همگام دو متغیر است. بنابراین، می‌بایستی رابطه‌ای بین ضریب همبستگی و کوواریانس، که معیار برهم‌کنش ریسک اجزای پورتفوی است، وجود داشته باشد، این رابطه به شرح زیر است:

$$COV_{AB} = S_A \cdot S_B \cdot r_{AB} \quad \text{یا} \quad r_{AB} = \frac{COV_{AB}}{S_A \cdot S_B} \quad (۵-۲)$$

که در این معادله داریم:

COV_{AB} = کوواریانس بین متغیرها

r_{AB} = ضریب همبستگی بین متغیرها

S_A = انحراف معیار استاندارد متغیر

S_B = انحراف معیار استاندارد متغیر

(شارپ، ۱۹۷۸)

حال با استفاده از این مفاهیم ریاضی، رابطه‌ی بین ریسک پورتفویی متشکل از n سهم و متغیرهای مربوطه، قابل تبیین می‌باشد:

$$VAR(R_{portfolio}) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_i \cdot W_j \cdot COV(R_i, R_j) \quad (۶-۲)$$

که با جایگزینی مقادیر از معادله‌ی ۵-۲ خواهیم داشت:

$$VAR(R_{portfolio}) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_i \cdot W_j \cdot S_{Ri} \cdot S_{Rj} \cdot r_{ij} \quad (۷-۲)$$

که در این معادله داریم:

$VAR(R_{portfolio}) =$ واریانس نرخ بازده پورتفوی

$VAR(R_i) =$ واریانس نرخ بازده ورقه‌ی بهادار

$COV(R_i, R_j) =$ کوواریانس بین نرخ بازده اوراق بهادار

$n =$ تعداد اوراق بهادار سبد سهام

W_i یا $W_j =$ نسبتی از ارزش پورتفوی که در ورقه‌ی بهادار سرمایه‌گذاری شده است

$r_{ij} =$ ضریب همبستگی بین متغیرها

S_i یا $S_j =$ انحراف معیار استاندارد متغیر

(مارکویتز، ۱۹۵۲)

پس از ورود معادلات مارکویتز به این حوزه، معیارهای دیگری همچون نیم-واریانس^۱ و ارزش در معرض ریسک^۲ نیز برای سنجش ریسک معرفی شدند که هرکدام مزایا و معایبی دربر دارد:

۱. هنگامی که بازده سهام تشکیل دهنده‌ی پورتفوی کاملاً با یکدیگر همبسته‌ی مثبت باشند

(شکل ۲-۲ ج) ریسک مرکب پورتفوی برابر با میانگین وزنی ریسک اجزاء پورتفوی می‌شود.

در اینچنین مواردی، تنوع بخشی، کاهش ریسک را در پی ندارد و فقط سبب میانگین‌گیری

موزون از ریسک اجزاء است (شارپ، ۱۹۷۸).

۲. در پورتفوهای شامل بازده‌های با همبستگی کاملاً منفی (شکل ۲-۲ ب)، تنوع بخشی و تشکیل

پورتفوی مناسب می‌تواند ریسک را به طور کامل حذف کند. اگر که بازده سهام تشکیل دهنده‌ی

پورتفوی کاملاً با یکدیگر همبسته‌ی منفی باشند، امکان ترکیب بهینه‌ی سهام به گونه‌ای که

ریسک به طور کامل حذف شود، وجود دارد. در این موارد باید ترکیب سهام را به گونه‌ای انتخاب

کرد که اثرات یکدیگر را، با حذف و یا کاهش منابع عدم اطمینان، جبران نمایند. این مورد

مشوق مدیران سرمایه‌گذاری برای اتخاذ استراتژی‌های دفاعی^۳ است (شارپ، ۱۹۷۸).

^۱ Half-Variance

^۲ Value-at-risk

^۳ Hedging Strategies

۳. یکی از موارد بسیار مهم هنگامی خود را آشکار می‌سازد که نمودار پراکنش دو متغیر بیانگر هیچ الگوی خاصی نباشد (شکل ۲-۲-الف)، در چنین مواردی دو متغیر را ناهمبسته می‌خوانند. در این حالت ضریب همبستگی بین هر دو سهم و بنابراین کوواریانس فی‌مابین هر دو سهم برابر صفر است (شارپ، ۱۹۷۸). در نگاه اول ممکن است اینگونه به نظر برسد که در این حالت نیز همانند حالت اول، تنوع بخشی انجام شده و تشکیل پورتفوی اثری نداشته است، اما به هیچ‌وجه اینگونه نیست. با استفاده از معادله‌ی ۲-۶ می‌توان نشان داد که ریسک پورتفوی در این حالت کمتر از ریسک سهام تشکیل دهنده‌اش است و عملاً تنوع بخشی، به کاهش ریسک کمک کرده است. مثلاً در یک حالت ساده، پورتفوی متشکل از N سهم ناهمبسته و با بازده همسان و برابر $S\%$ برای هر سهم را در نظر بگیرید، با استفاده از معادله‌ی ۲-۶ و ساده‌سازی خواهیم داشت:

$$S_{portfolio} = \frac{S\%}{\sqrt{N}} \quad (\text{طالبی و مولایی، ۱۳۸۹}) \quad (۸-۲)$$

و اگر از معادله‌ی ۲-۸ حد بگیریم در حالی که N به بی‌نهایت میل می‌کند (یعنی تعداد سهام پورتفوی را تا حد ممکن زیاد کنیم، توجه شود که در قضیه‌ی ریاضیاتی حد، منظور از بی‌نهایت حدی، معنای بیشمار و نامحدود نیست، بلکه به معنای به اندازه کافی بزرگ می‌باشد)، خواهیم داشت:

$$\lim_{N \rightarrow \infty} S_{portfolio} = \frac{S\%}{\sqrt{N}} = 0 \quad (\text{طالبی و مولایی، ۱۳۸۹}) \quad (۹-۲)$$

بنابراین اگر اولاً سهام تشکیل دهنده‌ی پورتفوی ناهمبسته باشند و ثانیاً بتوانیم به تعداد زیادی از این نوع سهام در پورتفوی خود فراهم بیاوریم آنگاه خواهیم دید که تنوع بخشی، کاهش قانع کننده و معقولی در ریسک کل را به همراه دارد. حتی با توجه به شرایط معادله‌ی ۲-۹ می‌توان ادعا کرد که در صورت ارضاء شرایط معادله‌ی بالا، ریسک تا صفر حدی قابل کاهش است (توجه شود که در معادله‌ی ۲-۹ صفر حاصله، صفر مطلق نیست و حدی است، پس ریسک در صورت ارضاء شرایط تا حدود صفر، قابل کاهش است).

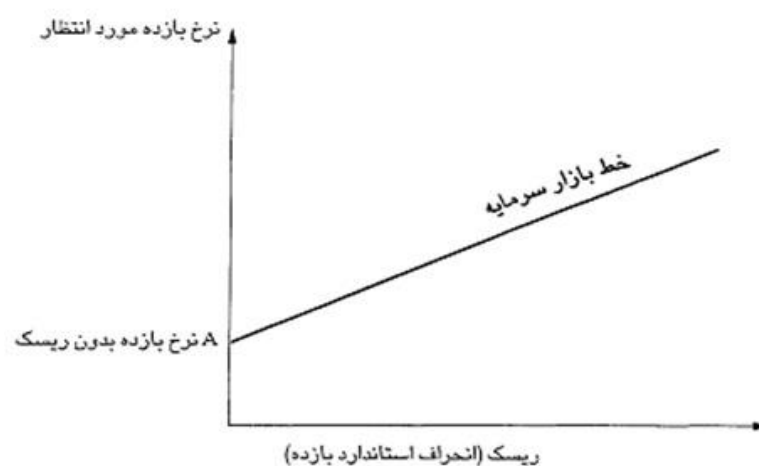
حالت ۳ نیز حالت بسیار مهمی در مباحث سرمایه‌گذاری است، این وضعیت در واقع پایه و اساس استراتژی‌های بیمه‌ای یا ادغام ریسک می‌باشد؛ بنابراین، به دلیل حفظ ناهمبستگی و میل به بی‌نهایت حدی جهت کاهش ریسک کل است که شرکت‌های بیمه سعی در صدور انواع مختلفی از بیمه‌نامه‌های ناهمبسته‌ی شخصی و گسترش هر چه بیشتر حوزه‌ی فعالیتشان دارند (شارپ، ۱۹۷۸).

در نهایت ذکر دو نکته ضروری است، اول آن که با افزایش شمار سهم‌های درون یک سبد سهام، اهمیت ریسک (واریانس) هر سهم منفرد کاهش می‌یابد، در حالی که اهمیت کوواریانس افزایش می‌یابد؛ مثلاً در سبد سرمایه‌گذاری مرکب از ۵۰۰ سهم مختلف، اثر ریسک خاص هر سهم در ریسک سبد سهام، نهایتاً مقدار کوچکی خواهد بود؛ ریسک سبد سهام تقریباً فقط از کوواریانس بین سهم‌ها ناشی خواهد شد.

دوم آن که، در دنیای واقعی، به ندرت با همبستگی‌های شدید و حدی روبه‌رو می‌شویم، و سهم‌ها نوعاً قدری همبستگی با هم دارند. بنابراین، اگرچه ریسک قابل کاهش است، معمولاً قابل حذف نیست.

۲-۴-۱-۳) رابطه بین ریسک و بازده

رابطه بین بازده مورد انتظار و ریسک، یک رابطه‌ی مثبت است یعنی هر اندازه بازده مورد انتظار بالاتری مد نظر باشد، ریسک آن نیز بیشتر خواهد بود. شکل ۲-۳ رابطه‌ی بین بازده مورد انتظار و ریسک را نشان می‌دهد. چنانچه به ازای نرخ‌های مختلف بازده، ریسک‌های حاصله را نشان دهیم، خطی همانند خط ترسیم شده در نمودار زیر حاصل می‌شود که خط مذکور را "خط بازار سرمایه" یا CML می‌نامند. با توجه به فرضیه‌ی نوین سبد سهام، سرمایه‌گذار، سبد سهام خود را بر اساس دو معیار بازده مورد انتظار و انحراف معیار بازده، انتخاب می‌کند (راموز، ۱۳۸۴).



شکل ۲-۳. رابطه‌ی بین بازده مورد انتظار و ریسک

۲-۴-۱-۴) حوزه‌ی تمرکز مطالعات مالی

جدول زیر حوزه‌ی تمرکز مطالعات مالی را در مباحث نظریه‌ی نوین مالی در طی دهه‌های مختلف نشان می‌دهد (اسلامی بیدگلی، ۱۳۸۸).

جدول ۲-۱. حوزه‌ی تمرکز نظریه‌های مدرن مالی از تاریخ شکل‌گیری

دهه	حوزه‌ی تمرکز مطالعات مالی
۱۹۵۰	تحلیل میانگین-واریانس
۱۹۶۰	CAPM و مدل‌های تعادلی بازار
۱۹۷۰	کاربرد نظریه‌ی انتظارات عقلایی، APT و کارایی بازار
۱۹۸۰	تخمین نوسان‌پذیری با تاکید بر مدل‌های اقتصاد سنجی و کمی
۱۹۹۰	تبیین رفتار عامل اقتصادی با استفاده از مدل‌های رفتاری

۲-۴-۱-۵) پردازش وقایع سپری شده^۱ در برابر پردازش وقایع آتی^۲

سبد سرمایه‌گذاری برای نگهداری در دوره‌ی آینده ایجاد می‌شود؛ نظریه‌ی پورتفوی با رویدادهای مورد انتظار در آینده مرتبط است. بنابراین، از آنجا که تصمیمات سرمایه‌گذاری برای آینده اتخاذ می‌شوند، در محاسبات می‌بایستی از مقادیر آتی استفاده شود. از سوی دیگر، اگر هدف، ارزیابی عملکرد سبد سرمایه‌گذاری در دوره‌های قبلی باشد، مقادیر واقعی بازده و ریسک در دوره‌ی مزبور (مقادیر تاریخی) به کار خواهند آمد.

از آنجا که از وقایع سپری شده به داده‌های تاریخی دسترسی داریم، آسان‌تر این است که از مقادیر تاریخی^۳ به عنوان نماینده‌ی مقادیر آتی مورد نیاز در مدل پورتفوی استفاده نمود. اما در حقیقت، داده‌های تاریخی باید مورد آزمون قرار گرفته و به عنوان مبنا برای تخمین مقادیر آتی، مورد استفاده قرار گیرند. بنابراین، مهم است به یاد داشته باشیم که مدل‌های پورتفوی به مقادیر "پیش از واقعه" نیاز دارند که احتمالاً و غالباً با داده‌های تاریخی متفاوتند. هنگامی که داده‌های تاریخی به عنوان نماینده‌ی مقادیر آتی مورد نیاز به کار می‌روند، تلویحا یا تصریحا چنین فرض می‌شود که چنان روندی در آینده تکرار خواهد شد، که ممکن است موافق یا مغایر با واقعیت آتی باشد (پارکر جونز، ۱۳۸۰).

به عنوان مثال، واریانس و ضریب همبستگی، با استفاده از داده‌های تاریخی یا تخمینی قابل محاسبه-اند. چنانچه تحلیل‌گر داده‌های تاریخی را برای محاسبه‌ی ضریب همبستگی یا واریانس به کار برده و تخمین‌های حاصله را در مدل مارکویتز قرار دهد، به طور ضمنی چنین فرض نموده که رابطه‌ی موجود در گذشته، در آینده نیز استمرار خواهد یافت. در مورد واریانس نیز به همین ترتیب است؛ اگر چنین فرض شود که واریانس تاریخی، بهترین تخمین واریانس مورد انتظار است، اطلاعات تاریخی باید مورد استفاده قرار گیرند. هرچند باید به خاطر داشت که واریانس و ضریب همبستگی نیز همانند بازده، طی زمان قابل تغییر هستند.

^۱ Ex ante

^۲ Ex post

^۳ Historical Data

۲-۴-۱-۶) مدل مارکویتز

مارکویتز نخستین کسی بود که یک معیار خاص برای ریسک سبد سهام تدوین نمود و بازده مورد انتظار و ریسک یک سبد سهام را استخراج نمود. مدل او بر پایه مشخصه‌های بازده مورد انتظار و ریسک اوراق بهادار بنا شده و در اصل، یک چارچوب نظری برای تحلیل گزینه‌های ریسک و بازده است. مدل میانگین واریانس مارکویتز مشهورترین و متداول‌ترین رویکرد در مسئله انتخاب سرمایه‌گذار است. از برجسته‌ترین نکات مورد توجه در مدل مارکویتز، توجه به ریسک سرمایه‌گذاری، نه تنها براساس انحراف معیار یک سهم، بلکه براساس ریسک مجموعه سرمایه‌گذاری است.

مدل مارکویتز بر مبنای مفروضات زیر بیان شده است:

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

۲- سرمایه‌گذاران پرتفوی خود را بر مبنای میانگین و واریانس مورد انتظار بازدهی انتخاب می‌نمایند. بنابراین منحنی‌های بی تفاوتی آنها تابعی از نرخ بازده و واریانس مورد انتظار می‌باشد.

۳- هر گزینه سرمایه‌گذاری، تا بی‌نهایت قابل تقسیم است.

۴- سرمایه‌گذاران افق زمانی «یک دوره ای» داشته و این برای همه سرمایه‌گذاران، مشابه است.

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

مسئله سرمایه‌گذاری مارکویتز را می‌توان به شرح زیر بیان نمود:

اگر سرمایه‌گذار، مقداری پول برای سرمایه‌گذاری بین n سهم داشته باشد، سؤال این است که «مبلغ سرمایه‌گذاری چگونه بین n ورقه، تخصیص یابد تا پرتفوی حاصله، حداکثر مطلوبیت مورد انتظار را داشته باشد؟» مارکویتز پیشنهاد می‌کند که پاسخ سؤال فوق بایستی در دو مرحله انجام پذیرد:

۱- تعیین مجموعه پرتفوی کارا؛ پرتفوی کارا، پرتفویی است با کمترین واریانس بازده در بین تمامی پرتفوی‌ها با بازده مورد انتظار یکسان، و یا بیشترین بازده مورد انتظار در بین تمامی آنهایی که واریانس یکسان دارند و

۲- انتخاب از مجموعه کارا؛ یعنی انتخاب پرتفویی که مناسب‌ترین ترکیب ریسک و بازده را برای سرمایه‌گذار فراهم نماید.

برای تعیین یک مجموعه سبد سهام کارا، ضروری است که بازده مورد انتظار و انحراف معیار بازده برای هر سبد سهام را تعیین کنیم. برای انجام این کار باید مدل مارکویتز را درک کنیم.

مدل ریاضی مارکویتز به شرح زیر است (شارپ، ۱۹۷۸):

$$\min Z = (1 - \lambda) \left(\sum_{i=1}^N X_i E_i \right) + \lambda \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N X_i X_j C_{ij} \quad (10-2)$$

$$ST : \sum_{i=1}^N X_i = 1$$

$$\lambda, X_i \geq 0$$

۲-۴-۱-۷) فرضیات بنیادین مدل مارکویتز

الف) از سرمایه‌گذاران انتظار می‌رود که در پی بیشینه کردن ارزش تنزیل یافته‌ی بازده‌های آتی سرمایه‌گذاری باشند (مارکویتز، ۱۹۵۲) و (ویلیامز^۱، ۱۹۳۸)

ب) سرمایه‌گذاران در تصمیمات سرمایه‌گذاری، منطقی و عقلانی رفتار می‌کنند. بدین معنا که آنها ترجیح می‌دهند پورتفوهای کارا را نگه دارند - پورتفوهایی که سبب بیشینه شدن مطلوبیت و رضایت خاطرشان می‌شود (مارکویتز، ۱۹۵۲).

البته باید اشاره کرد که مارکویتز، خود در مقاله‌ی "انتخاب پورتفوی" استثنائاتی را برای فرض دوم ذکر می‌کند، در این حالت استثناء ممکن است سرمایه‌گذاران پورتفوهای ناکارا را به کارها ترجیح دهند! از آنجا که این موارد از استثنائات است، از دنبال کردن آن‌ها در این بخش، خودداری می‌شود.

¹ Williams

۲-۵) فرآیند انتخاب سرمایه‌گذاری از دیدگاه MPT

نگاه به فرآیند انتخاب سرمایه‌گذاری بر پایه‌ی تئوری مدرن پورتفوی جالب است. هر سرمایه‌گذار با توجه به ترجیحات ریسک/بازده مورد انتظار خود، مجموعه‌ی منحصر به فردی از منحنی‌های بی‌تفاوتی دارد که به این مجموعه، نقشه‌ی منحنی بی‌تفاوتی سرمایه‌گذار می‌گویند. مفهوم این منحنی تمایل سرمایه‌گذار به جایگزینی و تبادل (بده-بستان)^۱ بین مقادیر مشخصی از ریسک با بازده مورد انتظار است. منحنی‌های بی‌تفاوتی از تحلیل مطلوبیت استخراج شده و نقاطی از فضای ریسک-بازده را که دارای مقادیر مطلوبیت یکسان هستند، بازنمایی می‌کنند^۲ (پارکر جونز، ۱۳۸۰). مجموعه‌ای فرضی از این منحنی در شکل ۲-۴ به تصویر کشیده شده است. در این شکل، منحنی ۱ بر ۲، و ۲ بر ۳ ترجیح دارد زیرا به ازای سطح ریسک معین، بازده ۱ بیشتر از ۲ و بازده ۲ بیشتر از ۳ می‌باشد.

در یک بازار کارا، مجموعه‌ای از گزینه‌ها و انتخاب‌های ممکن سرمایه‌گذاری، همانند شکل ۲-۵ خواهد بود. در اصطلاح تخصصی مالی به این شکل مرز کارای مارکویتز می‌گویند و عبارت از کلیه‌ی پورتفوی‌هایی است که برای سطح مشخصی از بازده، دارای ریسک کمینه و یا دارای بیشینه‌ی بازده برای درجه‌ی مشخصی از ریسک باشند. این مرز کارا با توجه به معادلات مارکویتز و برای هر بازاری قابل ترسیم است. نقاط روی این مرز، بر همه‌ی سبدهای سرمایه‌گذاری داخل منحنی - شامل مجموعه سبدهای قابل دستیابی منهای سبدهای واقع بر روی مرز - چیرگی و غلبه دارند و سرمایه‌گذاران عقلایی در پی پورتفوی‌های کارا خواهند بود؛ زیرا نقاطی که بر روی آن واقع هستند دارای بیشترین بازده در ازای یک ریسک معین و یا دارای کمترین ریسک در ازای یک بازده معین هستند (اصل چیرگی^۳ در نظریه‌ی پورتفوی، بیان می‌دارد که سرمایه‌گذاران در یک سطح معین ریسک، سبدهای بیشترین بازده مورد

^۱ Trade-off

^۲ اگرچه شیب این منحنی‌ها به دلیل این که فرض می‌شود سرمایه‌گذار به بازده بیشتر علاقه‌مند است و ریسک گریز است، در این تحلیل مثبت است، اما شکل دقیق آن‌ها به رجحان سرمایه‌گذار در پذیرش ریسک بستگی دارد.

^۳ Dominance principle

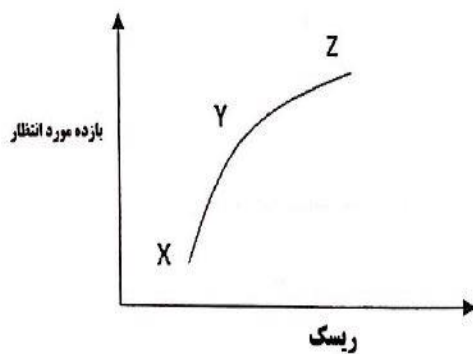
انتظار را ترجیح می‌دهند، و یا به طور معادل، در یک سطح معین بازده، سبدي با کمترین ریسک را ترجیح می‌دهند، و سایر سبدها – آن‌ها که زیر منحنی واقع هستند – ناچیره^۱ هستند.

سرمایه‌گذار از بین گزینه‌های موجود بر روی مرز کارا، باید سبدي را برگزیند که دارای بیشترین تناسب با وضعیت اوست؛ به عبارتی، قطع دادن منحنی گزینه‌های مختلف سرمایه‌گذاری (مرز کارا) با بالاترین منحنی بی‌تفاوتی سرمایه‌گذار است (شکل ۲-۶). توجه داشته باشید که در شکل ۲-۶، دستیابی به سبدي بر روی منحنی بسیار عالی ۱ غیرممکن است، و منحنی ۲ بالاترین (عالی‌ترین) منحنی بی‌تفاوتی سرمایه‌گذار است که بر مرز کارا مماس می‌شود. از سوی دیگر، اگرچه گزینه‌های سرمایه‌گذاری منحنی ۳ در دسترس و ممکن است (زیرا در داخل و زیر مرز کاراست)، اما این گزینه‌ها نسبت به منحنی ۲ نامرجح است، زیرا ۲ بازده مورد انتظار بیشتری را به ازای همان سطح ریسک (و لذا مطلوبیت بیشتری را) پیشنهاد می‌نماید.

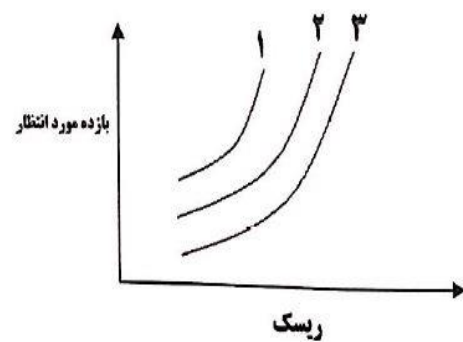
در نهایت اشاره به این نکته ضروری است که اتفاق نظر سرمایه‌گذاران بر سر روند یافتن پورتفوی بهینه بدین معنا نیست که همه، پورتفوی یکسانی را انتخاب می‌کنند. وجود منحنی‌های بی‌تفاوتی منحصر به فرد برای سرمایه‌گذاران مختلف، بیانگر اتخاذ سیاست‌ها و استراتژی‌های تهاجمی یا تدافعی توسط آن‌ها بوده، سبب می‌شود تا اگرچه روند انتخاب پورتفوی بین همه‌ی سرمایه‌گذارانی که بر اساس MPT عمل می‌کنند همسان باشد، اما در نهایت گزینه‌های مختلفی بر روی مرز کارا انتخاب بشوند (هاگین، ۲۰۰۴).

بر اساس تجربه‌ی عملی، سرمایه‌گذاران محافظه‌کار، سبدهای واقع بر/یا متمایل به منتهی‌الیه سمت چپ مرز کارا را انتخاب می‌نمایند (نزدیک به x)، چرا که این پورتفوی‌ها ریسک کمتری دارند (و البته بازده مورد انتظار پایین‌تر)، بالعکس، سرمایه‌گذاران دارای روحیه‌ی تهاجمی، سبدهای واقع بر/یا متمایل به منتهی‌الیه سمت راست مرز کارا را انتخاب می‌نمایند (نزدیک به z)، زیرا این سبدها بازده مورد انتظار بیشتر (و البته طبیعتاً ریسک بالاتری) را دارند (پارکر جونز، ۱۳۸۰).

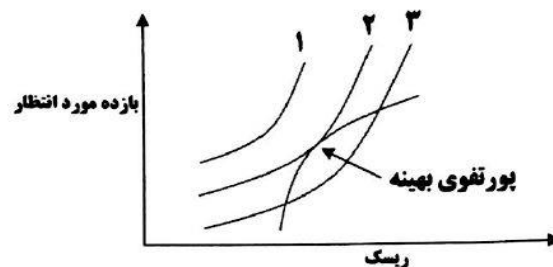
^۱ Dominated



شکل ۲-۵. مرز کارای سرمایه‌گذاری



شکل ۲-۴. نقشه‌ی منحنی‌های بی‌تفاوتی سرمایه‌گذاری



شکل ۲-۶. قطع دادن منحنی گزینه‌های مختلف سرمایه‌گذاری (مرز کارای مارکوویتز) با بالاترین منحنی بی‌تفاوتی سرمایه‌گذار جهت دستیابی به پورتفوی بهینه‌ی سرمایه‌گذار

۲-۶) بهینه‌سازی پورتفوی

مارکوویتز نشان داد که وقتی اطلاعات لازم برای مدل وی فراهم شود، می‌توان با استفاده از برنامه‌های بهینه‌سازی به دستکاری و تغییر در اوزان سهام پورتفوی پرداخت و به واسطه‌ی این تغییرات، به تعریف دقیقی از پورتفوی‌های کارا رسید.

یکی از اولین روش‌هایی که برای بهینه‌سازی این مدل توسط خود مارکوویتز به کار رفت برنامه‌ریزی درجه دوم^۱ نام دارد. به لحاظ فنی، تکنیک‌های متعدد و پیچیده‌ی ریاضیاتی برای حل مدل پایه‌ی مارکوویتز به کار گرفته می‌شود، اما در مجموع عملکرد روش‌های نوین و ابتکاری – که در بخش‌های

^۱ Quadratic programming

آینده در برابر کلاسیک‌ها توضیح داده خواهند شد - به مراتب بهتر از روش‌های کلاسیک (همچون برنامه‌ریزی درجه دوم) می‌باشد (مولایی و طالبی، ۲۰۱۰).

باید خاطر نشان کرد که حل مدل، شامل دستکاری در وزن هر سهم در سبد، یا درصد مبالغ سرمایه-گذاری در هر سهم است. به عبارت دیگر، با معین بودن ضریب همبستگی، انحراف معیار، و بازده مورد انتظار سهام، تنها متغیری است که برای حل مسئله‌ی پورتفوی قابل دستکاری است (پارکر جونز، ۱۳۸۰). در مجموع استفاده از بهینه‌سازها دو مورد ذیل را مشخص می‌نماید:

الف) سهامی که باید در پورتفوی نگهداری شود.

ب) نسبت بودجه‌ی تخصیصی بین سهام تعیین شده (هاگین، ۱۹۷۹).

۷-۲) اندازه‌گیری عملکرد سبد سهام (سبد سرمایه‌گذاری)

۷-۲-۱) مقدمه

این بخش به چگونگی محاسبه‌ی عملکرد سبدهای مختلف می‌پردازد. منطقا، هر سرمایه‌گذاری با این موضوع مرتبط است، زیرا هدف نهایی سرمایه‌گذاری، افزایش ثروت مالی یا حداقل حفظ و حمایت از آن است و در صورت رضایت بخش نبودن نتایج سرمایه‌گذاری، باید تغییراتی اندیشیده شود.

ارزیابی عملکرد سبد سهام بدون توجه به اینکه فرد رأسا مدیریت سرمایه‌ی خود را به دست دارد و یا به طور غیرمستقیم از طریق شرکت‌های سرمایه‌گذاری، مبادرت به سرمایه‌گذاری می‌کند، واجد اهمیت است. سرمایه‌گذاری مستقیم، زمان‌بر است و هزینه‌ی فرصت از دست رفته‌ی بسیاری در بر دارد و اگر دستاورد کفایت آمیزی نداشته باشد، دلیلی برای بهره‌گیری از آن وجود نخواهد داشت (مگر این که سرمایه‌گذار، صرفا قصد لذت جویی از عملیات سرمایه‌گذاری داشته باشد!).

از سوی دیگر، حتی در صورتی که مدیران حرفه‌ای پورتفوی، نیز استخدام شوند، لازم است عملکرد ایشان مورد ارزیابی قرار گیرد. اگر عملکرد مدیر الف در شرایط مساوی بودن سایر عوامل، به طور مستمر

برتر از عملکرد مدیر ب باشد، سرمایه‌گذار، ماندن با الف را ترجیح خواهد داد. در وضعیتی دیگر، اگر عملکرد هیچ یک از مدیران الف و ب (در صورت مساوی بودن سایر عوامل) بر شاخص سرمایه‌گذاری معینی (مثلاً نرخ بازده بدون ریسک)، برتر نباشد، در آن صورت سرمایه‌گذار ممکن است هیچ‌یک را ترجیح ندهد. نکته‌ی مهم آن است که اندازه‌گیری عملکرد مدیریت پورتفوی، پیش‌نیاز تصمیم‌گیری هوشمندانه است.

۲-۷-۲) چارچوب ارزیابی عملکرد سبد سهام

فرض کنیم که شرکت سرمایه‌گذاری مشترک ج بازده کل $r\%$ را در سال n برای سهامداران خود کسب نموده است، آیا همین اطلاعات برای ارزیابی عملکرد این شرکت کافی است؟ به دو دلیل، خیر! اول آن که سرمایه‌گذاری یک فرآیند دو بعدی مبتنی بر بازده و ریسک است. این عوامل دو روی یک سکه‌اند و اگر قرار است تصمیمات هوشمندانه اتخاذ شود، هر دو جانب آن باید ارزیابی شوند. بنابراین، اگر درباره‌ی ریسک سبد این شرکت چیزی ندانیم، در خصوص عملکرد آن سخن زیادی نمی‌توان گفت. گذشته از آن، مدیران این شرکت ممکن است دو برابر ریسک سبدهای قابل مقایسه را برای رسیدن به این بازده $r\%$ متحمل شده باشند.

با توجه به این که همه‌ی سرمایه‌گذاران با ریسک روبه‌رو هستند، تکیه‌ی صرف بر بازده، در ارزیابی راهکارهای مختلف سرمایه‌گذاری، کاملاً ناکافی است؛ اگرچه همه‌ی سرمایه‌گذاران بازده بالاتر را ترجیح می‌دهند، آن‌ها ریسک گریز نیز هستند. برای ارزیابی مناسب عملکرد سبد سرمایه‌گذاری، باید معین کنیم که آیا بازده‌ها به فراخور ریسک انتخابی بالا هستند یا خیر؟ اگر می‌خواهیم عملکرد را هوشمندانه بسنجیم، باید آن‌را بر مبنایی متناسب و سازگار با ریسک ارزیابی نماییم. به همین دلیل است که روش‌های ارزیابی تعدیل شده بر مبنای ریسک معرفی شده‌اند و برای این پژوهش نیز انتخاب می‌گردند. دلیل دومی که در خصوص عملکرد این شرکت نمی‌توان اظهار نظر چندانی کرد، آن است که بازده $r\%$ حتی با مشخص بودن ریسک، تنها زمانی معنادار است که با معیار سنجش خاصی مقایسه گردد، مثلاً

نرخ بازده بدون ریسک و یا بازده دیگر شرکت‌های مشابه. بنابراین، در اندازه‌گیری عملکرد باید مبادرت به مقایسه نمود.

۲-۷-۳) روش‌های ارزیابی عملکرد سبد سهام، تعدیل شده بر مبنای ریسک، به همراه

مقایسه‌ی روش‌ها و موانع ارزیابی

در اندازه‌گیری عملکرد سبد سهام، سرمایه‌گذاران باید هم بازده تحقق یافته و هم ریسک را در نظر بگیرند. بنابراین، به فراخور این که چه مقیاس‌ها یا تکنیک‌هایی مورد استفاده قرار می‌گیرند، پارامترهای خاص هریک باید در تحلیل لحاظ شوند.

بنا به تشخیص ضرورت ادغام بازده و ریسک در تحلیل عملکرد سبد، در ابتدا سه محقق مقیاس‌های عملکرد سبد سهام را در سال‌های ۱۹۶۰ توسعه دادند. این سه محقق و معیارهای ابداعی آن‌ها عبارتند از ویلیام شارپ با مقیاس نسبت پاداش به تغییرپذیری ($RVAR^1$) یا معیار شارپ، جک ترینر^۲ با مقیاس نسبت پاداش به نوسان پذیری ($RVOL^3$) و در نهایت جنسن^۴ با مقیاس بازده تفاضلی جنسن. همچنین، پس از این سه روش، محققین دو معیار M^2 و نسبت ارزیابی را نیز معرفی کردند.

این روش‌ها بسیار پرکاربردند و از آن‌ها اغلب با عنوان مقیاس‌های مرکب عملکرد سبد سهام و سازگار با ریسک، و یا مقیاس‌های تعدیل شده بر مبنای ریسک یاد می‌شود، چرا که در ارزیابی‌ها، هم بازده و هم ریسک را مدنظر قرار می‌دهند. در این بخش، به بررسی اجمالی مقیاس‌های مرکب پرداخته می‌شود.^۵

۲-۷-۳-۱) مقیاس نسبت پاداش به تغییرپذیری ($RVAR$ یا معیار شارپ)

شارپ این معیار را بر اساس نظریه‌ی بازار سرمایه ابداع نمود، این مقیاس بدین صورت تعریف می‌شود:

$$RVAR = \frac{TRp(avr.) - RFp(avr.)}{SDp} = \frac{\text{میانگین بازده اضافی}}{\text{ریسک کل سبد}} \quad (۱۱-۲)$$

^۱ Reward to variability ratio

^۲ Jack Treynor

^۳ Reward to volatility ratio

^۴ Jensen

^۵ در دهه‌ی اخیر و پس از بسط مدل آربیتراژ و مدل‌های چند-شاخصی، معیارهای دیگری نیز برای سنجش عملکرد پورتفوی معرفی شده‌اند که خارج از بحث این پژوهش می‌باشند.

به طوری که در این معادله داریم:

$TR_{p(avr.)} = p$ میانگین بازده کل سبد طی دوره‌ی زمانی

$RF_{p(avr.)} = p$ میانگین نرخ بازده بدون ریسک طی دوره‌ی زمانی

$SD_p = p$ انحراف معیار بازده سبد طی دوره‌ی زمانی

$TR_{p(avr.)} - RF_{p(avr.)} = p$ بازده اضافی سبد (پاداش ریسک) طی دوره‌ی زمانی

(شارپ، ۱۹۶۶)

در خصوص این معیار باید گفت:

۱. RVAR بازده اضافی به ازای هر واحد ریسک کل را اندازه می‌گیرد.
۲. هرچه RVAR سبدي بالاتر باشد، عملکرد آن سبد سهام بهتر است.
۳. از آنجا که RVAR یک مقیاس ترتیبی است، سبدهای سهام از طریق آن به آسانی قابل رتبه‌بندی و مقایسه هستند.

۲-۷-۳) مقیاس نسبت پاداش به نوسان پذیری (RVOL)

تقریباً در همان زمانی که مقیاس شارپ تدوین گردید (نیمه‌های ۱۹۶۰)، ترینر (ترینر^۱، ۱۹۶۵) مقیاس مشابهی را ارائه نمود که نسبت پاداش به نوسان پذیری نامیده می‌شود. ترینر همانند شارپ به این بصیرت رسید که بازده سبد سهام را به ریسک آن ارتباط دهد؛ هرچند ترینر بین ریسک کل و ریسک سیستماتیک تمایز قائل شد؛ وی تلویحاً فرض نمود که سبدهای سرمایه‌گذاری به خوبی پرگونه گردیده‌اند و بنابراین تنها ریسک آن‌ها، ریسک سیستماتیک است. بنابراین کلیه‌ی بخش‌های این مقیاس با مقیاس شارپ مشترک است به جز آن که در مخرج کسر از بتا به عنوان معیار ریسک سیستماتیک، و تنها ریسک سبد خوش-توزیع استفاده می‌نماید (پیش‌تر در مدل تک-شاخصی، بتا و دستیابی به آن از طریق رگرسیون توضیح داده شد). بنابراین توضیحات، روابط مقیاس نسبت پاداش به نوسان پذیری به شکل زیر خواهد بود:

¹ Treynor

$$RVOL = \frac{TR_{p(avr.)} - RF_{p(avr.)}}{\beta_p} = \frac{\text{میانگین بازده اضافی}}{\text{ریسک سیستماتیک سبد}} \quad (12-2)$$

به طوری که در این معادله داریم:

$TR_{p(avr.)} = p$ میانگین بازده کل سبد طی دوره‌ی زمانی

$RF_{p(avr.)} = p$ میانگین نرخ بازده بدون ریسک طی دوره‌ی زمانی

$\beta_p = p$ بتای سبد (معیار ریسک سیستماتیک) طی دوره‌ی زمانی

$TR_{p(avr.)} - RF_{p(avr.)} = p$ بازده اضافی سبد (پاداش ریسک) طی دوره‌ی زمانی

(ترینر، ۱۹۶۵)

در خصوص این معادله نیز خواهیم داشت:

۱. $RVOL$ بازده اضافی به ازای هر واحد ریسک سیستماتیک را اندازه می‌گیرد.

۲. هرچه $RVOL$ سبدي بالاتر باشد، عملکرد آن سبد سهام بهتر است.

۳. از آنجا که $RVOL$ یک مقیاس ترتیبی است، از طریق آن سبدهای سهام به آسانی قابل رتبه-

بندی و مقایسه هستند.

۲-۷-۳) مقیاس بازده تفاضلی جنسن

این معیار عبارتست از تفاوت بین آنچه که سبد سهام واقعا کسب نموده و آنچه که کسب آن بر اساس

سطح مشخص شده‌ی ریسک سیستماتیک، مورد انتظار بوده است. این معیار بر اساس مدل CAPM

طراحی شده است و پس از انجام محاسبات مربوطه روابط زیر حاصل می‌شوند که بیانگر این مقیاس

می‌باشد:

$$\alpha_p = (TR_{p(avr.)} - RF_{p(avr.)}) - [\beta(TR_{M(avr.)} - RF_{p(avr.)})] \quad (13-2)$$

به طوری که در این معادله داریم:

α_p خروجی مقیاس بازده تفاضلی جنسن

$TR_{p(avr.)} = p$ میانگین بازده کل سبد طی دوره‌ی زمانی

میانگین نرخ بازده بدون ریسک طی دوره‌ی زمانی $RF_{p(avr.)} = p$

بتای سبد (معیار ریسک سیستماتیک) طی دوره‌ی زمانی $\beta_p = p$

میانگین بازده سبد بازار طی دوره‌ی زمانی $TR_{M(avr.)} = p$

(جنسن^۱، ۱۹۶۸)

α_p در واقع عبارتست از تفاوت بین آنچه که سبد سهام واقعا کسب نموده و آنچه که کسب آن بر اساس

سطح مشخص شده‌ی ریسک سیستماتیک، مورد انتظار بوده است. از لحاظ تفسیری و کاربردی:

۱. اگر α_p به طور معناداری^۲ مثبت باشد، گواهی بر عملکرد برتر سبد است.

۲. اگر α_p به طور معناداری منفی باشد، گواهی بر عملکرد ضعیف سبد است.

۳. اگر α_p اختلاف معناداری با صفر نداشته باشد، گواهی بر عملکرد همتراز با متوسط بازار سبد

است.

۲-۷-۳-۴) مقیاس M^2

این معیار بسیار شبیه به معیار شارپ است و مشخص می‌سازد که اگر پورترفوی، درجه‌ی مشابهی از

ریسک کل پورترفوی بازار را داشته باشد، متوسط بازده چقدر خواهد بود. تفسیر این معیار شبیه معیار

شارپ است و رتبه‌بندی کاملاً مشابهی را ارائه می‌نماید (راعی و تلنگی، ۱۳۸۳). روابط این معیار به

صورت زیر می‌باشد:

$$M^2 = RF_{p(avr.)} + \left(\frac{TR_{p(avr.)} - RF_{p(avr.)}}{SD_p} \right) SD_m \quad (2-14)$$

به طوری که در این معادله داریم:

میانگین بازده کل سبد طی دوره‌ی زمانی $TR_{p(avr.)} = p$

میانگین نرخ بازده بدون ریسک طی دوره‌ی زمانی $RF_{p(avr.)} = p$

انحراف معیار بازده سبد طی دوره‌ی زمانی $SD_p = p$

¹ Jensen

² در این بخش، معناداری، کاملاً از بعد آماری مد نظر است.

انحراف معیار بازده سبد بازاری طی دوره‌ی زمانی $SD_m = p$

بازده اضافی سبد (پاداش ریسک) طی دوره‌ی زمانی $TR_{p(avr.)} - RF_{p(avr.)} = p$

۲-۷-۳) مقیاس نسبت ارزیابی

این معیار که "نسبت اطلاعاتی" نیز نامیده می‌شود، کاربرد کمتری نسبت به دیگر معیارها دارد و بازده غیر معمول هر واحد ریسک غیرسیستماتیک را که قاعدتا می‌تواند با نگهداری پورتهوی شاخص بازار متنوع گردد، اندازه‌گیری می‌نماید (بودی و همکاران، ۱۹۹۶). روابط ریاضی این معیار عبارتند از:

$$AR = \frac{\text{بازدهی مازاد نسبت به پورتهوی کاملاً متنوع شده}}{\text{ریسک غیرسیستماتیک}} \quad (۲-۱۵)$$

۲-۷-۴) مقایسه‌ی مقیاس‌های مرکب

RVOL و RVAR بسیار شبیه به یکدیگر بوده، در سبدهای خوش-توزیع اغلب ارزیابی همسانی انجام می‌دهند. گزینش یکی از این دو معیار می‌تواند به تعریف ریسک بستگی داشته باشد، اگر سرمایه‌گذار معتقد است که ممکن است همچنان ریسک غیرسیستماتیک در پورتهوی وی وجود داشته باشد، محافظه‌کارانه‌تر آن است که از معیار شارپ استفاده کند. به طور کلی در مورد رتبه‌بندی پورتهوی‌ها با این دو مقیاس می‌توان گفت اگر سبدها کاملاً پرگونه شده باشند، رتبه‌بندی‌ها یکسان خواهد بود، چرا که در این حالت ریسک کل سبد برابر با ریسک سیستماتیک شده، ریسک غیرسیستماتیک حذف می‌شود. هرچه از تنوع سبدها کاسته گردد، احتمال تفاوت در رتبه‌بندی افزایش می‌یابد؛ در این حالت رتبه‌بندی بر مبنای RVOL می‌تواند بالاتر از رتبه‌بندی RVAR باشد. پیش‌تر نیز اشاره شد که مقیاس M^2 عملکرد کاملاً مشابهی با RVAR دارد.

در مقایسه، در مورد معیار جنسن باید گفت یک مزیت محاسباتی این معیار آن است که اجازه می‌دهد مقیاس عملکرد به طور همزمان با بتای سبد تخمین زده شود. یعنی با تخمین یک خط مشخصه به شکل پاداش ریسک، تخمین‌های آلفا و بتا به طور همزمان به دست می‌آیند. هرچند بر خلاف معیارهای شارپ و ترینر، به جای بازده متوسط کل دوره، باید بازده هر دوره، در فرآیند تخمین به کار برده شود.

AR نیز شبیه به معیار جنسن عمل کرده، نتایج نسبتاً مشابهی ارائه می‌نماید، اما در کل بسیار کم‌کاربردتر از دیگر معیارهاست.

۷-۳-۷-۲) مشکلات، موانع و محدودیت‌های اندازه‌گیری عملکرد سبد سرمایه‌گذاری

نخست آن که این مقیاس‌ها بر پایه‌ی نظریات بازار سرمایه و CAPM استوارند و بنابراین، وابسته به مفروضات پایه‌ی این نظریه‌ها می‌باشند. برای مثال در صورتی که اوراق قرضه‌ی دولتی و یا نرخ سود بانکی نماینده‌ی مناسبی برای نرخ بازده بدون ریسک نباشد و یا سرمایه‌گذاران امکان قرض دادن و قرض گرفتن سرمایه در نرخ بازده بدون ریسک را نداشته باشند، مفروضات، زیر سؤال رفته، معیارها کارکرد خود را از دست می‌دهند.

دوم، فرض وجود سبد فراگیر بازار و قابلیت تخمین آن با شاخص بازار فرض اصیلی نیست، و این مقیاس‌ها بر اساس این فرض عمل می‌کنند. توضیح بیشتر آن که شاخص نماینده‌ی بازار گهگاه قابل تغییر است^۱.

سوم، بتا مقیاس شفاف‌ی برای ریسک نیست و همان‌گونه که در بخش دوم نیز توضیح داده شد، در صورت تغییر کلی نوع شاخص، بتا هم تغییرات اساسی داشته، رتبه‌بندی سبدها را جابه‌جا می‌نماید. در نهایت چهارم آن که، مقیاس‌های ارزیابی باید مستقل از معیار ریسک مربوطه در فرمول خود باشند، حال آن که اخیراً این فرض زیر سؤال رفته و روابط بنیادین عدم استقلال مقیاس‌ها از ریسک مربوط به آن‌ها، پیدا شده است (راعی و تلنگی، ۱۳۸۳؛ پارکر جونز، ۱۳۸۰).

توجه به چگونگی مشخص کردن نرخ بازده بدون ریسکی که در دسترس همگان باشد نیز، از اهمیت بالایی برخوردار است و در استفاده از معیارها باید این نرخ با دقت تعیین شود. با وجود این مشکلات، شناخت محدودیت‌ها و استفاده‌ی محتاطانه از معیارها، اجتناب ناپذیر است.

^۱ مثلاً اغلب از شاخص S&P500 به عنوان شاخص بازارهای غربی استفاده می‌نمایند، اما این شاخص به NASDAQ و ... هم تغییر می‌یابد.

۲-۸) بهینه‌سازی

۲-۸-۱) مقدمه

آرزوی انسان برای رسیدن به کمال مبین تئوری بهینه‌سازی است. انسان می‌خواهد بهترین را تجسم و توصیف کرده و به آن دست یابد؛ اما از آنجایی که می‌داند نمی‌تواند تمام شرایط حاکم بر بهترین را به خوبی شناسایی و تعریف نماید در بیشتر موارد به جای جواب بهترین یا بهینه‌ی مطلق، به یک جواب رضایت‌بخش بسنده می‌کند. همچنین، انسان در قضاوت عملکرد دیگران، معیار بهترین را در نظر نمی‌گیرد بلکه آنان را به صورت نسبی مورد ارزیابی قرار می‌دهد؛ بنابراین انسان به دلیل ناتوانی خود در بهینه‌سازی، به بهبود، ارزش ویژه‌ای می‌دهد.

تئوری بهینه‌سازی شامل مطالعات کمی بهینه‌ها و روش یافتن آنهاست. همچنین بهینه به عنوان یک واژه‌ی فنی، دلالت بر اندازه‌گیری کمی و تحلیل ریاضی دارد، در حالی که واژه‌ی بهترین، دارای دقت کمتر بوده و بیشتر برای امور روزمره استفاده می‌شود.

در بیشتر موارد، آنچه که با هدف بهینه‌سازی انجام می‌دهیم بهبود است. بهینه‌سازی به دنبال بهبود عملکرد در رسیدن به نقطه یا نقاط بهینه است. این تعریف دو قسمت دارد: ۱- جستجوی بهبود برای رسیدن به ۲- نقطه‌ی بهینه. تفاوت روشی بین فرآیند بهبود و مقصد یا نقطه‌ی بهینه وجود دارد. هنوز هم معمولاً در رویه‌های بهینه‌سازی، تمرکز بر همگرایی است و عملکرد ضمنی رویه، به طور کلی فراموش می‌شود. این اهمیت نسبت به همگرایی، مربوط به ریشه‌های بهینه‌سازی در ریاضیات است، اما همان‌طور که اشاره شد در عمل چنین اهمیتی طبیعی و معقول نمی‌باشد. این مقایسه قصد بی‌ارزش نشان دادن همگرایی و دقت‌های معمول ریاضی را ندارد، چرا که این حوزه خود مبنای ارزشمندی برای مقایسه‌ی روش‌های بهینه‌سازی ارائه می‌کند.

در مقایسه‌ی الگوریتم‌های بهینه‌سازی دو معیار همگرایی و عملکرد مطرح می‌شود. بعضی از الگوریتم‌ها دارای همگرایی بوده ولی ممکن است عملکرد ضعیفی داشته باشند، یعنی فرآیند بهبود آنها از کارایی و سرعت لازم برخوردار نباشد؛ برعکس بعضی دیگر از الگوریتم‌ها همگرایی نداشته ولی عملکرد آنها

خیلی خوب است. می‌توان هدف از فرآیندهای جستجو را در سه دسته خلاصه نمود: بهینه‌سازی، یافتن جواب عملی و شبه بهینه‌سازی.

در شرایطی که ما به یافتن جواب در همسایگی جواب بهینه راضی باشیم، هدف جستجو را شبه بهینه‌سازی می‌نامند. شبه بهینه‌سازی دارای دو طبقه است؛ اگر هدف، یافتن جواب عملی خوب در فاصله‌ی تعریف شده‌ای از جواب بهینه باشد به آن بهینه‌سازی نزدیک گفته می‌شود. اگر شرط فاصله‌ی تعریف شده برای جواب بدست آمده حذف گردد، و تنها یافتن جواب نزدیک به بهینه با احتمال بالا، هدف باشد به آن بهینه‌سازی تقریبی گفته می‌شود.

بیشتر مسائل عملی آنقدر مشکل هستند که در آن‌ها هدف، شبه بهینه‌سازی در نظر گرفته می‌شود تا از این طریق تعادلی بین کیفیت جواب بدست آمده و هزینه‌ی جستجوی آن جواب برقرار گردد. همچنین، از آنجایی که تعداد محاسبات مسائل بهینه‌سازی ترکیبی به اعداد نجومی می‌رسد، حذف شرط بهینگی یک ضرورت اقتصادی است. در شبه بهینه‌سازی باید الگوریتم‌هایی ارائه کرد که حدود مناسب میزان محاسبات و نزدیکی به بهینگی را تضمین نموده و تعادلی بین آن‌ها برقرار نمایند. این الگوریتم‌ها باید مجهز به پارامترهای قابل تنظیم باشند تا کاربر بتواند با تغییر آن پارامترها تعادل مطلوب بین جواب بدست آمده و میزان محاسبات را برقرار نماید.

در نهایت در تعریفی عملی باید گفت بهینه‌سازی توابع به معنای یافتن پاسخ بهینه‌ی تابع هدف یک مسئله است؛ در شکلی بسیار ساده، با داشتن تابع هدف $f(x)$ می‌خواهیم x را به گونه‌ای بیابیم که هزینه‌ی متناظر آن، بهینه (معمولاً کمینه) باشد.

جهت انتخاب استراتژی مناسب برای حل مسائل بهینه‌سازی باید شناخت مناسبی از آن داشته باشیم، مسائل بهینه‌سازی را از دیدگاه‌های مختلف به چندین نوع می‌توان تقسیم‌بندی نمود؛ در یک دسته‌بندی ساده، این مسائل به دو گروه بیشینه‌سازی^۱ و کمینه‌سازی^۲ تقسیم می‌شوند. در دسته‌بندی پیشرفته‌تری

^۱ Maximization task

^۲ Minimization task

می‌توان مسائل بهینه‌سازی را به بهینه‌سازی با سعی و خطا، بهینه‌سازی با تابع، بهینه‌سازی تک‌بعدی و چندبعدی، بهینه‌سازی پویا و ایستا، بهینه‌سازی مقید و نامقید، بهینه‌سازی پیوسته و یا گسسته و در نهایت، بهینه‌سازی تک معیاره و چند معیاره تقسیم‌بندی نمود. همچنین می‌توان ابزارها و روش‌های بهینه‌سازی را نیز در دو حوزه‌ی کلی بهینه‌سازهای کلاسیک یعنی روش‌های مبتنی بر مشتق ریاضیاتی، و بهینه‌سازهای ابتکاری یا تکاملی طبقه‌بندی نمود.

۲-۸-۲) انواع مسائل بهینه‌سازی و تقسیم‌بندی آن‌ها

۲-۸-۲-۱) بهینه‌سازی با سعی و خطا^۱

مثالی از یک مسئله‌ی بهینه‌سازی با سعی و خطا تنظیم آنتن یک گیرنده‌ی تلویزیونی است.

۲-۸-۲-۲) بهینه‌سازی با تابع^۲

بهینه‌سازی با تابع زمانی است که یک مسئله‌ی بهینه‌سازی توسط یک تابع ریاضی که به نام‌های تابع هزینه، تابع برآزش و تابع هدف شناخته می‌شود، مدل شده و از روش‌های ریاضی برای حل آن استفاده شود.

۲-۸-۲-۳) بهینه‌سازی تک بعدی و چند بعدی^۳

اگر تنها یک متغیر در مسئله‌ی بهینه‌سازی وجود داشته باشد، مسئله‌ی بهینه‌سازی یک مسئله‌ی تک بعدی و در غیر این صورت دو یا چند بعدی است.

۲-۸-۲-۴) بهینه‌سازی پویا و بهینه‌سازی ایستا^۴

اگر تابع هزینه‌ی مسئله‌ی بهینه‌سازی تابعی از زمان نباشد، با یک مسئله‌ی بهینه‌سازی ایستا سر و کار داریم. ولی اگر زمان نیز وارد تابع هزینه شود مسئله، بهینه‌سازی پویا می‌شود. به عنوان مثال حرکت از یک نقطه‌ی شهر به نقطه‌ی دیگر با انتخاب کوتاه‌ترین مسیر، یک مسئله‌ی بهینه‌سازی ایستا می‌باشد.

^۱ Trial and Error Optimization

^۲ Function optimization

^۳ Uni-model and multi-dimensional optimization

^۴ Dynamic and Static optimization

اما اگر پارامترهای دیگری همچون ترافیک که تابعی از زمان است وارد تابع هزینه بشود با یک مسئله‌ی بهینه‌سازی پویا سروکار داریم.

۲-۸-۲) بهینه‌سازی مقید و نامقید^۱

اگر متغیرهای مسئله‌ی بهینه‌سازی به بازه (و یا قید) خاصی محدود باشند، با یک مسئله‌ی بهینه‌سازی مقید، سروکار داریم و در غیر این صورت، مسئله، بهینه‌سازی نامقید است.

۲-۸-۲) بهینه‌سازی پیوسته و گسسته^۲

یک مسئله‌ی بهینه‌سازی پیوسته مسئله‌ای است که در آن متغیرهای مسئله در یک بازه‌ی معین تغییرات پیوسته دارند و فقط مقادیر خاصی را اختیار می‌کنند.

۲-۸-۲) بهینه‌سازی تک معیاره و چند معیاره^۳

یک مسئله‌ی بهینه‌سازی تک معیاره، تنها دارای یک تابع هدف می‌باشد، اما در یک مسئله‌ی چند معیاره، تعداد توابع هدفی که به طور همزمان می‌بایستی بهینه شوند، بیش از یک تابع است. در حالت چند معیاره مجموعه جواب‌هایی که هیچ برتری‌ای نسبت به هم ندارند تشکیل یک منحنی را در صفحه می‌دهند که به نام منحنی پاره‌تو یا همان مرز کارا^۴ شناخته می‌شود. منحنی پاره‌تو در بر دارنده‌ی همه‌ی جواب‌های مناسبی است که نسبت به همدیگر هیچ برتری‌ای ندارند. معمولاً در یک مسئله‌ی بهینه‌سازی چند معیاره، با دادن اهمیتی (وزنی) به هریک از توابع هدف و جمع بستن آن‌ها، مسئله را تبدیل به یک مسئله‌ی تک معیاره می‌کنند. این کار در حقیقت قطع دادن یک خط با منحنی پاره‌تو است که به یک جواب معین می‌رسد. حل مسائل بهینه‌سازی چند هدفه و رسیدن به منحنی پاره‌تو، به تنهایی مبحث مستقل و مهمی از حوزه‌ی بهینه‌سازی می‌باشد (کلامی هریس، ۱۳۸۷).

¹ Constrained and unconstrained optimization

² Continuous and discrete optimization

³ Single-objective and Multi-objective optimization

⁴ Pareto or efficient frontier

۲-۸-۳) انواع ابزارها و روش‌های بهینه‌سازی

۲-۸-۳-۱) کلاسیک‌ها

روش‌های کلاسیک که همگان کم و بیش با آن‌ها آشنایی دارند، همان روش‌های مبتنی بر مشتق ریاضی هستند. یکی از نقایص روش‌های کلاسیک این است که در مسائل پیچیده و چند بعدی، و یا مسائلی که دارای ویژگی‌های گسستگی، مشتق ناپذیری، نویز و اغتشاش^۱ اطلاعات، فضای حالت ناپیوسته و معادلات غیرخطی پیچیده هستند (بانثو^۲ و همکاران، ۱۹۹۹؛ ابره‌ارت، شی و کندی^۳، ۲۰۰۱). همانند مسئله‌ی انتخاب و بهینه‌سازی پورتنوی، فقط تا حد یافتن بهینه‌های محلی^۴ پیش می‌روند و از یافتن بهینه‌ی جامع و کلی^۵ مسئله عاجزند. در این روش‌ها چاره‌ای برای برون‌رفت از جواب‌های محلی نیاندشیده‌اند و به محض این‌که به پاسخی نسبتاً بهینه می‌رسند، اگرچه ممکن است محلی باشد، حل را متوقف کرده و پاسخ را به عنوان بهینه‌ی جامع و کلی اعلام می‌دارند (به عنوان نمونه از جمله برنامه‌های معروف و در دسترس که از تحلیل‌های کلاسیک و شیوه‌های تحقیق در عملیات استفاده می‌کنند می‌توان به LINDO، LINGO، و Microsoft Office Excel اشاره کرد).

۲-۸-۳-۲) روش‌های ابتکاری^۶

روش‌های ابتکاری (فراابتکاری یا تکاملی^۷ نیز نامیده می‌شوند) برای فائق آمدن بر مشکلات فوق‌الاشاره که غالباً مسائل بهینه‌سازی با آن‌ها روبه‌رو است، به وجود آمد. اگرچه نمی‌توان هیچ تضمینی قائل شد، اما آزمون این روش‌ها در مسائل مختلف فنی و مهندسی، اقتصاد، مالی و ... نشان داده است که در صورت اعمال درست و انتخاب مناسب پارامترهای داخلی و متناسب با نوع مسئله، با استفاده از این روش‌ها می‌توان به پاسخ‌های مناسب‌تری از پاسخ‌های هم‌تاهای کلاسیکشان دست یافت.

¹ Noise

² Bonabeau

³ Eberhart, Shi & Kennedy

⁴ Local optimums

⁵ Global optimum

⁶ Heuristic Methods

⁷ Metaheuristic or Evolutionary

عملکرد بهتر این روش‌ها به ماهیت طراحی آن‌ها باز می‌گردد؛ به عبارتی اصولاً این روش‌ها ایجاد شدند تا کاستی‌های روش‌های کلاسیک را جبران کنند. آن‌ها به گونه‌ای برنامه‌ریزی شده‌اند که تا حد ممکن از بهینه‌های محلی، اصطلاحاً "بیرون بپرند"، در آن‌ها "گیر نیافتند"، و به بهینه‌ی جامع برسند. به بیان دیگر، از آنجا که روش‌های ابتکاری به یک جستجوی جامع تصادفی دست می‌زنند، احتمال به تله افتادنشان در بهینه‌های محلی به شدت کاهش می‌یابد.

در سال‌های اخیر، بهینه‌سازی با استفاده از روش‌های ابتکاری توجه بسیاری از محققین را به خود جلب کرده است. این روش‌ها تحت عناوین شبکه‌های عصبی، الگوریتم‌های تکاملی، و الگوریتم‌های مبتنی بر هوش جمعی^۱ و نیز با استفاده از کامپیوترها رشد و توسعه‌ی فراوانی یافته، بر بسیاری مسائل پیچیده‌ی آکادمیک و عملی، اعمال شده‌اند و پاسخ‌های مناسبی را ایجاد کرده‌اند.

روش‌های مبتنی بر جمعیت، زیرمجموعه‌ای از الگوریتم‌های ابتکاری هستند که از ایجاد جمعیت‌های اولیه و واسطه برای تکامل و سوق دادن مسئله به سوی پاسخ بهینه بهره می‌برند. سه نمونه‌ی پرکاربرد از این روش‌ها الگوریتم ژنتیک، الگوریتم گروه ذرات (انبوه ذرات یا کوچ پرندگان نیز گفته می‌شود) و الگوریتم رقابت استعماری هستند که دو روش آخر بسیار جدید می‌باشند. روش‌های مبتنی بر جمعیت قابلیت جستجوی بسیار سریع فضاهاى حالت بزرگ و پیچیده و پرچنبر^۲ را دارا هستند و مستعد پذیرش بهینه‌های محلی به عنوان پاسخ نهایی نیستند.

۲-۹) الگوریتم سیاهچاله^۳

حاتملو^۴ (۲۰۱۳) روش جدیدی تحت عنوان الگوریتم سیاهچاله را برای حل مسائل بهینه‌سازی معرفی کرده است. بر آن هستیم تا از مزایای این الگوریتم در جهت حل مساله بهینه‌سازی سبد سهام استفاده

^۱ Swarm intelligence-based algorithms

^۲ Convoluted search spaces

^۳ Black-Hole Algorithm

^۴ Hatamlou

کنیم. از آنجا که الگوریتم سیاهچاله در سال ۲۰۱۳ ابداع شده و از آن برای بهینه‌سازی مسائل مختلفی استفاده شده است، به کارگیری آن در حل مسالهی ما منجر به یک روش جدید بهینه‌سازی در حوزه مالی می‌شود.

الگوریتم سیاهچاله همانند سایر الگوریتم‌های فراابتکاری از یک روش مبتنی بر جمعیت استفاده می‌کند؛ در این الگوریتم نیز ابتدا از یک راه حل کاندید و تصادفی شروع کرده و رفته رفته این راه حل بهبود یافته و جواب تقریبی و نزدیک به مسئله بدست می‌آید.

جمعیت راه‌های کاندید (stars) به صورت تصادفی از نقاط موجود در فضای تحقیق تولید می‌شوند. در گام بعدی، ارزش هر یک از راه‌ها (هر ستاره یک راه حل) بررسی می‌شود؛ و بهترین راه حل را به عنوان سیاهچاله (Black Hole) معرفی می‌کنیم. باقی راه‌ها با همان عنوان ستاره باقی می‌مانند. پس از آن، تمامی ستاره‌ها به سمت سیاهچاله حرکت می‌کنند و سیاهچاله نیز ستاره‌ها را به سمت خود جذب می‌کند.

حرکت ستاره‌ها به سمت سیاهچاله با رابطه‌ی (۱۶-۲) محاسبه می‌شود:

$$x_i(t+1) = x_i(t) + Rand * (x_{BH} + x_i(t)) \quad (16-2)$$

$$i = 1, 2, 3, \dots, N$$

که در آن $x_i(t)$ و $x_i(t+1)$ موقعیت i امین ستاره در تکرار t ام و $t+1$ ام می‌باشد.

$Rand$ ؛ یک عدد تصادفی در بازه $[0,1]$ می‌باشد.

x_{BH} ، موقعیت سیاهچاله می‌باشد.

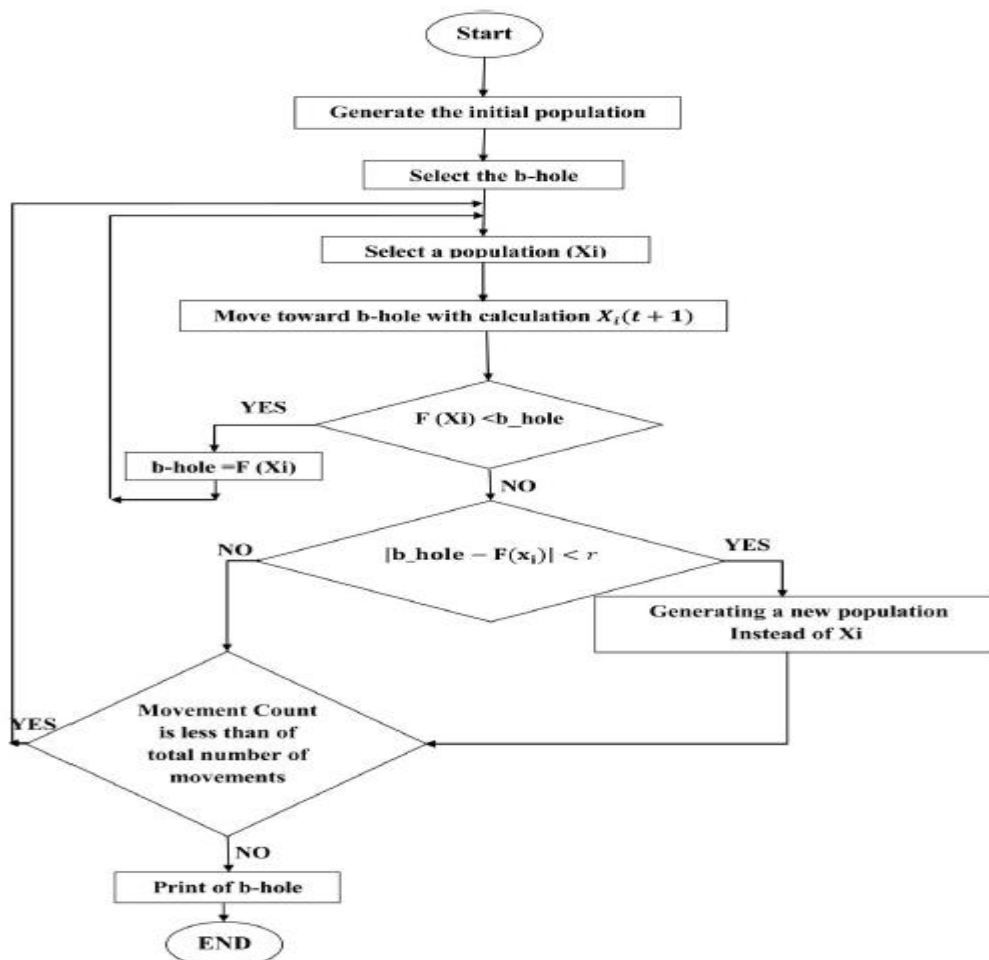
N ، تعداد ستاره‌ها (راه‌ها) می‌باشد.

بعد از حرکت یک ستاره، به یک موقعیت جدید (به سمت سیاهچاله)؛ اگر تابع ارزش آن بهتر از تابع ارزش سیاهچاله باشد؛ آن ستاره به عنوان سیاهچاله انتخاب می‌شود. در این صورت، الگوریتم کار خود را با سیاهچاله‌ای در مکانی جدید ادامه می‌دهد، و همه‌ی این ستاره‌ها به سمت سیاهچاله جدید حرکت می‌کنند.

علاوه بر این، احتمال گذشتن از «افق اتفاق» نیز در طی حرکت یک ستاره از یک موقعیت به موقعیت جدید به سمت سیاهچاله نیز وجود دارد. ستاره‌ای که از افق اتفاق عبور کند توسط سیاهچاله بلعیده می‌شود. پس از بلعیده شدن یک ستاره، یک ستاره (راه حل) جدید به صورت تصادفی در فضای جستجو تولید می‌شود. تکرار بعدی الگوریتم زمانی اتفاق می‌افتد، که تمامی ستاره‌ها یک بار جابجا شوند. شعاع افق اتفاق به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$R = \frac{f_{BH}}{\sum_{i=1}^N f_i} \quad (17-2)$$

که در آن f_{BH} و f_i ، به ترتیب مقدار تابع ارزش سیاهچاله و ستاره i ام می‌باشد. اگر فاصله ستاره‌ای تا سیاهچاله کمتر از R باشد؛ آن ستاره توسط سیاهچاله بلعیده می‌شود (فرهمندیان و حاتملو^۱، ۲۰۱۵).



شکل ۷-۲. الگوریتم سیاهچاله

¹ Farahmandian& Hatamlou

۲-۱۰) مروری بر پیشینه تحقیقات مربوط

در سال‌های اخیر تحقیقات متعددی در زمینه‌ی تشکیل سبد بهینه‌ی سهام در بازارهای بورس انجام گرفته است. در بیشتر مدل‌های ارائه شده، معیارهای بازده و ریسک از مباحث مالی و روش‌های اندازه‌گیری و معیار بهینه‌سازی از مباحث برنامه‌ریزی گرفته شده‌اند. در ادامه به بررسی نتایج برخی از این مطالعات، در دو بخش داخلی و خارجی می‌پردازیم.

۲-۱۰-۱) تحقیقات داخلی

دمیرچی (۱۳۸۹) پژوهشی تحت عنوان "بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری با استفاده از معیار ارزش در معرض ریسک مشروط (CVaR) در بازار بورس اوراق بهادار تهران" انجام داده است که نتایج حاصل از این پژوهش نشان می‌دهد که بین عملکرد پرتفویهای مدل CVaR و پرتفوی‌های مدل MV به لحاظ نسبت «بازده به CVaR پرتفوی» و «بازده به انحراف معیار پرتفوی» تفاوت معنی‌داری وجود دارد. همچنین انتخاب مناسب‌ترین معیار اندازه‌گیری ریسک به اهداف و نیازمندی‌های سرمایه‌گذاران در اداره و کنترل ریسک بستگی دارد.

سجادی (۱۳۹۰) پژوهشی تحت عنوان "بهینه‌سازی سبد سهام با استفاده از الگوریتم رقابت استعماری بر اساس نظریه ارزش در معرض خطر و ارزیابی آن" انجام داده است. پس از پیاده‌سازی الگوریتم رقابت استعماری و مقایسه آن با الگوریتم ژنتیک در این پژوهش، نتایج نشان از برتری قابل توجه الگوریتم رقابت استعماری دارند، به این معنا که الگوریتم رقابت استعماری علاوه بر آن که سود بیشتری را به دست می‌آورد، زمان کمتری را نیز برای رسیدن به آن صرف می‌کند.

شالچی (۱۳۹۰) پژوهشی تحت عنوان "بهینه‌سازی سبد سهام با رویکرد تلفیقی تحلیل پوششی داده‌ها و تحلیل عاملی اکتشافی" انجام داده است. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که الگوریتم ژنتیک در تکرارهای مختلف از اعتبار سنجی و ثبات بالایی برخوردار است و تفاوت معناداری در میانگین ارزش سهام سبد در دو الگوریتم وجود دارد و الگوریتم ژنتیک به لحاظ میانگین تابع هدف و بهترین جواب به دست آمده نسبت به الگوریتم تبرید شبیه‌سازی شده بهتر عمل می‌کند.

کارگر (۱۳۹۰) پژوهشی تحت عنوان "توسعه و اصلاح مدل مارکوویتز برای تشکیل پرتفوی بهینه بورس با توجه به معیار نقدشوندگی و حل آن با الگوریتم ژنتیک" انجام داده است. نتایج این تحقیق نشان می دهد که همیشه پرگونه سازی پرتفوی به نفع سرمایه گذار نمی باشد و از یک جایی به بعد بهتر است که متنوع سازی را متوقف کنیم.

حسینی (۱۳۹۱) پژوهشی تحت عنوان "مقایسه عملکرد مدل برنامه ریزی سازگار با مقادیر نامطلوب مبتنی بر رویکرد فازی، با حالت غیرفازی و انتخاب پرتفوی بهینه در بورس اوراق بهادار تهران" انجام داده است. نتایج حاصل از این تحقیق حاکی از آن است که مدل برنامه ریزی سازگار (هم ارزی) با مقادیر نامطلوب-فازی نتایج نسبتاً یکسانی با نتایج به دست آمده توسط حالت غیرفازی آن را به دست می آورد ولی دارای ریسک کمتری می باشد.

سینائی مهر (۱۳۹۲) پژوهشی تحت عنوان "الگوی بهینه سازی ترکیب پرتفوی سرمایه گذاری بیمه با رویکرد تئوری خاکستری و الگوریتم ژنتیک" انجام داده است. بر اساس نتایج حاصل از این تحقیق شرکت بیمه ای البرز با توجه به حجم معاملات، شاخص های مورد مطالعه و نظر کارگزاران بورس اوراق بهادار بالاترین رتبه را کسب کرد.

مدنی (۱۳۹۲) پژوهشی تحت عنوان "ارائه مدل پرتفوی مناسب با در نظر گرفتن عدم قطعیت مطالعه موردی: شرکت های زیرمجموعه ی تامین اجتماعی" انجام داده است. بر اساس نتایج به دست آمده در این پژوهش، با توجه به شرایط عدم ثبات و نوسانات بازارهای مالی، سرمایه گذاران بدبین عملکرد بهتری خواهند داشت.

۲-۱۰-۲) تحقیقات خارجی

کامووا و ناروکی^۱ (۲۰۱۴) پژوهشی تحت عنوان "بهینه سازی سبد سرمایه در چارچوب خطر بالقوه و حرکت نزولی صعودی" انجام داده اند. این مقاله فرمول بندی از مدل انتخاب پورتفوی UPM/LPM را

¹ Cumova & Nawrocki

پیشنهاد می کند و چهار مطالعه موردی مفید را معرفی می کند تا تواناییش را برای ساخت مرز کارای مقعر در فضای UPM/LPM مناسب نشان دهد.

کامینگ و هب و شوایزر^۱ (۲۰۱۳) پژوهشی تحت عنوان " معیار سهام خصوصی و بهینه سازی سبد سرمایه " انجام داده اند. در این مقاله شاخص جدیدی برای ریسک سرمایه و خرید سهم معرفی می شود که هر ماه به روز رسانی می شود، برای همبستگی تنظیم می شود و به صورت همزمان در دسترس است. این مقاله مشخص می کند چگونه این شاخص مقادیر کمی قبلی بهینه سازی سبد سرمایه را فعال می کند. (فرناندز، اورنلاس و کوسیکانکی^۲، ۲۰۱۲) پژوهشی تحت عنوان "ترکیب تعادل، باز نمونه گیری و نمایش تحلیلگر در بهینه سازی سبد سرمایه " انجام داده اند. متدولوژی پیشنهادی ترکیبی این مقاله پرتفوی های رقابتی را تولید می کند که با توجه به سه بعد ارزیابی: عملکرد مالی، تنوع و ثبات تخصیص با متدولوژی- های دیگر مقایسه می شود. با ساخت پرتفوی مالی کارآمد، با ثبات و تخصیص متنوع این متدولوژی؛ برای سرمایه گذاران بلند مدت مناسب است مثل بانک های مرکزی.

(هو، کیم و کیم^۳، ۲۰۱۲) پژوهشی تحت عنوان "برآورد مقاوم کوواریانس و کاربرد آن در بهینه سازی سبد سرمایه " انجام داده اند. این مقاله یک مقیاس کوواریانس قوی بسیار جذاب و به راحتی قابل اندازه گیری بر اساس میانه پیشنهاد می کند و آن را با برخی تخمین زنده های کوواریانس قوی در ادبیات آماری مقایسه می کند. توسط شبیه سازی مشخص شده که همه مقیاس های قوی تقریباً ثابت هستند و به داده های پرت حساس نیستند. در این مقاله اندازه کوواریانس قوی برای ساخت دو پرتفوی مشهور، پرتفوی با واریانس مینیمم و پرتفوی ریسکی بهینه، اعمال شده است. نتایج مشاهده خارج از نمونه نشانگر آن است که افزایش سرمایه بالقوه زیاد می تواند از طریق استفاده از اندازه های قوی به جای اندازه مناسب ایجاد شود.

¹ Cumming, Haß & Schweizer

² Fernandes, Ornelas, & Cusicanqui

³ Huo, Kim, & Kim

۲-۱۰-۳ خلاصه نتایج تحقیقات بیشتر

جدول ۲-۲

محقق و سال انجام تحقیق	نتایج به دست آمده
ژن ونگ ^۱ (۲۰۱۱)	الگوریتم کلونی زنبور عسل روشی موثر و کارآمد برای بهینه سازی در انتخاب پرتفوی بهینه می باشد.
چانگ و همکاران ^۲ (۲۰۰۹)	یک روش فراابتکاری را برای حل مسائل بهینه سازی سبد سهام ارائه کردند که در آن الگوریتم ژنتیک، سبدهای سهام مختلف که ریسک آنها به شیوه های متفاوتی محاسبه شده بود را به کار می گرفت.
کورا ^۳ (۲۰۰۹)	از روش PSO در مساله بهینه سازی پرتفوی مقید استفاده می کند. در پایان نتیجه می گیرد که این تکنیک در بهینه سازی پرتفوی بسیار موفق عمل می کند.
آرانا و ایبا ^۴ (۲۰۰۹)	در تحقیقی با عنوان "الگوریتم ژنتیک ممیک و کاربرد آن در بهینه سازی سبد سهام" از الگوریتم ژنتیک برای انتخاب و بهینه سازی سبد سهام بهره بردند.
لین و لیو ^۵ (۲۰۰۸)	مدل مارکویتز را با محدودیت حداقل مقدار خرید به سه طریق مدل نمودند. الگوریتم های ژنتیکی که برای حل مساله انتخاب سبد سهام پیشنهاد می شوند، به وسیله ی مدل ها فرمول بندی شدند. نتایج مطالعات نهایی نشان دادند که الگوریتم های ژنتیک برای این مدل ها می توانند نقطه نزدیک به بهینه در حداقل زمان قابل قبول را به دست آورند.

¹ Wang

² Chang et al.

³ Cura

⁴ Aranha& Iba

⁵ Lin& Liu

با استفاده از ترکیبی از روش‌های PSO و GA به انتخاب چند دوره‌ای پرتفوی با استفاده از عامل ریسک نیم‌واریانس پرداخته‌اند. آن‌ها نشان می‌دهند استفاده ترکیبی از PSO و GA از کاربرد هریک از آن‌ها به تنهایی به مراتب کارا تر است.	یان، میائو و لی ^۱ (۲۰۰۷)
در تحقیقی یک الگوریتم ژنتیک دو مرحله‌ای را برای حل مساله بهینه‌سازی سبد سهام چند منظوره به کار بردند. آن‌ها با در نظر گرفتن مدل مارکویتز به عنوان مدل ریاضی پایه نشان دادند نتایج تحقیق حاکی از اعتبار و کارایی الگوریتم مربوطه در بهینه‌سازی سبد سهام می‌باشد.	لین و ژن ^۲ (۲۰۰۷)
از الگوریتم زنبورها برای بهینه‌سازی شبکه‌های عصبی و بهینه‌سازی عددی توابع استفاده می‌کند.	بس تورک و کارابوگا ^۳ (۲۰۰۵)
از الگوی غذایابی زنبورهای عسل برای حل مساله فروشنده‌ی دوره‌گرد و متعاقبا برای مدل‌سازی و حل مسائل مرتبط با مهندسی ترافیک استفاده کردند.	لوسی و تئودوروویچ ^۴ (۲۰۰۱)
سیستم زنبور را برای بهبود کارایی الگوریتم ژنتیک پیشنهاد دادند.	ساتو و هاگیوارا ^۵ (۱۹۹۷)
با به‌دست آوردن یک الگوریتم ترکیبی از ارزش در معرض ریسک و الگوریتم کلونی مورچگان نشان داده شده است که نتایج حاصل از به‌کارگیری این الگوریتم در تمامی حالات مورد بررسی در این تحقیق نتایجی بهتر از نتایج به‌دست آمده توسط الگوریتم ژنتیک به تنهایی را به‌دست می‌آورد.	طیبی ثانی ^۱ (۱۳۹۰)

¹ Yan, Miao& Li

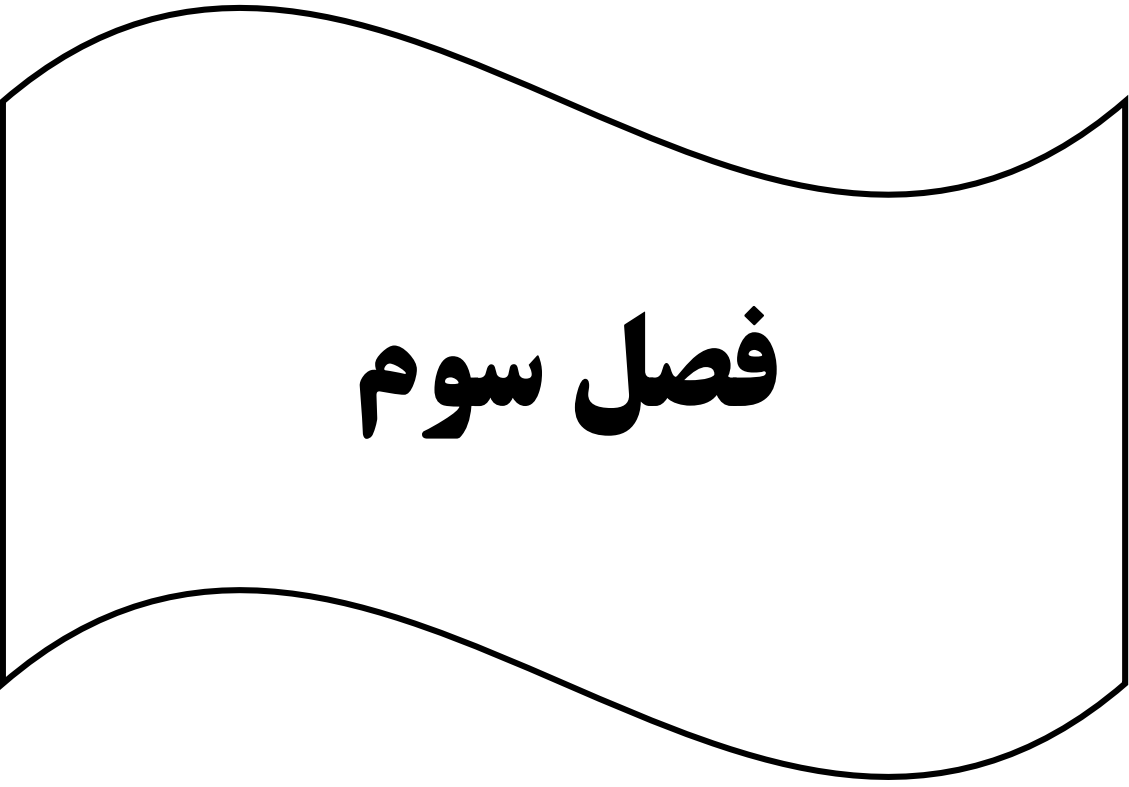
² Lin& Gen

³ Karaboga

⁴ Lucic& Teodorovic

⁵ Sato& Hagiwara

کارایی بالای الگوریتم ژنتیک در حل مساله بهینه‌سازی سبد سهام می‌باشد. این الگوریتم توانست در سطوح مختلفی از تعداد سهام در سبد و تعاریف متفاوتی از ریسک به‌طور کارایی به حل مساله اقدام نماید.	گرکز، عباسی و مقدسی (۱۳۸۹)
ترکیب الگوریتم‌های ابتکاری ژنتیک و نلدر-مید با مساله بهینه‌سازی پرتفوی به خوبی سازگاری دارد و در مقایسه با کاربرد جداگانه الگوریتم ژنتیک، ترکیب با سرعت همگرایی بهتر و ریسک بازده مناسب‌تر، عملکرد بهتری را دارد.	مولایی و طالبی (۱۳۸۹)
معیار ارزش در معرض ریسک در بازار ارز کارآمدتر از معیار واریانس است؛ اما قابلیت تعمیم این نتیجه‌گیری به بازار بورس سهام نیازمند پژوهش‌های آتی است.	رحمتی (۱۳۸۷)
نتایج به‌دست آمده نشان‌گر کارایی روش مدل‌سازی ریسک بازار بر مبنای نظریه‌ی ارزش در معرض ریسک و روش بهینه‌سازی الگوریتم‌های ژنتیک در به‌دست آوردن وزن‌های بهینه‌ی سبد سهام با در نظر گرفتن محدودیت بر روی ریسک است.	خالوزاده و امیری (۱۳۸۴)
مدل برگرفته از شبکه‌های عصبی، عملکرد بهتری نسبت به مدل مارکویتز (البته در جامعه آماری کوچک) دارد.	راعی (۱۳۷۷)



فصل سوم

روش تحقیق

۳-۱) مقدمه

برای بررسی و شناخت مشکلات مربوط به هر شاخه‌ی علمی، نیاز به روش‌های مناسب است که در عین مناسب بودن، از استانداردهای علمی روش تحقیق نیز برخوردار باشد. تا با تکیه بر این روش‌ها، بتوان نتایج حاصله از پژوهش‌ها را گسترش داد و بر مبنای این نتایج، پیشنهادات کاربردی موثر را ارائه داد. از جمله ویژگی‌های مطالعه‌ی علمی که هدفش حقیقت‌یابی است، استفاده از یک روش تحقیق مناسب می‌باشد و انتخاب روش تحقیق مناسب به هدف‌ها، ماهیت و موضوع مورد تحقیق و امکانات اجرایی بستگی دارد و هدف از تحقیق دسترسی دقیق و آسان به پاسخ پرسش‌های تحقیق است.

در این فصل چارچوب و الگوی انجام تحقیق شامل روش انتخاب شرکت‌ها برای تحقیق، گردآوری اطلاعات، محاسبه‌ی متغیرها و نیز چگونگی مقایسه‌ی دو روش تحقیق مشخص می‌گردد. ابتدا روش تحقیق مطرح شده و در ادامه به تشریح کامل پارامترهای تحقیق، متغیرها و مدل‌های مورد استفاده در تحقیق پرداخته شده و در پایان معیار ارزیابی عملکرد پرتفوی ارائه شده است.

۳-۲) روش انتخاب شرکت‌ها برای انجام تحقیق

برای انجام این تحقیق، ۴۴ شرکت از میان شرکت‌های موجود در شاخص S&P500 انتخاب شده‌اند. از آنجا که موضوع این تحقیق مقایسه‌ی دو روش با هم می‌باشد و برتری یکی از این روش‌ها بر دیگری نباید متأثر از نوع انتخاب سهام باشد؛ این ۴۴ شرکت به صورت تصادفی انتخاب شده‌اند. برای انتخاب این نمادها چند محدودیت کلی در نظر گرفته شده‌اند که باعث بالا رفتن دقت انجام تحقیق می‌شوند. این محدودیت‌ها به شرح زیر است:

۱. از ابتدای ۲۰۱۳ تا انتهای ۲۰۱۵ جزء شاخص S&P500 باشند.

۲. اطلاعات مربوط در کل دوره‌ی زمانی مورد نظر در دسترس باشد.

۳. نماد آن‌ها در طول دوره‌ی مورد بررسی بیش از ۴ ماه متوقف نباشد.

با توجه به محدودیت‌های بالا ۴۴ شرکت به صورت اتفاقی به منظور استفاده از اطلاعات آن‌ها برای انجام پژوهش انتخاب شده‌اند. فهرست نام این شرکت‌ها در پیوست آمده است.

۳-۳) دوره‌ی زمانی تحقیق

همان‌طور که قبلاً گفته شد دوره‌ی زمانی تحقیق از ابتدای سال ۲۰۱۳ تا ابتدای سال ۲۰۱۶ می‌باشد. هدف از انتخاب این بازه نزدیکی این دوره به زمان تحقیق می‌باشد. اطلاعات سهام به منظور افزایش قدرت پیش‌بینی به صورت روزانه استخراج شده است.

۳-۴) روش گردآوری اطلاعات

اطلاعات ورودی تحقیق (اطلاعات سهام انتخابی) به صورت روزانه برای مدت فوق‌الذکر با استفاده از سایت yahoo.finance.com از طریق نرم افزار MATLAB استخراج گردیده است. شیوه‌ی استخراج اطلاعات سهام در پیوست ذکر شده است.

۳-۵) سوال تحقیق

سوالی که این پژوهش درصدد پاسخگویی به آن است این سوال می‌باشد:
"آیا الگوریتم سیاهچاله در مقایسه با مدل مارکویتز، عملکرد بهتری در انتخاب سبد سهام بهینه دارد؟"

۳-۶) پیاده‌سازی الگوریتم سیاهچاله

توضیح مختصری در مورد این الگوریتم در فصل دوم ذکر شد. اما الگوریتم معرفی شده؛ در فضایی پیوسته بیان شده بود، این در حالی است که بسیاری از مسائل بهینه‌سازی دارای فضای گسسته می‌باشند. پس بایستی بتوان الگوریتم را طوری بیان کرد که قابل استفاده برای حل چنین مسائلی، در فضای گسسته باشد. می‌توان گفت مسئله‌ی اصلی تبدیل فضای پیوسته به فضای گسسته است.

فضای جستجو در چنین مسائلی یک فضای گسسته می‌باشد این بدین معناست که مؤلفه‌های هر فرد از جمعیت نمی‌تواند هر مقدار دلخواهی از اعداد حقیقی داشته باشد. مقادیر مجاز فقط محدود به اعداد طبیعی می‌باشند. به همین دلیل برای حل آنها، با یک BH گسسته سروکار داریم.

بنابراین بایستی، با توجه به مسئله‌ی مورد نظر، بردارها و عملگرها را طوری تعریف کنیم، که مناسب ساختار مسئله انتخابی ما باشد.

در مثال زیر نشان خواهیم داد که چگونه می‌توان یک فضای پیوسته را به یک فضای گسسته تبدیل کرد.

۳-۶-۱) حل مسئله فروشنده دوره گرد (TSP) با استفاده از الگوریتم سیاهچاله

صورت مسئله: در این مسئله تعدادی شهر وجود دارد که در آن فروشنده دوره‌گردی از یک شهر شروع کرده و از تمامی شهرها (هر کدام از شهرها فقط یک بار) بگذرد و به شهر اول باز گردد؛ به طوری که کمترین هزینه را صرف کند. هدف در این مسئله پیدا کردن کوتاه‌ترین مسیری است که در این شرایط صدق کند.

حل: در مسئله فروشنده دوره‌گرد، با یک گراف وزن دار G سروکار داریم، که هر کدام از شهرها به عنوان یک رأس در نظر گرفته می‌شود. هر کدام از این رئوس را با برچسبی از $1 \dots N$ برچسب‌گذاری می‌کنیم؛ که در آن N تعداد شهرها می‌باشد. در این گراف ما به دنبال دوره‌های همیلتونی هستیم؛ به طوری که آن دوره‌ها کمترین هزینه را داشته باشند. (دور همیلتونی دنباله‌ای از $N+1$ رأس گراف است، به طوری که به غیر از رأس‌های ابتدایی و انتهایی، بقیه رئوس با یکدیگر متفاوتند).

در ابتدا یک سری راه حل (ستاره) -جمعیت اولیه داریم .

هر ستاره را یک دور همیلتونی در نظر می‌گیریم.

موقعیت هر کدام از این ستاره‌ها را با یک بردار $N+1$ بعدی از رئوس موجود بر روی یک دور همیلتونی در نظر می‌گیریم:

به عنوان مثال، اگر آرایه‌ی زیر یک ستاره از جمعیت ستاره‌ها باشد:

$[1,2,3, \dots, N]$

آن گاه موقعیت آن ستاره را به صورت بردار زیر در نظر می گیریم:

$(1,2,3, \dots, N)$

تابع $fitness$ در این مساله به صورت (۱-۳) تعریف می شود:

$$f(x) = \sum_{i=1}^N W_{i,i+1} \quad (1-3)$$

به طوری که ورودی آن یک ستاره و خروجی آن وزن آن ستاره می باشد.

هدف؛ یافتن ستاره ای با کمترین وزن است.

حال باید عملگرهای جمع و تفریق و ضرب را به گونه ای تعریف کنیم که مناسب ساختار گسسته TSP

باشند تا بتوانیم معادله حرکت زیر (۲-۳) را برای حل مسئله فوق استفاده کنیم:

$$x_i(t+1) = x_i(t) + Rand * (x_{BH} - x_i(t)) \quad (2-3)$$

$$i = 1,2,3, \dots, N$$

✓ عملگر تفریق را به صورت زیر تعریف می کنیم:

اگر x_1 و x_2 دو بردار موقعیت باشند، خروجی $x_2 - x_1$ را به صورت برداری از زوج های مرتب در

نظر میگیریم، به صورت:

$$v = ((i_1, j_1), (i_2, j_2), \dots, (i_k, j_k))$$

که در آن k ، برابر است با تعداد جابجایی های لازم در بردار x_1 ، به طوری که بردار x_2 حاصل شود.

اعمال بردار v بر x_1 به این صورت است که ابتدا عناصر مؤلفه ی اول با یکدیگر جابجا می شوند و سپس

عناصر مؤلفه ی دوم و ... به همین ترتیب ادامه می دهیم تا تمام دو تایی ها اعمال شوند.

به عنوان مثال دو موقعیت زیر را در نظر بگیرید:

$$x_1 = (1,2,3,4,5,7,6,1)$$

$$x_2 = (1,6,3,7,4,5,2,1)$$

حال برای $x_2 - x_1$ خواهیم داشت:

$$v = ((2,6), (4,7), (4,5))$$

بایستی به این موضوع توجه کرد که v یکتا نیست؛ به عنوان مثال :

$((2,6), (4,7), (5,7))$ و $((2,6), (4,5), (4,7))$ نیز جواب ایده آل را خواهند داد.

حال با اعمال v بر x_1 در سه مرحله خواهیم داشت:

1. با اعمال $(2,6)$:

$(1,6,3,4,5,7,2,1)$

2. با اعمال $(4,7)$:

$(1,6,3,7,5,4,2,1)$

3. با اعمال $(4,5)$:

$(1,6,3,7,4,5,2,1)$

✓ عملگر ضرب را به این صورت تعریف می‌کنیم:

اگر $0 \leq C \leq 1$ در این صورت حاصل ضرب C در بردار v باعث می‌شود که بردار v را طوری قطع

کنیم، که حاصل برداری با طول جزء صحیح $c\|v\|$ باشد.

✓ عملگر جمع را به صورت زیر تعریف می‌کنیم:

با توجه به این که حاصل $Rand * (x_{BH} - x_i(t))$ یک بردار به صورت

$$v = ((i_1, j_1), (i_2, j_2), \dots, (i_k, j_k))$$

می‌باشد پس جمع یک بردار موقعیت با بردار v را، به صورت اعمال بردار v بر موقعیت مورد نظر تعریف

می‌کنیم. همانند آنچه در بالا توضیح دادیم.

حال پس از تعریف معادله حرکت به صورت گسسته، ادامه الگوریتم را برای آن اجرا می‌کنیم.

یعنی همان پیدا کردن راه حل بهتر و تغییر سیاهچاله قبلی به سیاهچاله جدید و بررسی افق اتفاق و ...

.

روش دیگری در الگوریتم سیاهچاله وجود دارد، که دارای تفاوت‌های اندکی با روش های قبلی می‌باشد:

• از تمامی راه حل‌ها تحت عنوان سیاهچاله یاد می‌شود.

- فقط به موقعیت سیاهچاله‌ها توجه نمی‌شود، بلکه در آن سه موضوع موقعیت و جرم و بار الکتریکی را برای تمامی سیاهچاله‌ها در نظر می‌گیرد.
- از بهترین جواب تحت عنوان بهترین سیاهچاله سراسری یاد می‌شود.
- معادله حرکت به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$x_i(t+1) = x_i(t) + random1 * f_g + random2 * f_q \quad (3-3)$$

که در آن:

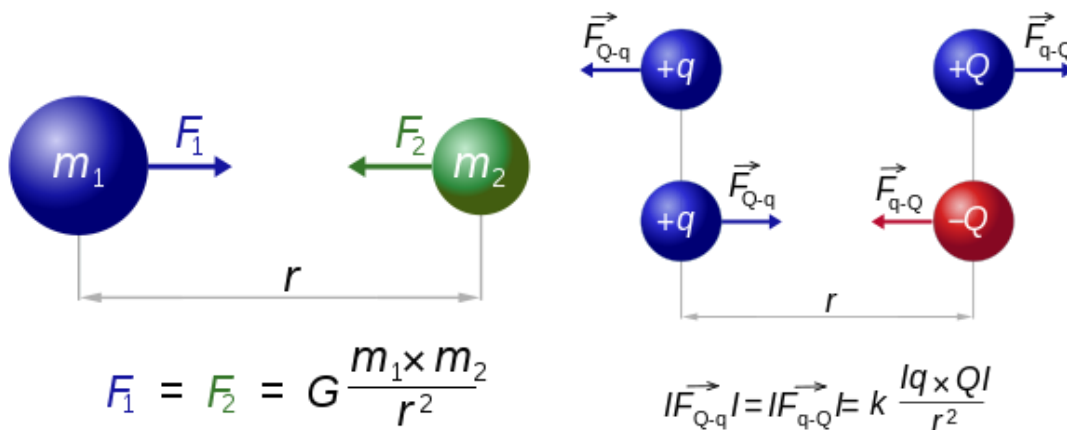
$$i = 1, 2, 3, \dots, N$$

و $random1$ و $random2$ اعدادی متعلق به بازه‌ی $[0,1]$ می‌باشند. و همچنین در آن $x_i(t)$ و $x_i(t+1)$ موقعیت i امین سیاهچاله در تکرار t ام و $t+1$ ام می‌باشد.

f_g نیروی گرانشی و f_q نیروی الکتریکی هر سیاهچاله است:

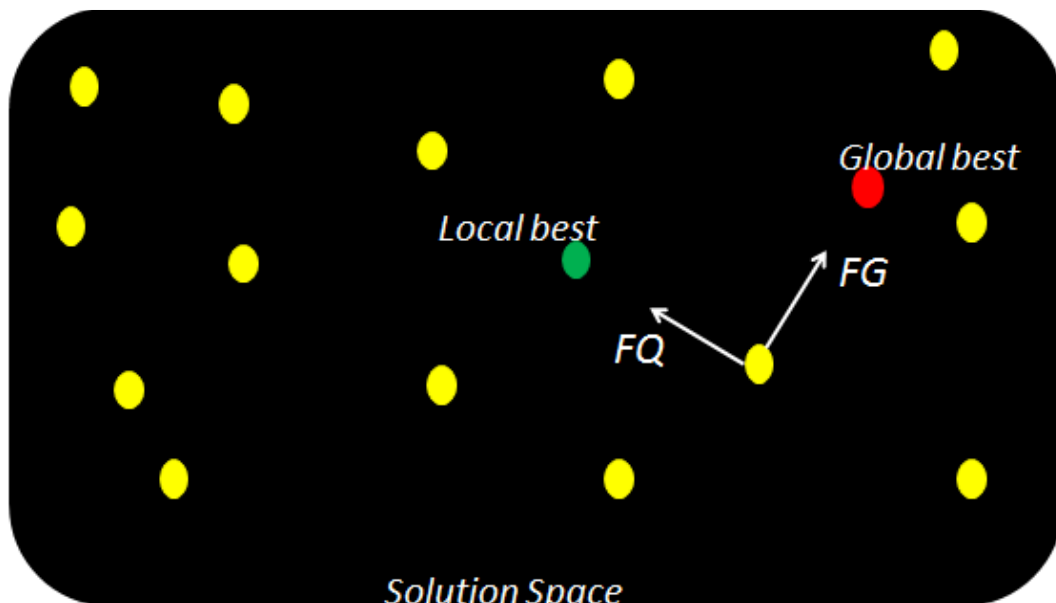
$$f_{gi} = G \frac{m_{gbest} * m_i}{r^2} \quad (3-4)$$

$$f_{qi} = K \frac{q_{lbest} * q_i}{r^2} \quad (3-5)$$



شکل ۳-۱. نیروی گرانشی و الکتریکی هر سیاهچاله

که در آن m_{gbest} جرم بهترین سیاهچاله سراسری و q_{lbest} بار الکتریکی بهترین سیاهچاله محلی می‌باشد؛ و همچنین G و K اعداد ثابت هستند.



شکل ۲-۳. فضای پاسخ

در این الگوریتم فرض شده است که هر سیاهچاله با نیروی گرانش به سمت بهترین سیاهچاله سراسری و با نیروی الکتریکی به سمت بهترین موقعیت سیاهچاله محلی جذب می شود.

مسئله دیگری که در موضوع سیاهچاله ها مطرح است، تابش هاوکینگ نام دارد، این بدین معناست که سیاهچاله ها ابدی نیستند، رفته رفته از جرم آن ها کاسته می شود و کاهش جرم تاثیر زیادی بر کاهش نیروی گرانش و نیروی الکتریکی می گذارد. از تابش هاوکینگ در این الگوریتم تحت عنوان جهش یاد شده است. در واقع ممکن است در هنگام نزدیک شدن به یک سیاهچاله که به نظر بهترین سیاهچاله محسوب می شود؛ آن سیاهچاله دچار تابش هاوکینگ شود و به عبارت دیگر آن سیاهچاله بهترین سیاهچاله سراسری نباشد؛ پس با انجام جهش به سمت سیاهچاله بهتر کشیده می شویم.

به طور کلی به دلیل توقف الگوریتم در مینیمم و ماکسیمم های محلی، به صورت تصادفی موقعیت سیاهچاله عوض می شود (فرهمندیان و حاتملو، ۲۰۱۵).

۷-۳) تعریف عملیاتی متغیرها، پارامترها و توابع هدف تحقیق

۱-۷-۳) پارامترها

پارامترهای اصلی این تحقیق ریسک و بازده مربوط به سهام شرکت‌های مختلفی است که با در نظر گرفتن تعدیلات لازم در طی دوره‌ی مورد بررسی محاسبه گردیده‌اند.

۱-۱-۷-۳) بازده

$$\text{نرخ بازده} = \frac{\text{جریان نقدی خروجی} - \text{جریان نقدی ورودی}}{\text{جریان نقدی خروجی}} \quad (۶-۳)$$

$$r_{i,t} = \frac{P_t - P_{t-1} + D_t}{P_{t-1}} (100)$$

منافع حاصل از مالکیت ممکن است به شکل‌های مختلفی به سهام‌دار پرداخت شود که عمده‌ترین آن‌ها عبارتند از:

الف) سود نقدی

ب) افزایش سرمایه از محل مطالبات و آورده نقدی

پ) افزایش سرمایه از محل اندوخته (سهام جایزه)

ت) تجزیه‌ی سهام

ث) تجمیع سهام

برای الف از رابطه‌ی بالا استفاده می‌شود. برای ب و پ:

$$r_{i,t} = \frac{D_t + P_t(1 + \alpha + \beta) - (P_{t-1} + c\alpha)}{P_{t-1} + c\alpha} (100) \quad (۷-۳)$$

α : درصد افزایش سرمایه از محل مطالبات و آورده‌ی نقدی

β : درصد افزایش سرمایه از محل اندوخته

c: مبلغ اسمی پرداخت شده توسط سرمایه‌گذار بابت افزایش سرمایه از محل آورده‌ی نقدی (مطالبات)

(راعی، ۱۳۸۹).

۳-۷-۲) ریسک

الف- واریانس: از نظر آماری، واریانس، پراکندگی بازده یک سهم حول مقدار مورد انتظار آن را مشخص می‌کند. هر چه پراکندگی بازده بیشتر باشد، ریسک، واریانس و انحراف معیار آن بزرگتر است. بنابراین واریانس یک معیار منطقی و سازگار برای اندازه‌گیری ریسک یک سهم توسط سرمایه‌گذار است.

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (r_i - \hat{r})^2}{n} \quad (۸-۳)$$

ب- بتا: عبارت است از معیار اندازه‌گیری ریسک سیستماتیک یک اوراق بهادار (که به عنوان قسمتی از ریسک کل نمی‌توان آن را از طریق ایجاد تنوع کاهش داد یا از بین برد. بتا، معیار نسبی ریسک یک سهام با توجه به پرتفولیوی بازار تمامی سهام هاست. اگر بازده اوراق بهادار در نتیجه‌ی تغییرات بازار بیشتر (یا کمتر) از بازده بازار باشد، پراکندگی بازده آن اوراق بهادار بیشتر (یا کمتر) از بازده سایر اوراق بهادار موجود در بازار خواهد بود (مدرس و عبداله‌زاده، ۱۳۸۷).

- بتای سنتی: بتا معیاری از تغییرپذیری یا ریسک سیستماتیک یک دارایی و یا یک سبد سرمایه‌گذاری در مقایسه با بازار است که با استفاده از تکنیک تجزیه و تحلیل رگرسیون به صورت زیر مورد محاسبه قرار می‌گیرد.

$$\beta_{im} = \frac{cov(R_i, R_m)}{VAR(R_m)} = \frac{E[(R_i - \mu_i) \cdot (R_m - \mu_m)]}{E(R_m - \mu_m)^2} \quad (۹-۳)$$

R_i : نرخ بازده سهم i ام در زمان t

μ_i : میانگین نرخ بازده سهام i ام

R_m : نرخ بازده بازار در زمان t

μ_m : میانگین نرخ بازده بازار

در این تحقیق برای سنجش بتای بهینه از بتای بازار که برابر یک می‌باشد استفاده شده است.

۳-۷-۲) متغیرها

این تحقیق دارای یک متغیر کلی به شرح زیر است:

۱. متغیر میزان سرمایه‌گذاری در شرکت زام.

۳-۸) معیارهای ارزیابی عملکرد پرتفوی

ارزیابی عملکرد تعدیل شده بر حسب ریسک، عموماً بر مبنای دو نگرش یعنی استفاده از ریسک بازار یا ریسک کل به عنوان معیار ریسک سرمایه‌گذاری است.

بعد از این که بازده پرتفوی در طول یک فاصله‌ی زمانی اندازه‌گیری شد، قدم بعدی، تعیین مطلوب یا نامطلوب بودن عملکرد است. این مرحله، مستلزم تخمین سطح ریسک پرتفوی در طی فاصله‌ی زمانی مورد نظر قابل بررسی است (شارپ، بیلی و الکسندر^۱، ۱۹۹۹).

۳-۸-۱) دلیل انتخاب معیار شارپ برای مقایسه‌ی عملکرد پرتفوی‌ها

همانگونه که از تعریف این معیار بر می‌آید (رجوع کنید به بخش ۲-۷-۳-۱ در فصل دوم)، معیار شارپ، ریسک کل سبد را در نظر می‌گیرد. از آنجا که ریسک غیرسیستماتیک در سبد، تنها در صورتی به طور کامل حذف می‌شود که سبد دارای تنوع خوبی باشد و در عمل، با توجه به نوع انتخاب سهام در این پژوهش، ممکن است ریسک به طور کامل حذف نشده باشد، بنابراین، بهترین معیار ارزیابی عملکرد سبدها، معیار شارپ است که هر دو نوع ریسک سیستماتیک و غیرسیستماتیک را در نظر می‌گیرد.

۳-۸-۱-۱) شیوه‌ی به کارگیری معیار شارپ در این پژوهش

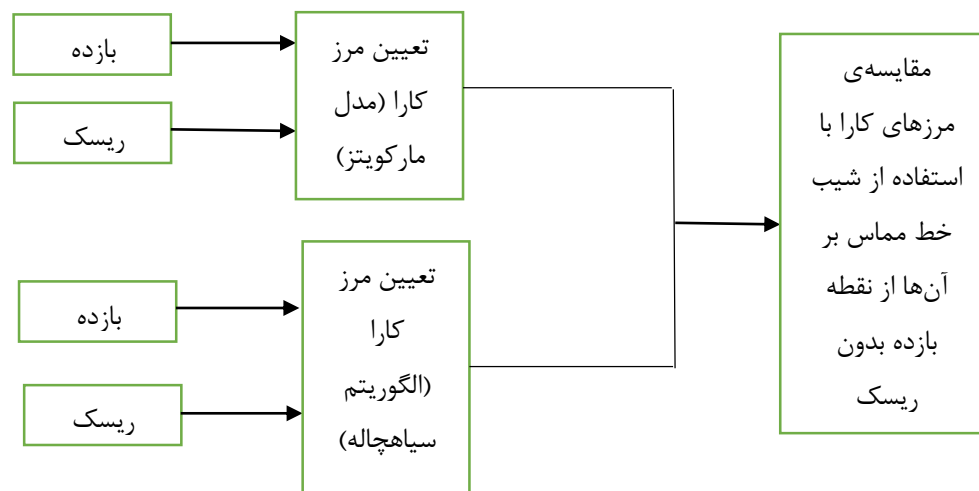
با استفاده از برنامه‌های نوشته شده در محیط نرم‌افزار متلب که در پیوست آمده‌اند؛ دو مرز به دست می‌آید که یکی مرز کارای مدل مارکویتز می‌باشد و دیگری مرزی است که در نتیجه به کارگیری الگوریتم سیاهچاله به دست آمده است. به منظور مقایسه‌ی این دو مرز توسط معیار شارپ ابتدا نرخ بازده بدون ریسک در بورس اوراق بهادار Dow Jones که برابر با نرخ اوراق خزانه‌ی^۲ دولتی آمریکا

^۱ Sharps, Bailey & Alexander

^۲ Treasury Bills

می‌باشد، برای سال ۲۰۱۳ تا ۲۰۱۶ محاسبه شده است و سپس از این نرخ که یک نقطه روی محور عمودی نمودار بازده-ریسک می‌باشد مماسی بر مرزهای به دست آمده از دو روش رسم می‌شود، شیب این دو خط مماس محاسبه می‌شود و از مقایسه‌ی این دو عدد می‌توان نتیجه‌گیری نمود که کدام یک از روش‌های مارکویتز یا سیاهچاله برای بهینه‌سازی سبد سهام بهتر عمل کرده است.

۳-۹) مراحل اجرای کار



شکل ۳-۳. مدل مفهومی تحقیق

۳-۱۰) جمع‌بندی

در فصل سوم که روش تحقیق است، به بررسی روش شارپ برای مقایسه‌ی عملکرد مدل مارکویتز و الگوریتم سیاهچاله پرداخته شد.

در ابتدا شیوه‌ی انتخاب ۴۴ شرکت معرفی شد. سپس در مورد دوره‌ی زمانی تحقیق، روش گردآوری اطلاعات و سوال تحقیق به بیان مطالبی پرداختیم.

در راستای موضوع تحقیق الگوریتم سیاهچاله پیاده‌سازی شد. در نهایت در پایان فصل مدل مفهومی تحقیق را ارائه نمودیم.



فصل چهارم

تجزیه و تحلیل اطلاعات و

یافته‌های تحقیق

۴-۱) مقدمه

چنانچه که می‌دانیم، تحقیق علمی فرایند نظام‌مندی است که در آن محقق در پی پاسخ دادن به مساله‌ی تحقیق می‌باشد. لازمه‌ی پاسخ‌گویی به مساله‌ی تحقیق، نتیجه‌گیری و تعبیر و تفسیر داده‌های حاصل از ابزار اندازه‌گیری می‌باشد. لذا این فصل به بررسی داده‌های حاصل از اجرای این تحقیق پرداخته‌است. برای این منظور ابتدا داده‌های مورد نیاز شامل بازده و ریسک مورد محاسبه قرار می‌گیرد. همانطور که قبلاً گفته شد داده‌های خام از پایگاه اینترنتی finance.yahoo.com و از طریق نرم‌افزار MATLAB جمع‌آوری شده است (شیوه‌ی دسترسی به اطلاعات تاریخی سهام از این طریق در پیوست ذکر شده است). برای پاسخ‌گویی به سوال تحقیق همانطور که در فصل قبل ذکر شد، مرز کارای حاصل از دو مدل مارکویتز و سیاهچاله از طریق معیار شارپ با هم مقایسه می‌شوند. در این فرایند نیز از نرم‌افزار MATLAB استفاده شده است.

۴-۲) سهام مورد بررسی در تحقیق

همانطور که در فصول گذشته توضیح داده شد، ۴۴ شرکت از شاخص S&P500 برای انجام پژوهش انتخاب شده‌اند. در جدول زیر نام این شرکت‌ها، نماد و صنعت هرکدام آمده است.

جدول ۴-۱. نام، نماد و صنعت شرکت‌های منتخب

صنعت	نام شرکت	نماد
Industrials	3M Company	MMM
Health Care	Abbott Laboratories	ABT
Consumer Discretionary	Abercrombie & Fitch Co	ANF
Information Technology	Advanced Micro Devices	AMD
Financials	AFLAC Inc.	AFL
Energy	Baker Hughes	BHI
Bank of New York Mellon Corp.	Bank of New York Mellon Corp.	BK
Consumer Staples	Campbell Soup	CPB
Telecommunications Services	CenturyTel Inc	CTL
Financials	Cincinnati Financial	CINF
Consumer Staples	Coca Cola Co.	KO
Energy	Devon Energy Corp.	DVN
Utilities	DTE Energy Co.	DTE
Utilities	Edison Int'l	EIX
Consumer Discretionary	Ford Motor	F
Industrials	Illinois Tool Works	ITW
Financials	Invesco Ltd.	IVZ
Financials	JPMorgan Chase & Co.	JPM

Industrials	L-3 Communications Holdings	LLL
Consumer Discretionary	Lennar Corp.	LEN
Energy	Marathon Oil Corp.	MRO
Consumer Discretionary	McDonald's Corp.	MCD
Materials	Nucor Corp.	NUE
Consumer Staples	PepsiCo Inc.	PEP
Consumer Staples	Philip Morris International	PM
Industrials	Pitney-Bowes	PBI
Financials	PNC Financial Services	PNC
Materials	Praxair Inc.	PX
Health Care	Quest Diagnostics	DGX
Industrials	Raytheon Co.	RTN
Industrials	Stericycle Inc	SRCL
Consumer Staples	Sysco Corp.	SY
Energy	Tesoro Petroleum Co.	TSO
Financials	U.S. Bancorp	USB
Consumer Staples	Wal-Mart Stores	WMT
Consumer Discretionary	Walt Disney Co.	DIS
Health Care	Waters Corporation	WAT
Telecommunications Services	Windstream Corporation	WIN

Information Technology	International Bus. Machines	IBM
Information Technology	Google Inc.	GOOGL
Information Technology	Microsoft Corp.	MSFT
Information Technology	Apple Inc.	AAPL
Information Technology	Yahoo Inc.	YHOO
Consumer Discretionary	Amazon Corp.	AMZN

۴-۳) جمع‌آوری و طبقه‌بندی داده‌ها

داده‌های مورد نیاز شامل بازده و ریسک طی دوره‌ی ۳ ساله می‌باشند. داده‌های خام با مراجعه به بانک اطلاعاتی سایت یاهو و از طریق نرم‌افزار MATLAB استخراج، و سپس با استفاده از همین نرم‌افزار دسته‌بندی شده‌اند.

۴-۴) بررسی مدل مارکویتز

۴-۴-۱) پیاده‌سازی مدل مارکویتز

توضیحات مفصل در مورد نحوه‌ی عملکرد این مدل در فصل سوم ارائه شد. نحوه‌ی پیاده‌سازی آن در فضای نرم‌افزار MATLAB در پیوست آمده است.

۴-۴-۲) جداول مدل مارکویتز

جدول وزن سهم‌های پرتفوها به علت حجم زیاد به صورت خلاصه در زیر آمده است (۱۰ سبد از ۱۰۰ سبد انتخاب شده‌اند).

جدول ۴-۲. وزن هر سهم در ۱۰ پرتفوی مدل مارکویتز

نام سهم	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
MMM	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
ABT	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
ANF	۰,۰۰۶۷	۰,۰۳۴۶	۰,۰۵۳۷	۰,۰۸۱۱	۰,۱۰۵۱	۰,۰۸۸۸	.	.	.	.
AMD	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
AFL	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
BHI	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
BK	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
CPB	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
CTL	.	۰,۰۷۰۹	۰,۱۳۷۲	۰,۲۰۴۲	۰,۲۴۱۱	۰,۱۲۰۳	.	.	.	.
CINF	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
KO	۰,۰۹۷۱	۰,۰۷۳۴	.	.	.	.	.	.	.	.
DVN	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
DTE	۰,۰۲۶۰	.	.	.	.	.	.	.	.	.
EIX	۰,۰۸۹۶	۰,۰۴۷۶	.	.	.	.	.	.	.	.
F	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
ITW	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
IVZ	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
JPM	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
LLL	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
LEN	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
MRO	.	۰,۰۴۵۷	۰,۱۲۸۳	۰,۲۶۰۲	۰,۴۲۷۰	۰,۶۶۳۷	۰,۷۴۳۱	۰,۴۹۵۴	۰,۲۴۷۷	.

.	.	.	.	.	.	.	.	.	.,1518	MCD
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	NUE
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.,0826	PEP
.	.	.	.	.	.	.	.	.,0509	.,0245	PM
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	PBI
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	PNC
.	.	.	.	.	.	.	.,1223	.,1985	.,01211	PX
.	.	.	.	.	.	.	.	.,0063	.,0697	DGX
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	RTN
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.,0617	SRCL
.	.	.	.	.	.	.	.	.,0125	.,0988	SYN
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	TSO
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.,0162	USB
.	.	.	.	.	.	.,1589	.,2962	.,2630	.,1148	WMT
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	DIS
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	WAT
.	.	.	.	.	.	.	.,0055	.,0110	.,0145	WIN
.	.	.	.	.	.,1488	.,2484	.,2317	.,1724	.,0341	IBM
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	GOOGL
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	MSFT
1	.,7523	.,5046	.,2569	.,1272	.,0780	.,0471	.,0251	.,0131	.,0006	AAPL
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	YHOO
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	AMZN

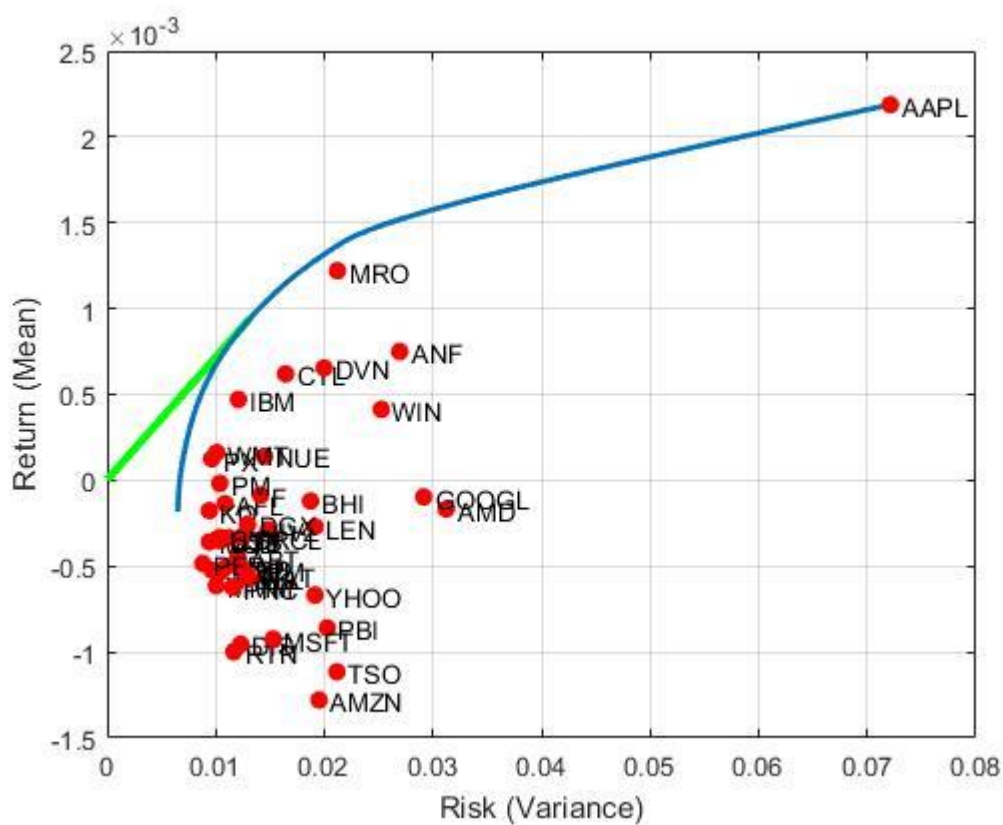
جدول ۳-۴. بازده و ریسک پرتفویهای مدل مارکویتز

پرتفو	بازده	ریسک	پرتفو	بازده	ریسک
۱	-۰,۰۰۰۱۸۳	۰,۰۰۶۵۳۶	۵۱	۰,۰۰۱۰۱۴	۰,۰۱۳۸۴۴
۲	-۰,۰۰۰۱۵۹	۰,۰۰۶۵۳۷	۵۲	۰,۰۰۱۰۳۸	۰,۰۱۴۲۱۰
۳	-۰,۰۰۰۱۳۵	۰,۰۰۶۵۴۴	۵۳	۰,۰۰۱۰۶۲	۰,۰۱۴۵۸۸
۴	-۰,۰۰۰۱۱۱	۰,۰۰۶۵۵۷	۵۴	۰,۰۰۱۰۸۶	۰,۰۱۵۳۷۶
۵	-۰,۰۰۰۰۸۷	۰,۰۰۶۵۷۵	۵۵	۰,۰۰۱۱۱۰	۰,۰۱۵۷۸۴
۶	-۰,۰۰۰۰۶۳	۰,۰۰۶۵۹۹	۵۶	۰,۰۰۱۱۳۴	۰,۰۱۶۲۰۱
۷	-۰,۰۰۰۰۳۹	۰,۰۰۶۶۲۹	۵۷	۰,۰۰۱۱۵۸	۰,۰۱۶۶۳۹
۸	-۰,۰۰۰۰۱۵	۰,۰۰۶۶۶۴	۵۸	۰,۰۰۱۱۸۲	۰,۰۱۷۰۹۸
۹	۰,۰۰۰۰۸۵	۰,۰۰۶۷۰۵	۵۹	۰,۰۰۱۲۰۶	۰,۰۱۷۵۷۵
۱۰	۰,۰۰۰۰۳۲	۰,۰۰۶۷۵۲	۶۰	۰,۰۰۱۲۳۰	۰,۰۱۸۰۷۰
۱۱	۰,۰۰۰۰۵۶	۰,۰۰۶۸۰۶	۶۱	۰,۰۰۱۲۵۴	۰,۰۱۸۵۸۱
۱۲	۰,۰۰۰۰۸۰	۰,۰۰۶۸۶۴	۶۲	۰,۰۰۱۲۷۸	۰,۰۱۹۱۰۸
۱۳	۰,۰۰۰۱۰۴	۰,۰۰۶۹۲۷	۶۳	۰,۰۰۱۳۰۲	۰,۰۱۹۶۴۷
۱۴	۰,۰۰۰۱۲۸	۰,۰۰۶۹۹۵	۶۴	۰,۰۰۱۳۲۶	۰,۰۲۰۲۰۰
۱۵	۰,۰۰۰۱۵۲	۰,۰۰۷۰۶۷	۶۵	۰,۰۰۱۳۵۰	۰,۰۲۰۷۶۵
۱۶	۰,۰۰۰۱۷۶	۰,۰۰۷۱۴۳	۶۶	۰,۰۰۱۳۷۳	۰,۰۲۱۳۶۸
۱۷	۰,۰۰۰۲۰۰	۰,۰۰۷۲۲۳	۶۷	۰,۰۰۱۳۹۷	۰,۰۲۲۰۱۲
۱۸	۰,۰۰۰۲۲۴	۰,۰۰۷۳۰۸	۶۸	۰,۰۰۱۴۲۱	۰,۰۲۲۷۵۷
۱۹	۰,۰۰۰۲۴۸	۰,۰۰۷۳۹۶	۶۹	۰,۰۰۱۴۴۵	۰,۰۲۳۶۲۴
۲۰	۰,۰۰۰۲۷۲	۰,۰۰۷۴۸۹	۷۰	۰,۰۰۱۴۶۹	۰,۰۲۴۵۹۹
۲۱	۰,۰۰۰۲۹۶	۰,۰۰۷۵۸۷	۷۱	۰,۰۰۱۴۹۳	۰,۰۲۵۶۷۱
۲۲	۰,۰۰۰۳۲۰	۰,۰۰۷۶۹۰	۷۲	۰,۰۰۱۵۱۷	۰,۰۲۶۸۲۸

•,•٢٨•٩•	•,•١٥٤١	٧٣	•,•٧٧٩٩	•,•••٣٤٤	٢٣
•,•٢٩٣٥٧	•,•١٥٤٥	٧٤	•,•٧٩١٤	•,•••٣٤٨	٢٤
•,•٣•٧١•	•,•١٥٨٩	٧٥	•,•٨•٣٤	•,•••٣٩٢	٢٥
•,•٣٢١١٣	•,•١٤١٣	٧٦	•,•٨١٤•	•,•••٤١٤	٢٦
•,•٣٣٥٩•	•,•١٤٣٧	٧٧	•,•٨٢٩	•,•••٤٣٩	٢٧
•,•٣٥•٤٤	•,•١٤٤١	٧٨	•,•٨٤٣٢	•,•••٤٤٣	٢٨
•,•٣٤٥٩٢	•,•١٤٨٥	٧٩	•,•٨٥٧٩	•,•••٤٨٧	٢٩
•,•٣٨١•٩	•,•١٧•٩	٨•	•,•٨٧٣٤	•,•••٥١١	٣•
•,•٣٩٤٨٢	•,•١٧٣٣	٨١	•,•٨٩•١	•,•••٥٣٥	٣١
•,•٤١٢٧٩	•,•١٧٥٧	٨٢	•,•٩•٧٤	•,•••٥٥٩	٣٢
•,•٤٢٨٩٤	•,•١٧٨١	٨٣	•,•٩٢٥٩	•,•••٥٨٣	٣٣
•,•٤٤٥٣١	•,•١٨•٥	٨٤	•,•٩٤٥•	•,•••٥•٧	٣٤
•,•٤٤١٨٢	•,•١٨٢٨	٨٥	•,•٩٤٤٨	•,•••٥٣١	٣٥
•,•٤٧٨٤٨	•,•١٨٥٢	٨٤	•,•٩٨٥٥	•,•••٥٥٥	٣٤
•,•٤٩٥٣٧	•,•١٨٧٤	٨٧	•,•١••٧٤	•,•••٥٧٩	٣٧
•,•٥١٢١٨	•,•١٩••	٨٨	•,•١•٣•٤	•,•••٧•٣	٣٨
•,•٥٢٩١٩	•,•١٩٢٤	٨٩	•,•١•٥٤٩	•,•••٧٢٧	٣٩
•,•٥٤٤٣•	•,•١٩٤٨	٩•	•,•١•٨•٤	•,•••٧٥١	٤•
•,•٥٤٣٥•	•,•١٩٧٢	٩١	•,•١١•٤٨	•,•••٧٧٥	٤١
•,•٥٨•٧٨	•,•١٩٩٤	٩٢	•,•١١٣٤١	•,•••٧٩٩	٤٢
•,•٥٩٨١٤	•,•٢•٢•	٩٣	•,•١١٤٢٣	•,•••٨٢٣	٤٣
•,•٤١٥٥٤	•,•٢•٤٤	٩٤	•,•١١٩١٤	•,•••٨٤٧	٤٤
•,•٤٣٣•٤	•,•٢•٤٨	٩٥	•,•١٢٢١١	•,•••٨٧١	٤٥

۰,۰۶۵۰۵۸	۰,۰۰۲۰۹۲	۹۶	۰,۰۱۲۵۱۶	۰,۰۰۰۸۹۵	۴۶
۰,۰۶۶۸۱۷	۰,۰۰۲۱۱۶	۹۷	۰,۰۱۲۸۲۸	۰,۰۰۰۹۱۸	۴۷
۰,۰۶۸۵۸۱	۰,۰۰۲۱۴۰	۹۸	۰,۰۱۳۱۵۲	۰,۰۰۰۹۴۲	۴۸
۰,۰۷۰۳۴۹	۰,۰۰۲۱۶۴	۹۹	۰,۰۱۳۴۹۱	۰,۰۰۰۹۶۶	۴۹
۰,۰۷۲۱۲۲	۰,۰۰۲۱۸۸	۱۰۰	۰,۰۱۳۸۴۴	۰,۰۰۰۹۹۰	۵۰

۳-۴-۴ نمودار مدل مارکویتز



شکل ۴-۱. مرز کارای مدل مارکویتز

نمودار فوق مرز کارای به دست آمده از مدل مارکویتز است که شیوهی به دست آمدن آن در پیوست ذکر شده است. محور افقی ریسک و محور عمودی بازده را نشان می‌دهند. همانطور که مشاهده می‌شود بین ریسک و بازده رابطه‌ی مستقیم وجود دارد و به ازای ریسک بیشتر بازده بیشتر و برعکس به دست می‌آید.

۴-۵) الگوریتم سیاهچاله

۴-۵-۱) پیاده‌سازی الگوریتم سیاهچاله

توضیحات مفصل در مورد نحوه‌ی عملکرد این الگوریتم در فصل سوم ارائه شد. نحوه‌ی پیاده‌سازی این الگوریتم در فضای نرم‌افزار MATLAB در پیوست آمده است.

۴-۵-۲) جداول الگوریتم سیاهچاله

جدول ۴-۴. وزن هر سهم در ۱۰ پرتفوی الگوریتم سیاهچاله

نام سهم	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
MMM	۰,۲۴۰۳	۰,۲۰۴	۰,۳۴۵	۰,۲۶۰	۰,۱۲۹	۰,۲۴۴	۰,۲۵۸	۰,۲۰۰	۰,۳۱۶	۰,۰۷۸
ABT	۰,۱۲۰	۰,۲۱۹	۰,۱۹۸	۰,۰۷۱	۰,۰۹۸	۰,۱۲۸	۰,۰۵۵	۰,۰۸۴	۰,۱۵۷	۰,۱۸۷
ANF	۰,۰۶۸	۰,۰۸۱	۰,۰۶۱	۰,۱۲۵	۰,۴۵۹	۰,۲۶۸	۰,۳۴۶	۰,۱۴۷	۰,۲۳۷	۰,۳۷۱
AMD	۰,۲۵۷	۰,۲۶۶	۰,۰۱۸	۰,۱۴۴	۰,۲۰۳	۰,۰۸۱	۰,۱۵۹	۰,۱۷۷	۰,۰۴۵	۰,۰۹۷
AFL	۰,۰۶۸	۰,۱۲۶	۰,۳۹۴	۰,۳۷۶	۰,۱۸۲	۰,۱۹۴	۰,۳۲۸	۰,۲۱۵	۰,۲۶۱	۰,۴۴۲
BHI	۰,۱۳۳	۰,۲۱۱	۰,۲۷۶	۰,۰۹۲	۰,۲۱۵	۰,۰۵۳	۰,۱۰۶	۰,۱۶۸	۰,۱۸۹	۰,۲۷۷
BK	۰,۲۴۰	۰,۲۰۵	۰,۳۳۱	۰,۱۵۹	۰,۱۱۴	۰,۲۰۷	۰,۱۹۸	۰,۱۰۴	۰,۲۸۲	۰,۰۷۲
CPB	۰,۲۰۰	۰,۲۸۳	۰,۱۹۲	۰,۱۷۰	۰,۲۰۲	۰,۲۳۴	۰,۱۷۵	۰,۲۲۴	۰,۱۹۵	۰,۴۳۶
CTL	۰,۱۷۵	۰,۲۹۱	۰,۰۹۹	۰,۱۱۹	۰,۳۴۲	۰,۳۷۶	۰,۳۲۴	۰,۳۲۶	۰,۳۹۴	۰,۴۴۰
CINF	۰,۴۲۶	۰,۳۲۰	۰,۳۸۹	۰,۳۵۳	۰,۳۰۹	۰,۳۷۷	۰,۲۷۲	۰,۱۵۷	۰,۳۳۳	۰,۳۳۰
KO	۰,۲۴۸	۰,۲۵۴	۰,۴۶۶	۰,۳۲۲	۰,۳۹۱	۰,۳۱۱	۰,۲۱۱	۰,۲۱۴	۰,۲۵۵	۰,۴۲۳
DVN	۰,۰۵۱	۰,۰۱۶	۰,۱۱۵	۰,۱۱۱	۰,۴۰۹	۰,۱۵۰	۰,۱۵۸	۰,۴۰۱	۰,۲۲۰	۰,۰۴۸
DTE	۰,۳۲۷	۰,۳۸۵	۰,۰۱۶	۰,۴۰۸	۰,۱۷۱	۰,۴۰۹	۰,۳۱۳	۰,۳۷۹	۰,۲۶۱	۰,۴۲۱
EIX	۰,۲۴۸	۰,۱۲۴	۰,۳۶۲	۰,۴۱۵	۰,۱۴۲	۰,۱۹۲	۰,۱۹۲	۰,۴۱۳	۰,۳۷۲	۰,۲۱۳
F	۰,۳۵۳	۰,۲۲۶	۰,۳۰۶	۰,۰۸۱	۰,۲۰۹	۰,۲۴۵	۰,۱۹۹	۰,۳۵۵	۰,۲۱۵	۰,۲۵۹

٠,٠١٥١	٠,٠٠٧٣	٠,٠٢١٩	٠,٠٣٣٢	٠,٠٠٤٧	٠,٠٢٤٤	٠,٠٣٠٢	٠,٠٠٦٠	٠,٠٤٣٦	٠,٠١٦٦	ITW
٠,٠٠٧٥	٠,٠١٨٧	٠,٠١١٦	٠,٠٢٢٣	٠,٠٠٦٧	٠,٠١٠٧	٠,٠١٤٣	٠,٠١٣٠	٠,٠٢٣٢	٠,٠٣٠٣	IVZ
٠,٠٠٤٢	٠,٠٣٠٧	٠,٠١٦٢	٠,٠٢٥٥	٠,٠٠٥٣	٠,٠١٥٥	٠,٠١٣٣	٠,٠١١٣	٠,٠٣٢٩	٠,٠٣٢٠	JPM
٠,٠٤١٥	٠,٠٢٥٨	٠,٠٢٠٩	٠,٠٢٢٣	٠,٠٢٨٦	٠,٠١٧٧	٠,٠٢٢٧	٠,٠٣٧٠	٠,٠٤٢٤	٠,٠٢٨٤	LLL
٠,٠٠٨٢	٠,٠٢٠١	٠,٠١٢٣	٠,٠٠٨٨	٠,٠٢١٧	٠,٠١٣٨	٠,٠٠٥٨	٠,٠٢٨٩	٠,٠١٥٣	٠,٠٢٦٠	LEN
٠,٠٤٠٦	٠,٠٢٨٠	٠,٠٤١٢	٠,٠٢٢٦	٠,٠٤٢٣	٠,٠٤٤٦	٠,٠٠٨٩	٠,٠٠١٠	٠,٠٠٧٨	٠,٠٠٢٠	MRO
٠,٠٣٩٩	٠,٠١٠٢	٠,٠١٦٧	٠,٠٠٨٣	٠,٠٣٧١	٠,٠١٤٤	٠,٠٢٦٧	٠,٠١٠٣	٠,٠٣٣٩	٠,٠١٨٤	MCD
٠,٠٢٠١	٠,٠٣٦٨	٠,٠٢٤٧	٠,٠٣٠٨	٠,٠٤٠٦	٠,٠٢٩٥	٠,٠١٢٤	٠,٠٠٤٣	٠,٠٠١١	٠,٠١٠٧	NUE
٠,٠٤٣٥	٠,٠٠٨٠	٠,٠١٣٠	٠,٠١٦٥	٠,٠٧٢٤	٠,٠٣٧٩	٠,٠٢٢٥	٠,٠٠١٦	٠,٠١٢٣	٠,٠٢٠٧	PEP
٠,٠١٤٤	٠,٠٢٠٨	٠,٠٤٠٤	٠,٠١٩٩	٠,٠٠٩٦	٠,٠٢٤٨	٠,٠٤١٦	٠,٠١٥١	٠,٠٣٢١	٠,٠٤١٩	PM
٠,٠٠٨٤	٠,٠٠٥٩	٠,٠١٢١	٠,٠١٦٢	٠,٠٢٣٠	٠,٠١٠٦	٠,٠٠٩٣	٠,٠٣٦٦	٠,٠٣٠١	٠,٠٢١٧	PBI
٠,٠٠٥١	٠,٠١٣٣	٠,٠٣٩٣	٠,٠٣٢٦	٠,٠٠٩٠	٠,٠٢٠٢	٠,٠٢٦٧	٠,٠٤٣٦	٠,٠٣٦٥	٠,٠٣٧٥	PNC
٠,٠٢٤٢	٠,٠٣٢٢	٠,٠٣٨٨	٠,٠٢٦٥	٠,٠٤٠٧	٠,٠٢٧٩	٠,٠٠٩٦	٠,٠٢٤٩	٠,٠١٢٠	٠,٠٢١٤	PX
٠,٠٤٤٦	٠,٠٢٥٣	٠,٠١٨٦	٠,٠٣٤٩	٠,٠٣٨٩	٠,٠١٩٣	٠,٠٣٥٣	٠,٠٤٣١	٠,٠٠٤٥	٠,٠١٩٦	DGX
٠,٠٠٥٤	٠,٠٢٠٨	٠,٠١١٩	٠,٠٠٧١	٠,٠٣٣٤	٠,٠٠٩٦	٠,٠٢٣٨	٠,٠٤٠٩	٠,٠٣٥٧	٠,٠٤٦٤	RTN
٠,٠٠٧٧	٠,٠٢٢٦	٠,٠٣٩٠	٠,٠٣٣٣	٠,٠٢٨٨	٠,٠٢٢٠	٠,٠٢٩٠	٠,٠٤٣٥	٠,٠٣١٠	٠,٠١٣٤	SRCL
٠,٠٢٥١	٠,٠٣٣٣	٠,٠١٨٧	٠,٠٢٩٩	٠,٠٢٣٥	٠,٠٢٧٥	٠,٠١٧٧	٠,٠٤٦٥	٠,٠١٠٥	٠,٠٣٥٤	SYI
٠,٠٢١٣	٠,٠١١١	٠,٠٠٧١	٠,٠١١٠	٠,٠٠١٧	٠,٠٠٤٤	٠,٠٠٨٤	٠,٠١٦٦	٠,٠٤٠٧	٠,٠٢٩٧	TSO
٠,٠٠٩٩	٠,٠٢٧٥	٠,٠١٢١	٠,٠٢٧٦	٠,٠٢٤٥	٠,٠١٨٥	٠,٠٢٢١	٠,٠٣٤٤	٠,٠٢٠٧	٠,٠٠٩٩	USB
٠,٠٣٨٤	٠,٠٤٢٩	٠,٠٣٧٨	٠,٠٣٣٠	٠,٠٢٣٩	٠,٠٣٧٥	٠,٠٤٤٢	٠,٠٠١٠	٠,٠٢١٠	٠,٠٠٦٨	WMT
٠,٠٠٩٦	٠,٠١٢٧	٠,٠١٥٣	٠,٠٩١٩	٠,٠٠٩٤	٠,٠١٦٢	٠,٠٤٣٢	٠,٠١٩١	٠,٠٢٦٩	٠,٠١٤٣	DIS
٠,٠٢٨٢	٠,٠١٩٤	٠,٠٣١١	٠,٠١٤٨	٠,٠١٤٨	٠,٠١٠١	٠,٠١٧٦	٠,٠٣٤٤	٠,٠٢١٧	٠,٠٣٥٨	WAT
٠,٠٣٩٦	٠,٠٢٢٣	٠,٠١٧٢	٠,٠٤٠٠	٠,٠٤١٩	٠,٠٣٥٨	٠,٠٢٢٥	٠,٠٠٧٤	٠,٠١٢٣	٠,٠١٥٧	WIN

۰,۰۱۱۶	۰,۰۳۰۱	۰,۰۳۰۷	۰,۰۳۶۳	۰,۰۲۰۵	۰,۰۱۸۹	۰,۰۳۸۹	۰,۰۰۲۴	۰,۰۱۷۷	۰,۰۱۶۳	IBM
۰,۰۱۹۶	۰,۰۲۶۴	۰,۰۲۲۱	۰,۰۳۵۰	۰,۰۴۱۰	۰,۰۳۴۷	۰,۰۲۷۲	۰,۰۰۵۴	۰,۰۰۷۳	۰,۰۱۶۵	GOOGL
۰,۰۰۴۶	۰,۰۰۷۹	۰,۰۰۹۵	۰,۰۰۶۶	۰,۰۰۲۷	۰,۰۱۳۷	۰,۰۲۵۴	۰,۰۲۴۱	۰,۰۳۶۸	۰,۰۴۲۴	MSFT
۰,۰۳۷۹	۰,۰۴۲۸	۰,۰۴۳۱	۰,۰۴۴۹	۰,۰۴۳۷	۰,۰۴۷۴	۰,۰۳۹۵	۰,۰۰۱۹	۰,۰۰۲۶	۰,۰۰۴۱	AAPL
۰,۰۱۱۷	۰,۰۱۵۹	۰,۰۰۹۴	۰,۰۱۴۷	۰,۰۱۲۸	۰,۰۱۳۷	۰,۰۱۴۶	۰,۰۴۷۶	۰,۰۲۲۲	۰,۰۳۳۸	YHOO
۰,۰۰۲۳	۰,۰۰۰۸	۰,۰۱۱۰	۰,۰۰۶۸	۰,۰۰۸۱	۰,۰۴۷۴	۰,۰۲۶۰	۰,۰۴۱۵	۰,۰۴۴۰	۰,۰۳۷۱	AMZN

جدول ۴-۵. بازده و ریسک پرتفویهای الگوریتم سیاهچاله

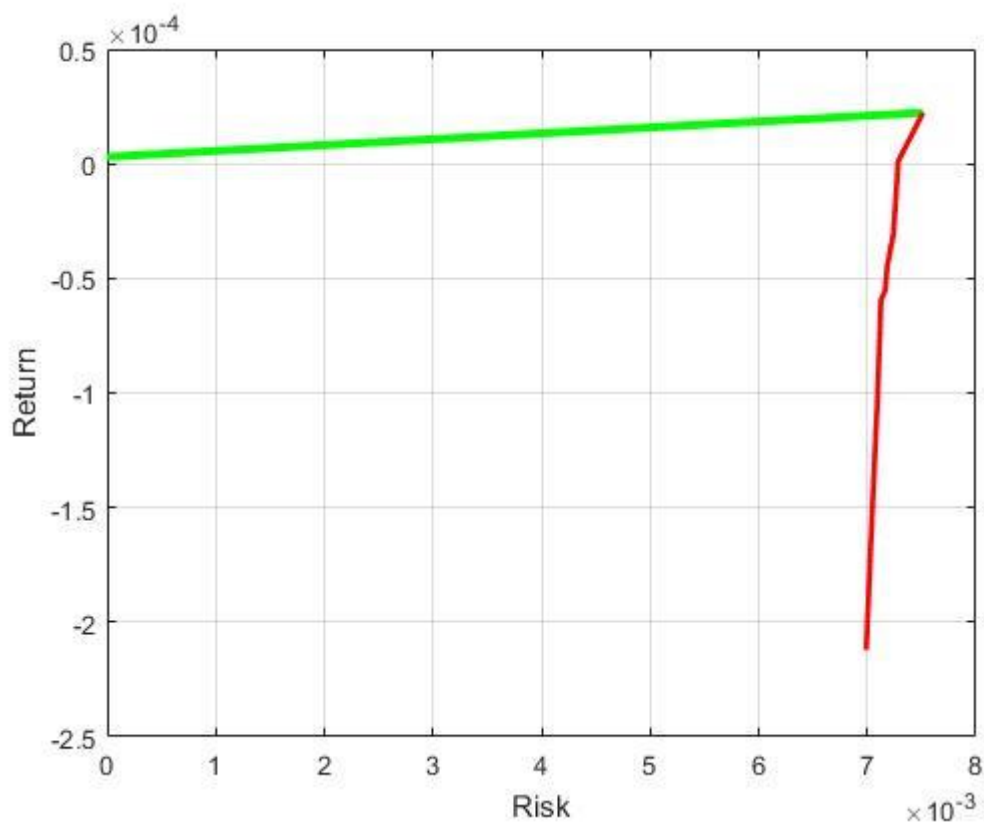
پرتفو	بازده	ریسک	پرتفو	بازده	ریسک
۱	-۰,۰۰۰۴۱۵	۰,۰۰۷۸۵۷	۵۱	-۰,۰۰۰۰۵۸	۰,۰۰۷۱۷۷
۲	-۰,۰۰۰۴۰۸	۰,۰۰۷۷۰۸	۵۲	-۰,۰۰۰۰۳۳	۰,۰۰۷۵۰۱
۳	-۰,۰۰۰۳۸۸	۰,۰۰۷۶۰۴	۵۳	-۰,۰۰۰۰۴۸	۰,۰۰۷۳۹۰
۴	-۰,۰۰۰۴۱۲	۰,۰۰۷۷۸۸	۵۴	۰,۰۰۰۰۰۰	۰,۰۰۷۴۴۸
۵	-۰,۰۰۰۳۹۰	۰,۰۰۷۶۱۱	۵۵	-۰,۰۰۰۰۴۶	۰,۰۰۷۲۵۷
۶	-۰,۰۰۰۳۸۸	۰,۰۰۷۶۶۲	۵۶	-۰,۰۰۰۰۱۷	۰,۰۰۷۴۲۷
۷	-۰,۰۰۰۳۸۲	۰,۰۰۷۵۸۴	۵۷	-۰,۰۰۰۰۳۹	۰,۰۰۷۲۷۶
۸	-۰,۰۰۰۴۱۸	۰,۰۰۷۷۴۷	۵۸	-۰,۰۰۰۰۶۵	۰,۰۰۷۲۰۷
۹	-۰,۰۰۰۴۰۳	۰,۰۰۷۷۴۲	۵۹	-۰,۰۰۰۰۴۹	۰,۰۰۷۳۱۳
۱۰	-۰,۰۰۰۴۰۳	۰,۰۰۷۶۳۸	۶۰	-۰,۰۰۰۰۳۶	۰,۰۰۷۴۱۰
۱۱	-۰,۰۰۰۴۲۸	۰,۰۰۷۸۵۰	۶۱	-۰,۰۰۰۰۲۹	۰,۰۰۷۴۷۱
۱۲	-۰,۰۰۰۴۰۰	۰,۰۰۷۶۲۴	۶۲	-۰,۰۰۰۰۲۰	۰,۰۰۷۴۵۳
۱۳	-۰,۰۰۰۴۰۵	۰,۰۰۷۷۵۴	۶۳	-۰,۰۰۰۰۴۷	۰,۰۰۷۳۶۶
۱۴	-۰,۰۰۰۴۰۳	۰,۰۰۷۴۸۳	۶۴	-۰,۰۰۰۰۴۳	۰,۰۰۷۲۹۹
۱۵	-۰,۰۰۰۴۰۲	۰,۰۰۷۵۲۸	۶۵	-۰,۰۰۰۰۷۱	۰,۰۰۷۳۰۳

•,••٧٣•٣	-•,•••••٥٦	٦٦	•,••٧٦٢١	-•,••••٤•٧	١٦
•,••٧١٢٦	-•,•••••٦•	٦٧	•,••٧٥٩٥	-•,••••٣٩٢	١٧
•,••٧٢٨٨	-•,•••••٥٩	٦٨	•,••٧٧٤٨	-•,••••٤١•	١٨
•,••٧٥٣٥	-•,•••••٢٣	٦٩	•,••٧٦٦٦	-•,••••٣٩٢	١٩
•,••٧٢٦١	-•,•••••٤٥	٧•	•,••٧٨١٦	-•,••••٤٤٢	٢•
•,••٧٢٤٦	-•,•••••٥٨	٧١	•,••٧٨٧٦	-•,••••٤١٢	٢١
•,••٧٢٨٥	•,•••••١١	٧٢	•,••٧٧٨٦	-•,••••٤٤٢	٢٢
•,••٧٣٥٦	-•,•••••٣٣	٧٣	•,••٧٩٩٥	-•,••••٤١٢	٢٣
•,••٧١٨٥	-•,•••••٦١	٧٤	•,••٧٨٥٤	-•,••••٣٩٩	٢٤
•,••٧٢٤٢	-•,•••••٣•	٧٥	•,••٧٨••	-•,••••٤•٤	٢٥
•,••٧٢٢٣	-•,•••••٥٦	٧٦	•,••٧٩١٨	-•,••••٤•٤	٢٦
•,••٧٣١٥	-•,•••••٤٣	٧٧	•,••٧٤٣٤	-•,••••٣٦٩	٢٧
•,••٧١٩٣	-•,•••••٦٥	٧٨	•,••٧٤١٩	-•,••••٣٣٤	٢٨
•,••٧١٧٨	-•,•••••٥٩	٧٩	•,••٧٣٥٢	-•,••••٢٩٩	٢٩
•,••٧٢٨١	-•,•••••٦٦	٨•	•,••٧٢٩٧	-•,••••٢٦٤	٣•
•,••٧٢•٣	-•,•••••٥٦	٨١	•,••٧١٨•	-•,••••٢٣•	٣١
•,••٧٣١١	-•,•••••٥٢	٨٢	•,••٧•٥٣	-•,••••١٩٦	٣٢
•,••٧٢٧٣	-•,•••••٤٧	٨٣	•,••٦٩٩١	-•,••••٢١٢	٣٣
•,••٧٢٨٧	-•,•••••٥•	٨٤	•,••٧١١٦	-•,••••١٥٩	٣٤
•,••٧٢٦٥	-•,•••••٥٣	٨٥	•,••٧•٦٢	-•,••••٢•٧	٣٥
•,••٧١٢٨	-•,•••••٩٦	٨٦	•,••٧•٤٦	-•,••••١٧•	٣٦
•,••٧١٨٥	-•,•••••٤٤	٨٧	•,••٧•٣٣	-•,••••١٦٥	٣٧
•,••٧٢٥٨	-•,•••••٦٨	٨٨	•,••٧٧١٢	-•,•••••١٧	٣٨

۰,۰۰۷۱۷۷	-۰,۰۰۰۱۰۴	۸۹	۰,۰۰۷۵۹۷	-۰,۰۰۰۰۲۲	۳۹
۰,۰۰۷۲۰۲	-۰,۰۰۰۰۴۸	۹۰	۰,۰۰۷۵۳۸	-۰,۰۰۰۰۲۲	۴۰
۰,۰۰۷۲۰۷	-۰,۰۰۰۰۵۷	۹۱	۰,۰۰۷۶۸۴	-۰,۰۰۰۰۱۳	۴۱
۰,۰۰۷۲۴۴	-۰,۰۰۰۰۷۲	۹۲	۰,۰۰۷۷۱۵	-۰,۰۰۰۰۱۲	۴۲
۰,۰۰۷۲۲۷	-۰,۰۰۰۰۸۲	۹۳	۰,۰۰۷۶۸۹	-۰,۰۰۰۰۲۹	۴۳
۰,۰۰۷۱۸۹	-۰,۰۰۰۰۱۰۱	۹۴	۰,۰۰۷۵۱۳	۰,۰۰۰۰۲۲	۴۴
۰,۰۰۷۱۱۶	-۰,۰۰۰۰۱۱۲	۹۵	۰,۰۰۷۵۶۳	-۰,۰۰۰۰۱۵	۴۵
۰,۰۰۷۱۴۰	-۰,۰۰۰۰۸۰	۹۶	۰,۰۰۷۴۶۹	-۰,۰۰۰۰۱۶	۴۶
۰,۰۰۷۰۹۵	-۰,۰۰۰۰۱۰۱	۹۷	۰,۰۰۷۳۶۵	-۰,۰۰۰۰۰۰۶	۴۷
۰,۰۰۷۲۲۷	-۰,۰۰۰۰۷۵	۹۸	۰,۰۰۷۴۲۱	-۰,۰۰۰۰۱۸	۴۸
۰,۰۰۷۲۴۹	-۰,۰۰۰۰۸۴	۹۹	۰,۰۰۷۳۸۲	-۰,۰۰۰۰۴۰	۴۹
۰,۰۰۷۱۶۴	-۰,۰۰۰۰۵۵	۱۰۰	۰,۰۰۷۸۷۳	۰,۰۰۰۰۰۵	۵۰

۴-۵-۳) نمودار الگوریتم سیاهچاله

نمودار زیر بیانگر مرز کارای به‌دست آمده از مدل الگوریتم سیاهچاله است که بر اساس مقادیر بهینه ریسک و بازده ۱۰۰ پرتفوی به‌دست آمده رسم شده است که در آن محور افقی ریسک و محور عمودی بازده را نشان می‌دهند. بین ریسک و بازده همانطور که مشاهده می‌شود رابطه‌ی مستقیم وجود دارد.



شکل ۴-۲. مرز کارای الگوریتم سیاهچاله

۴-۶) پاسخ سوال تحقیق

سوال: "آیا الگوریتم سیاهچاله در مقایسه با مدل مارکویتز عملکرد بهتری در انتخاب پرتفوی بهینه دارد؟"

با توجه به نمودارهای به دست آمده و به صورت چشمی از آنجا که مرز کارای به دست آمده توسط الگوریتم سیاهچاله داخل مرز کارای مدل مارکویتز قرار دارد می توان نتیجه گرفت که پاسخ سوال این پژوهش منفی می باشد و الگوریتم سیاهچاله کارایی مناسبی در پاسخگویی به انتخاب سبد بهینه ی سهام ندارد.

اما برای نتیجه گیری دقیق نیاز به یک آزمون است تا با مقایسه ی مرزهای به دست آمده توسط این آزمون مشخص شود کدام روش کارایی بهتری دارد. همانطور که در فصل سوم ذکر شد از معیار شارپ برای مقایسه ی دو روش استفاده شده است.

۷-۴) ارزیابی عملکرد دو روش برای انتخاب سبد بهینه‌ی سهام از طریق معیار

شارپ

همانطور که در فصل سوم گفته شد (رجوع کنید به بخش ۳-۸-۱-۱)، با استفاده از برنامه‌های نوشته شده در محیط نرم‌افزار MATLAB که در پیوست آمده‌اند؛ دو مرز به دست می‌آید که یکی مرز کارای مدل مارکویتز می‌باشد و دیگری مرزی است که در نتیجه به کارگیری الگوریتم سیاهچاله به دست آمده است. به منظور مقایسه‌ی این دو مرز توسط معیار شارپ ابتدا نرخ بازده بدون ریسک در شاخص S&P500 که برابر با نرخ اوراق خزانه‌ی^۱ دولتی آمریکا می‌باشد، برای سال ۲۰۱۳ تا ۲۰۱۶ از محل پایگاه اینترنتی stern.nyu.edu استخراج شده است که در جدول زیر این نرخ‌ها به تفکیک سال آمده است؛ میانگین این نرخ برای سه سال ۰,۱۱ درصد می‌باشد. از آنجا که داده‌های این تحقیق روزانه می‌باشند عدد ۰,۱۱ بر ۳۶۵ تقسیم می‌شود که حاصل عدد ۰,۰۰۰۳۰۱ می‌شود. سپس از این نرخ که یک نقطه روی محور عمودی نمودار بازده-ریسک می‌باشد مماسی بر مرزهای به دست آمده از دو روش رسم می‌شود، شیب این دو خط مماس محاسبه می‌شود و از مقایسه‌ی این دو عدد می‌توان نتیجه‌گیری نمود که کدام یک از روش‌های مارکویتز یا سیاهچاله برای بهینه‌سازی سبد سهام بهتر عمل کرده است.

جدول ۴-۶. نرخ‌های بازده بدون ریسک

سال	نرخ بازده بدون ریسک
۲۰۱۳	۰,۰۷٪
۲۰۱۴	۰,۰۵٪
۲۰۱۵	۰,۲۱٪

^۱ Treasury Bills

شیب خطی که بر مرز کارای مدل مارکویتز رسم می‌شود ۰,۰۷۱۴ و شیب خط مماس بر مرز کارای الگوریتم سیاهچاله همانطور که از بخش ۴-۶ پیش‌بینی شد کمتر از این مقدار و برابر ۰,۰۰۲۶ به‌دست آمده است. در نتیجه پاسخ سوال تحقیق با استفاده از معیار شارپ منفی می‌باشد:

"الگوریتم بهینه‌سازی سیاهچاله در مقایسه با روش مارکویتز برای بهینه‌سازی سبد سهام عملکرد مناسبی ندارد و در این زمینه‌ی خاص ضعیف عمل می‌کند."

۴-۸) جمع‌بندی

در این فصل به آزمون سوال پژوهش پرداختیم، به این معنا که ابتدا با استفاده از ریسک و بازده‌های به‌دست آمده برای سهام این ۴۴ شرکت، مرز کارای دو روش مارکویتز و سیاهچاله رسم شد، سپس با استفاده از معیار شارپ به مقایسه‌ی این دو مرز پرداخته شد که در نتیجه‌ی این مقایسه این پاسخ به دست آمد که الگوریتم سیاهچاله در مقایسه با روش مارکویتز برای بهینه‌سازی سبد سهام عملکرد ضعیف‌تری دارد.



فصل پنجم

خلاصه، نتیجه‌گیری و

پیشنهادها

۵-۱) مقدمه و خلاصه‌ای از مسئله و یافته‌های پژوهش

چگونگی تخصیص منابع و انتخاب نوع سرمایه‌گذاری از اهمیت بالایی برخوردار است؛ این تخصیص بهینه، بالاخص در بازارهای مالی که عامل رشد و توسعه‌ی کشورها می‌باشند، بسیار مهم می‌باشد. در این پژوهش، سعی بر این شد که روش جدیدی برای بهینه‌سازی سبد سهام مورد آزمون قرار بگیرد و کارایی آن در مقایسه با روش کلاسیک مارکویتز مقایسه شود.

در فصل اول ضمن بیان مقدمه‌ای در مورد سرمایه‌گذاری و تشکیل سبد سهام، علت انتخاب این موضوع برای پژوهش حاضر بحث شد. سپس اهداف تحقیق، سوال تحقیق، ضرورت و قلمرو تحقیق شرح داده شد و در ادامه ضمن بیان روش تحقیق به تعریف عملیاتی واژگان کلیدی این تحقیق پرداخته شد. در فصل دوم ضمن بیان توضیحات بیشتری در خصوص بهینه‌سازی سبد سهام، پیشینه‌ای از تحقیقات گذشته در این زمینه نیز مطرح شد. سپس در فصل سوم در مورد روش تحقیق، ابزار گردآوری اطلاعات و روش‌های تجزیه و تحلیل داده‌ها توضیحاتی داده شد. در فصل ۴ داده‌ها مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و به پاسخی برای سوال تحقیق رسیدیم. در این فصل نیز در مورد نتایج تحقیق بحث خواهد شد و ضمن بیان محدودیت‌های تحقیق، پیشنهاداتی در مورد تحقیقات آینده نیز مطرح می‌گردد.

۵-۲) نتیجه‌گیری

دو عنصر مهم در مقوله‌ی سرمایه‌گذاری، ریسک و بازده می‌باشند. سرمایه‌گذاران همواره تمایل دارند تا در سطح معینی از ریسک، بازدهی خود را افزایش داده یا در سطح معینی از بازده، ریسک خود را کاهش دهند. مارکویتز با ارائه‌ی مدل خود در زمینه‌ی سبد سهام نشان داد که با تشکیل سبدهای از دارایی‌های مالی این امکان به وجود می‌آید که در سطح معینی از بازده ریسک را کاهش داد. لذا سرمایه‌گذاران تمایل دارند تا با شناخت و انتخاب ترکیب بهینه‌ی دارایی‌های مالی در سبد سهام خود، بازده مورد انتظار خود را حداکثر و ریسک خود را حداقل نمایند. اما سرمایه‌گذاران در تشکیل سبد سهام بهینه با

دو مشکل اساسی مواجه هستند. اولین مشکل تعیین معیار ریسک با توجه به تعدد معیارهای موجود و نقاط قوت و ضعف هریک از این معیارهاست و مشکل دوم ناکارایی روش‌های ریاضی در حل مسالهی بهینه‌سازی سبد سهام می‌باشد. با عطف توجه به این دو مشکل، تحقیق حاضر تلاش نمود تا با استفاده از الگوریتم سیاهچاله، مسالهی بهینه‌سازی سبد سهام را حل نماید و پس از حل به این روش آن را با روش مارکویتز مقایسه نماید، که نتایج این پژوهش نشان داد الگوریتم بهینه‌سازی سیاهچاله عملکرد مناسبی در این مسئله‌ی خاص یعنی بهینه‌سازی سبد سهام؛ نشان نمی‌دهد.

۵-۳) مقایسه‌ی یافته‌های پژوهش با تحقیقات مشابه

بر اساس تحقیقات گذشته و مقایسه‌ی آن‌ها با نتایج این تحقیق، می‌توان گفت یکی از محدود روش‌های فراابتکاری حل مسائل بهینه‌سازی که برای بهینه‌سازی سبد سهام پاسخ بهتری نسبت به روش مارکویتز ارائه نمی‌دهد، الگوریتم به کار رفته در این پژوهش یعنی الگوریتم سیاهچاله می‌باشد. طبق پژوهش‌های انجام گرفته پیش از این برتری الگوریتم‌هایی نظیر الگوریتم کلونی زنبور عسل، الگوریتم ژنتیک، الگوریتم شبکه‌های عصبی و ... نسبت به روش مارکویتز برای بهینه‌سازی سبد سهام نشان داده شده بود.

۵-۴) محدودیت‌های تحقیق

محدودیتی که در راه انجام این پژوهش وجود داشت؛ نیاز به سیستم‌های کامپیوتری بسیار قوی برای پردازش الگوریتم سیاهچاله در فضای نرم‌افزار MATLAB با توجه به داده‌های مورد بررسی؛ بود. دانشگاه صنعتی شاهرود تعداد محدودی از این سیستم‌ها را در اختیار دارد که با توجه به سابقه‌ی پژوهش‌های انجام شده در این دانشگاه، دانشجویان دانشکده‌ی مدیریت برای استفاده از این سیستم‌ها کمی با محدودیت روبه‌رو هستند.

۵-۵) کاربردهای تحقیق و استفاده‌کنندگان از نتایج پژوهش

از آن جا که پاسخی که برای سوال تحقیق به دست آمد منفی بود، می‌توان به کلیه‌ی کسانی که ممکن است به نحوی از نتایج تحقیق استفاده کنند از جمله شرکت‌های کارگزاری، شرکت‌های سرمایه‌گذاری، صندوق‌های مشترک سرمایه‌گذاری، شرکت‌های بیمه، بانک‌ها، سرمایه‌گذاران فردی و علاقه‌مندان به سرمایه‌گذاری در بورس، دانشجویان و اساتید مالی، حسابداری و ... پیشنهاد کرد از الگوریتم سیاهچاله در بهینه‌سازی سبدهای سهام خود یا تحقیقات آتی خود استفاده نکنند یا برای بهبود عملکرد این الگوریتم از ترکیب آن با الگوریتم‌های دیگر استفاده کنند.

۵-۶) نوآوری و جنبه‌های جدید پژوهش

نوآوری انجام گرفته در این تحقیق استفاده از الگوریتمی جدید در مبحث بهینه‌سازی بود که پیش از این، از این الگوریتم در مسئله‌ی بهینه‌سازی سبد سهام استفاده نشده بود.

۵-۷) پیشنهادهایی برای تحقیقات آتی

با توجه به نتیجه‌ای که از این تحقیق گرفته شد و با توجه به پاسخی که برای سوال پژوهش به دست آمد می‌توان پیشنهادات زیر را ارائه نمود:

- می‌توان به محققین برای انجام تحقیقات بعدی پیشنهاد نمود از ترکیب این الگوریتم با الگوریتم‌های آزمون شده روش ترکیبی جدیدی به منظور بررسی افزایش دقت و سرعت و پاسخ‌گویی بهتر این الگوریتم در زمینه‌ی بهینه‌سازی سبد سهام ابداع شود.
- می‌توان عملکرد دیگر الگوریتم‌های آزمون نشده را برای بهینه‌سازی سبد سهام را در تحقیقات بعدی آزمون نمود.

- در نظر گرفتن سایر محدودیت‌های موجود در بازار سرمایه همچون هزینه‌ی مبادلات، حجم مبادلات و ... در مسالهی بهینه‌سازی سبد سهام و بهینه‌سازی با در نظر گرفتن این محدودیت‌ها.
- تشکیل و بهینه‌سازی پورتفوی سهام با استفاده از اطلاعات ورودی‌ای به جز آنچه در این پژوهش آمد، برای مثال سنجش عملکرد سبدها با استفاده از اطلاعات یک تا چهل روزه، سه ماهه، شش ماهه و
- حل مسئله با استفاده از بهینه‌سازهای چند معیاره و رسم کامل مرز کارا توسط این روش‌ها و انجام مقایسه بین مرزهای کارا.
- حل مسئله با در نظر گرفتن دیگر جوامع آماری مخصوصا بورس اوراق بهادار تهران.

پیوست‌ها و ضمائم

الف) کد استخراج اطلاعات سهام مورد نظر از سایت finance.yahoo.com :

```
clc;
clear;
close all;

cn=yahoo;

Symbols={'MMM','ABT','ANF','AMD','AFL','BHI','BK','CPB','CTL','CINF','
KO','DVN','DTE','EIX','F','ITW','IVZ','JPM','LLL','LEN','MRO','MCD','N
UE','PEP','PM','PBI','PNC','PX','DGX','RTN','SRCL','SYY','TSO','USB','
WMT','DIS','WAT','WIN','IBM','GOOGL','MSFT','AAPL','YHOO','AMZN'};

StartDate = '01-Jan-2013';
EndDate = '01-Jan-2016';

P=[];
R=[];

for Symbol = Symbols
    s = Symbol{1};
    data = fetch(cn, s, 'Close', StartDate, EndDate);
    Date=data(:,1);
    p=data(:,2);
    r=price2ret(p);
    P=[P p]; %#ok
    R=[R r]; %#ok
end

save('mydata','Symbols','Date','P','R');
```

ب) کد پیاده‌سازی مدل مارکویتز:

```
clc;
clear;
close all;

data=load('mydata');

Symbols=data.Symbols;
R=data.R;

port=Portfolio();
port=port.estimateAssetMoments(R);
port=port.setDefaultConstraints();

W=port.estimateFrontier(100);
WReturn=port.estimatePortReturn(W);
WRisk=port.estimatePortRisk(W);

MU = port.AssetMean;
SIGMA = port.AssetCovar;

EF=find(IsDominated(WRisk,WReturn));

%EF=EFF;

ramp_p=[];
yzero=0.000301;%WReturn(EF(1));
for op=1:length(EF)
    ramp_p(op)=(WReturn(EF(op))-yzero)/(WRisk(EF(op)));
end

[xramp yramp]=max(ramp_p);

XX=[0,WRisk(EF(yramp))];
YY=[yzero,WReturn(EF(yramp))];
plot(XX,YY,'-g','LineWidth',3)
ramp_p(yramp)
hold on

%figure;
plot(WRisk,WReturn,'LineWidth',2);
hold on;
for i = 1:numel(Symbols)
    s = Symbols{i};
    mu = MU(i);
    sigma = sqrt(SIGMA(i,i));
    plot(sigma,mu,'ro','MarkerFaceColor','r');
    hold on
    text(sigma+0.001,mu,s);
end
```

```
grid on;  
xlabel('Risk (Variance)');  
ylabel('Return (Mean)');
```

ج) کدهای پیاده‌سازی الگوریتم سیاهچاله:

```
clc;
clear all;
close all;

%% Run BLKH

NUM_Portfolio=input('inter number of Portfolio (min=1 max=44):');
NUM_solution=input('inter number of solution:');

data=load('mydata');
R=data.R(:,1:NUM_Portfolio);

nAsset=size(R,2);
MinRet=min(mean(R,1));
MaxRet=max(mean(R,1));

nSol=NUM_solution;
DR=linspace(MinRet,MaxRet,nSol);

model.R=R;
model.method='mv';
model.alpha=0.95;

W=zeros(nSol,nAsset);
WReturn=zeros(nSol,1);
WRisk=zeros(nSol,1);

for k=1:nSol
    model.DesiredRet=DR(k);
    disp(['Running for Solution #' num2str(k) ':']);

    out = RunBLKHF(model);

    disp('_____');
    disp(' ');
    W(k,:)=out.BestSol.out.w;
    WReturn(k)=out.BestSol.out.ret;
    WRisk(k)=out.BestSol.out.rsk;
end
EF=find(~IsDominated(WRisk,WReturn));

LL=numel(EF);
for i=1:LL
    srisk(i)=WRisk(EF(i));
end
[t y]=sort(srisk);
tt=EF(1)-1;
```

```

for j=1:LL
    EFF(j)=EF(y(j));
end
EF=EFF;

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
ramp_p=[];
yzero=0.000301;%WReturn(EF(1));
for op=1:length(EF)
    ramp_p(op)=(WReturn(EF(op))-yzero)/(WRisk(EF(op)));
end

[xramp yramp]=max(ramp_p);

XX=[0,WRisk(EF(yramp))];
YY=[yzero,WReturn(EF(yramp))];
plot(XX,YY,'-g','LineWidth',3)
ramp_p(yramp)
hold on

hold on;
plot(WRisk(EF),WReturn(EF),'r','LineWidth',2);
grid on;
xlabel('Risk');
ylabel('Return');

```

(د) تابع IsDominated که در کد بالا فراخوانی شده:

```
function f=IsDominated(rsk,ret)

n=numel(rsk);

f=false(n,1);

for i=1:n
    for j=i+1:n
        if rsk(i)<rsk(j) && ret(i)>ret(j)
            f(j)=true;
        end
        if rsk(i)>rsk(j) && ret(i)<ret(j)
            f(i)=true;
        end
    end
end

end
```

ه) تابع RunBLKHF که در کد بالا فراخوانی شده است:

```
function out = RunBLKHF(model)
%%
CostFunction=@(x) PortCost(x,model);          % Cost Function

nvar=size(model.R,2);                        % Number of Decision Variables

npop=80;                                       % Population Size (Swarm Size)

maxit=1000;

Lower_B=0;                                   % Lower Bound of Variables
Upper_B=1;                                   % Upper Bound of Variables

empty_star.position=[];
empty_star.cost=[];
empty_star.out=[];
empty_star.dStHole=[];
outsolu1=1;
outsolu2=0;

star= repmat(empty_star, npop, 1);

BesSolution=zeros(maxit,nvar);

BestCost=zeros(maxit,1);

BesSolution = [];
for it=1:maxit
    sum_coststar=0;

    if it==1

        BesSolution.cost=inf;
        for i=1:npop

            star(i).dStHole=zeros(1,nvar);
            star(i).position=Lower_B+(Upper_B-Lower_B)*rand(1,nvar);
            [star(i).cost, star(i).out]=CostFunction(star(i).position);

            %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
            if star(i).cost<BesSolution.cost
                BesSolution.position=star(i).position;
                BesSolution.cost=star(i).cost;
                BesSolution.out=star(i).out;
            end
        end
    else
```

```

for i=1:npop

    if it>2
        R_hole=BesSolution.cost/sum_coststar;
        dthole=norm(BesSolution.position-star(i).position,1);
        if dthole<R_hole

            star(i).position=Lower_B+(Upper_B-
Lower_B)*rand(1,nvar);
            [star(i).cost,
star(i).out]=CostFunction(star(i).position);
            end

        end

        %%%%%%%%%%
        %%%%%%%%%%      IF IT!= I
        %%%%%%%%%%
        %%%%%%%%%%
        star(i).dStHole=rand*(BesSolution.position-
star(i).position);

        %%%%%%%%%%
        %%%%%%%%%%      main EQ.
        star(i).position=star(i).position+star(i).dStHole;

        %%%%%%%%%%

        %      return to region

star(i).position=min(max(star(i).position,Lower_B),Upper_B);
        % compute fitness
        [star(i).cost, star(i).out]=CostFunction(star(i).position);

        %%%%%%%%%%
        sum_coststar=sum_coststar+star(i).cost;

        %%%%%%%%%%

        if star(i).cost<BesSolution.cost

            BesSolution.position=star(i).position;
            BesSolution.cost=star(i).cost;
            BesSolution.out=star(i).out;
        end
    end
end

BestCost(it)=BesSolution.cost;

```

```
end
```

```
out.BestSol=BesSolution;  
    out.BestCost=BestCost;
```

```
out.BestSol.out.ret=out.BestSol.out.ret*outsolu1+outsolu2;  
%end
```

(و) کد تابع CalculatePortfolioObjectives

```
function [rsk, ret]=CalculatePortfolioObjectives(w, R, method, alpha)

w=reshape(w, [], 1);

% Methods
% mv = Mean-Variance
% msv = Mean-Semi-Variance
% mad = Mean-Absolute-Deviation
% cvar = Conditional Value at Risk

if ~exist('method','var') || isempty(method)
    method = 'mv';
end

if ~exist('alpha','var') || isempty(alpha)
    alpha = 0.95;
end

method=lower(method);

switch method
case 'mad'
    port=PortfolioMAD();
    port=port.setScenarios(R);

case 'cvar'
    port=PortfolioCVaR();
    port=port.setScenarios(R);
    port=port.setProbabilityLevel(alpha);

otherwise
    Semi=strcmp(method, 'msv');
    [MU, SIGMA]=EstimateReturnMoments(R, Semi);
    port=Portfolio();
    port=port.setAssetMoments(MU, SIGMA);
end

port=port.setDefaultConstraints();
rsk = port.estimatePortRisk(w);
ret = port.estimatePortReturn(w);

end
```

: EstimateReturnMoments کد تابع (ز)

```
function [MU, SIGMA]=EstimateReturnMoments(R, Semi)

    if ~exist('Semi','var')
        Semi = 0;
    end

    MU=mean(R,1)';

    n=size(R,2);

    if ~Semi
        SIGMA=cov(R);
    else
        sigma=zeros(n,1);
        for i=1:n
            dev = R(:,i) - MU(i);
            sigma(i) = sqrt(mean(dev(dev<0).^2));
        end
        rho=corrcoef(R);
        SIGMA=rho;
        for i=1:n
            SIGMA(i,:)=SIGMA(i,:)*sigma(i);
            SIGMA(:,i)=SIGMA(:,i)*sigma(i);
        end
    end
end
```

منابع و مآخذ

فهرست منابع

منابع فارسی:

- ۱- آتشپز گرگری، اسماعیل. (۱۳۸۷). معرفی الگوریتم رقابت استعماری، پایان نامه کارشناسی ارشد، مرکز عالی هوش مصنوعی و مهندسی کنترل دانشکده‌ی مهندسی برق، دانشگاه تهران.
- ۲- اسلامی بیدگلی، غلامرضا و وافی‌ثانی، جلال. (۱۳۸۸). بهینه‌سازی و بررسی اثر میزان تنوع بر عملکرد پرتفوی با استفاده از الگوریتم مورچگان در داخل و به تحقیقات انجام شده، فصلنامه بورس اوراق بهادار، سال ششم، شماره ۲.
- ۳- پارکر جونز، چارلز. (۱۳۸۰). مدیریت سبد سهام (مدیریت سبد سرمایه‌گذاری)، ترجمه‌ی محمد شاه‌علیزاده، چاپ اول، انتشارات جامعه‌ی دانشگاهی، تهران.
- ۴- حسینی، سید محمد. (۱۳۹۱). مقایسه عملکرد مدل برنامه ریزی سازگار با مقادیر نامطلوب مبتنی بر رویکرد فازی، با حالت غیر فازی و انتخاب پرتفوی بهینه در بورس اوراق بهادار تهران، پایان نامه کارشناسی ارشد رشته مدیریت بازرگانی گرایش مالی، دانشکده اقتصاد مدیریت و علوم اداری، دانشگاه سمنان: ۱۱۵.
- ۵- خالوزاده، حمید و امیری، نسیم. (۱۳۸۴). تعیین سبد سهام بهینه در بازار بورس ایران بر اساس نظریه ارزش در معرض ریسک، مجله تحقیقات مالی، سال شانزدهم، شماره ۳۳.
- ۶- دمیرچی، فاطمه. (۱۳۸۹). بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری با استفاده از معیار ارزش در معرض ریسک مشروط (CVaR) در بازار بورس اوراق بهادار تهران. پایان نامه کارشناسی ارشد رشته مدیریت بازرگانی گرایش مدیریت مالی، دانشکده علوم اجتماعی و اقتصادی، دانشگاه الزهراء: ۱۵۰.
- ۷- راعی، رضا. (۱۳۷۷). طراحی مدل سرمایه‌گذاری مناسب در سبد سهام با استفاده از هوش مصنوعی (شبکه‌های عصبی)، رساله‌ی دکتری، دانشکده‌ی مدیریت، دانشگاه تهران.

- ۸- راعی، رضا و تلنگی، احمد. (۱۳۸۵). مدیریت سرمایه‌گذاری پیشرفته، تهران، انتشارات سمت، چاپ سوم.
- ۹- راعی، رضا و تلنگی، احمد. (۱۳۸۷). مدیریت سرمایه‌گذاری پیشرفته، چاپ دوم، انتشارات سمت، تهران.
- ۱۰- راموز، نجمه. (۱۳۸۴). انتخاب سبد سهام بهینه با استفاده از مدل برنامه‌ریزی توافقی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه الزهراء، دانشکده علوم اجتماعی و اقتصادی.
- ۱۱- رحمتی، محمد. (۱۳۸۷). انتخاب سبد سهام بهینه مبتنی بر Value-at-Risk به عنوان معیار ریسک و با استفاده از الگوریتم‌های فراابتکاری، پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد، دانشکده‌ی مدیریت، دانشگاه تهران.
- ۱۲- سجادی، زینب. (۱۳۹۰). بهینه سازی سبد سهام با استفاده از الگوریتم رقالت استعماری بر اساس نظریه ارزش در معرض خطر و ارزیابی آن. پایان نامه کارشناسی ارشد رشته ریاضی مالی، دانشکده علوم ریاضی و کامپیوتر، دانشگاه شیخ بهایی: ۷۵.
- ۱۳- سینائی مهر، حمید. (۱۳۹۲). الگوی بهینه سازی ترکیب پرتفوی سرمایه گذاری بیمه با رویکرد تئوری خاکستری و الگوریتم ژنتیک، پایان نامه کارشناسی ارشد رشته مدیریت بازرگانی گرایش بیمه، دانشکده مدیریت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی: ۱۱۲.
- ۱۴- شالچی، مریم. (۱۳۹۰). بهینه سازی سبد سهام با رویکرد تلفیقی تحلیل پوششی داده ها و تحلیل عاملی اکتشافی، پایان نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی مالی، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه علم و فرهنگ: ۱۳۶.
- ۱۵- طالبی، آرش. (۱۳۸۹). انتخاب و بهینه‌سازی سبد سهام با استفاده از روشهای فراابتکاری و مقایسه‌ی آن با سبدهای تشکیلی خبرگان و تازه‌کارها در بازار بورس اوراق بهادار تهران، پایان نامه کارشناسی ارشد رشته MBA، دانشکده‌ی مهندسی صنایع و مدیریت، دانشگاه صنعتی شاهرود: ۲۴۴.

- ۱۶- حاجی بابایی، پیمان. (۱۳۹۲). مقایسه‌ی عملکرد الگوریتم کلونی زنبور عسل مصنوعی با مدل مارکویتز در انتخاب پرتفوی بهینه، پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته‌ی مدیریت بازرگانی گرایش مالی، دانشکده اقتصاد و مدیریت و علوم اداری، دانشگاه سمنان.
- ۱۷- طیبی ثانی، احسان. (۱۳۹۰). بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری بر اساس ارزش در معرض ریسک با استفاده از الگوریتم کلونی مورچگان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران.
- ۱۸- کارگر، مرضیه. (۱۳۹۰). توسعه و اصلاح مدل مارکویتز برای تشکیل پرتفوی بهینه بورس با توجه به معیار نقدشوندگی و حل آن با الگوریتم ژنتیک، پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته مدیریت بازرگانی، دانشکده مدیریت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی: ۱۱۷.
- ۱۹- کلامی هریس، سیدمصطفی. (۱۳۸۶). انواع روش‌های بهینه‌سازی، سمینار کارشناسی ارشد، دانشکده‌ی مهندسی برق، دانشگاه فردوسی مشهد.
- ۲۰- گرکز، منصور؛ عباسی، ابراهیم و مقدسی، مطهره. (۱۳۸۹). انتخاب و بهینه‌سازی سبد سهام با استفاده از الگوریتم ژنتیک بر اساس تعاریف متفاوتی از ریسک، فصلنامه.
- ۲۱- مدرس، احمد و عبدالله‌زاده، فرهاد. (۱۳۷۸). مدیریت مالی، جلد اول، تهران، انتشارات چاپ و نشر بازرگانی، چاپ اول.
- ۲۲- مدنی، احسان. (۱۳۹۲). ارائه مدل پرتفوی مناسب با در نظر گرفتن عدم قطعیت مطالعه موردی: شرکت‌های زیرمجموعه تامین اجتماعی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی صنایع گرایش مهندسی مالی، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی: ۱۰۸.
- ۲۳- مولایی، محمدعلی و طالبی، آرش. (۱۳۸۹). بررسی کاربرد الگوریتم ابتکاری- ترکیبی ژنتیک و نلدر-مید در بهینه‌سازی پرتفوی، دو فصلنامه علمی پژوهشی جستارهای اقتصادی، سال هفتم، شماره ۱۴.

1. Aranha, C., & Iba, H. (2009). The memetic tree-based genetic algorithm and its application to portfolio optimization. *Memetic Computing*, 1(2), 139-151.
2. Brealey, R. A. (1969). An Introduction to Risk and Return from Common Stocks Prices. *M.I.T Press*, Cambridge. Mass., U.S.A.
3. Bonabeau, E., Dorigo, M., & Theraulaz, G. (1999). *From natural to artificial swarm intelligence*. Oxford University Press, New York.
4. Chang, T. J., Meade, N., Beasley, J. E., & Sharaiha, Y. M. (2000). Heuristics for cardinality constrained portfolio optimisation. *Computers & Operations Research*, 27(13), 1271-1302.
5. Chang, T. J., Yang, S. C., & Chang, K. J. (2009). Portfolio optimization problems in different risk measures using genetic algorithm. *Expert Systems with Applications*, 36(7), 10529-10537.
6. Cumming, D., Haß, L. H., & Schweizer, D. (2013). Private equity benchmarks and portfolio optimization. *Journal of Banking & Finance*, 37(9), 3515-3528.
7. Cumova, D., & Nawrocki, D. (2014). Portfolio optimization in an upside potential and downside risk framework. *Journal of Economics and Business*, 71, 68-89.
8. Cura, T. (2009). Particle swarm optimization approach to portfolio optimization. *Nonlinear Analysis: Real World Applications*, 10(4), 2396-2406.
9. Fernandes, J. L. B., Ornelas, J. R. H., & Cusicanqui, O. A. M. (2012). Combining equilibrium, resampling, and analyst's views in portfolio optimization. *Journal of Banking & Finance*, 36(5), 1354-1361.
10. Huo, L., Kim, T.-H., & Kim, Y. (2012). Robust estimation of covariance and its application to portfolio optimization. *Finance Research Letters*, 9(3), 121-134.
11. Eberhart, R. C., Shi, Y., & Kennedy, J. (2001). *Swarm intelligence*. Elsevier.
12. Evans, J. L., & Archer, S. H. (1968). Diversification and the reduction of dispersion: an empirical analysis. *The Journal of Finance*, 23(5), 761-767.
13. Karaboga, D. (2005). *An idea based on honey bee swarm for numerical optimization* (Vol. 200). Technical report-tr06, Erciyes university, engineering faculty, computer engineering department.
14. Gaumnitz, Jack E., (1967), Unpublished Ph.D. dissertation, *Investment Diversification under uncertainty: An Examination of the Number of Securities in a Diversified Portfolio*. Stanford University.
15. Hagin, Robert L., (1979). *The Dow Jones-Irwin guide to modern portfolio theory*, 1st ed., Dow Jones-Irwin, Homewood, Illinois, U.S.A.
16. Hagin, R. L. (2004). *Investment management: portfolio diversification, risk, and timing--fact and fiction* (Vol. 235). John Wiley & Sons.
17. Jensen, M. C. (1968). The performance of mutual funds in the period 1945–1964. *The Journal of finance*, 23(2), 389-416.
18. Hatamlou, A. (2013). Black hole: A new heuristic optimization approach for data clustering. *Information sciences*, 222, 175-184.
19. Hayward, S. (2005). Applications of genetic algorithm for artificial neural network model discovery and performance surface optimization in finance *Advances in Natural Computation* (pp. 1214-1223): Springer.

20. Farahmandian, M., & Hatamlou, A. (2015). Solving optimization problems using black hole algorithm. *Journal of Advanced Computer Science & Technology*, 4(1), 68-74.
21. Lin, C. M., & Gen, M. (2007). An effective decision-based genetic algorithm approach to multiobjective portfolio optimization problem. *Applied Mathematical Sciences*, 1(5), 201-210.
22. Lin, C. C., & Liu, Y. T. (2008). Genetic algorithms for portfolio selection problems with minimum transaction lots. *European Journal of Operational Research*, 185(1), 393-404.
23. Markowitz, H. (1952). Portfolio selection. *The journal of finance*, 7(1), 77-91.
24. Markowitz, H. (1959). *Portfolio selection: Efficient diversification of investments*. John Wiley & Sons, New York, U.S.A.
25. Talebi, A., Molaei, M. A., & Sheikh, M. J. (2010, September). Performance investigation and comparison of two evolutionary algorithms in portfolio optimization: Genetic and particle swarm optimization. In *Information and Financial Engineering (ICIFE), 2010 2nd IEEE International Conference on* (pp. 430-437). IEEE.
26. Lucic, P., & Teodorovic, D. (2001, June). Bee system: modeling combinatorial optimization transportation engineering problems by swarm intelligence. In *Preprints of the TRISTAN IV triennial symposium on transportation analysis* (pp. 441-445).
27. Oh, K. J., Kim, T. Y., & Min, S. (2005). Using genetic algorithm to support portfolio optimization for index fund management. *Expert Systems with Applications*, 28(2), 371-379.
28. Sato, T., & Hagiwara, M. (1997, October). Bee system: finding solution by a concentrated search. In *Systems, Man, and Cybernetics, 1997. Computational Cybernetics and Simulation., 1997 IEEE International Conference on* (Vol. 4, pp. 3954-3959). IEEE.
29. Solnik, B. H. (1974). The international pricing of risk: An empirical investigation of the world capital market structure. *The Journal of Finance*, 29(2), 365-378.
30. Sharpe, William F., (1978), *Investment*, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, U.S.A.
31. Ting, W., & Xia, Y. (2009). The study of model for portfolio investment based on ant colony algorithm *Applied Computing, Computer Science, and Advanced Communication* (pp. 136-141): Springer.
32. Treynor, J. L. (1965). How to rate management of investment funds. *Harvard business review*, 43(1), 63-75.
33. Wang, Z., Liu, S., & Kong, X. (2011). An Improved Artificial Bee Colony Algorithm for Portfolio Optimization Problem. *International Journal of Advancements in Computing Technology*, 3(10).
34. Wilding, T. (2003). Using genetic algorithms to construct portfolios. *Advances in portfolio construction and implementation*, 135-160.
35. Williams, J. B. (1938). *The theory of investment value* (Vol. 36). Cambridge, MA: Harvard University Press.

36. Xia, Y., Liu, B., Wang, S., & Lai, K. K. (2000). A model for portfolio selection with order of expected returns. *Computers & Operations Research*, 27(5), 409-422.
37. Yan, W., Miao, R., & Li, S. (2007). Multi-period semi-variance portfolio selection: Model and numerical solution. *Applied Mathematics and Computation*, 194(1), 128-134.
38. www.stern.nyu.edu
39. www.finance.yahoo.com

Abstract

In the problem of portfolio optimization, Markowitz model still is the dominant approach. But when the number of investable assets and market restrictions in theory be extended out to the real world, the problem of portfolio optimization using mathematical techniques and traditional Markowitz model not be easily solved. For this reason, in this study we use artificial intelligence and heuristic algorithm (Black hole algorithm) to optimize the portfolio and the results have been compared with the results of the Markowitz model to see whether the method of Markowitz portfolio optimization algorithm works better than the Black hole algorithm or not. With regard to the fact that this study only compared the two methods, the number of 44 randomly corporations have been chosen over a period of 3 years from the beginning of 2013 until the end of 2015 from S&P500 Index, considered and the efficient frontier of two methods that have been obtained with 100 portfolios, have been compared using Sharpe ratio. We conclude that the performance of Black hole algorithm is weaker than Markowitz model in portfolio optimization.

Key words: **Black hole algorithm; Markowitz model; Portfolio optimization; Metaheuristic algorithms**



Faculty of Industrial Engineering and Management
M.Sc. Thesis in Master Of Business Administration

Comparison between Markowitz model and Black hole algorithm in portfolio optimization

By: Amirali Ziaei

Supervisor:
Dr. Seyed Mojtaba Mirlohi

Advisor:
Dr. Seyed Ali Ahmadi

February 2017