



بررسی کارایی بهینه سازی پرتفوی براساس مدل پایدار با بهینه سازی کلاسیک در پیش بینی ریسک و بازده پرتفوی

فریدون رهنمای رودپشتی^۱
هاشم نیکومرام^۲
عباس طلوعی اشلقی^۳
فرهاد حسین زاده لطفی^۴
مرضیه بیات^۵

تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۰/۸

تاریخ دریافت: ۹۳/۷/۱۴

چکیده

یافتن بهترین راه جهت بهینه سازی پرتفوی پس از انتشار مقاله مارکوویتز در سال ۱۹۵۲ همواره یکی از دغدغه های فعالان در صنعت مدیریت سرمایه گذاری بوده و خواهد بود. ورود مدل های ریاضی و پژوهش عملیاتی یکی از فعالیت های است که در دهه اخیر توانسته بهینه سازی پرتفوی را تحت تاثیر دهد. تحقیق حاضر تلاشی است در جهت بهینه سازی پرتفوی با استفاده از بهینه سازی پایدار و تخمین ریسک و بازده پرتفوی و مقایسه ریسک و بازدهی پیش بینی شده این مدل با ریسک و بازده پیش بینی شده در مدل کلاسیک. در این تحقیق به بررسی ۱۱۵ پرتفوی ماهانه در طول تقریباً ۱۰ سال پرداخته شده و ریسک و بازدهی هر پرتفوی براساس دو مدل بهینه سازی پایدار و کلاسیک تخمین زده شد و در مرحله بعد با استفاده از آزمون میانگین زوجی به بررسی وجود تفاوت معنادار بین ریسک و بازده پیش بینی شده در دو مدل فوق پرداخته شد. در تحقیق حاضر مشخص شد بازده پیش بینی شده پرتفوی در مدل پایدار تفاوت معناداری با بازده پیش بینی شده در مدل کلاسیک و ریسک پیش بینی شده در مدل پایدار با ریسک پیش بینی شده در مدل کلاسیک تفاوت معناداری ندارد. اما با بررسی بازدهی و ریسک پرتفوی های تشکیل شده براساس وزن ارائه شده توسط هر یک از مدلها، مشخص گردید در بازار ایران بازده واقعی از هر دو روش تفاوت معناداری با یکدیگر ندارند. این در حالی است که ریسک واقعی پرتفوی های بهینه شده با روش پایدار کمتر از ریسک پرتفوی های بهینه شده با روش کلاسیک می باشد. نتایج بدست آمده در تخمین بازدهی کاملاً منطبق بر یافته های مطالعات خارجی و در تخمین ریسک با این تحقیقات نتیجه متفاوتی دارد. این در

۱- استاد و عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی - واحد علوم و تحقیقات

۲- استاد و عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات

۳- استاد و عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات

۴- استاد و عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات

۵- دانش آموخته دکتری مدیریت مالی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات

حالی است که هیچ یک از مطالعات انجام شده داخلی و خارجی به عملکرد پرتفویهای بهینه شده با این دو مدل در واقعیت نپرداخته اند.

واژه‌های کلیدی: ریسک، بازده، پرتفوی، بهینه سازی کلاسیک، بهینه سازی پایدار.

۱- مقدمه

نقش واحدهای تجاری و بازرگانی در ساختار اقتصادی کشورها بر کسی پوشیده نیست. امروزه واحدهای تجاری به عنوان پایه‌های اصلی اقتصاد کشورها، حجم زیادی از منابع اقتصادی نظیر نیروی کار، مواد اولیه، سرمایه و... را مورد استفاده قرار می‌دهند و در مقابل، با توجه به حجم تولید و فروش، نقش حائز اهمیتی را در توسعه و پیشرفت اقتصادی کشورها ایفا می‌نمایند. به همین دلیل بحث در خصوص واحدهای تجاری، مباحثی چون نقش واحدهای تجاری در توسعه اقتصادی، ارتقاء رفاه اجتماعی هدف واحدهای تجاری و عملکرد واحدهای تجاری مورد توجه نظریه پردازان و محققان علوم اقتصادی، مالی و حسابداری مدیریت می‌باشد. بررسی چگونگی تشکیل پرتفوی بهینه، و به تبع آن کفایت ضرایب حساسیت اهرمی و غیراهرمی، بتای سنتی و کاهشی پایه بسیاری از تصمیمات در خصوص موضوعاتی از قبیل قیمت سهام، ریسک پرتفوی واقعی و پیش‌بینی شده سهام، بازدهی پرتفویهای واقعی و پیش‌بینی شده، سرمایه گذاری ها و بسیاری موضوعات دیگر است.

هری مارکوویتز بنیانگذار ساختاری مشهور به تئوری مدرن پرتفوی است. مهم ترین نقش این تئوری، ایجاد چارچوب ریسک - بازدهی پرتفوی برای تصمیم گیری سرمایه گذاران است. مارکوویتز با تعریف کمی ریسک سرمایه گذاری، برای سرمایه گذاران در امر انتخاب دارایی ها و مدیریت پرتفوی، رویکردی ریاضی ارائه کرد. اما همان طور که مارکوویتز و ویلیام شارپ نیز اذعان کرده‌اند، برای فرمول اصلی موجود در تئوری مدرن پرتفوی، محدودیت های مهمی وجود دارد، در این میان محقق سعی دارد در پژوهش حاضر از حیث تبیین مدل ریاضی انتخاب پرتفوی بهینه سرمایه گذاری در چارچوب مفروضات بهینه سازی پایدار در کلاسیک سرمایه ایران به کسب نتیجه‌ای دقیق تر در این موضوع بپردازد.

یکی از ملزومات مهندسی مالی استفاده از روشهای کمی^۱ در صنعت مدیریت سرمایه گذاری^۲ است. طی ۲۰ سال گذشته، استفاده از روشهای کمی در صنعت مدیریت سرمایه گذاری بطور چشمگیری افزایش یافته است. در حال حاضر کاربرد روشهای کمی در صنعت سرمایه گذاری، بخشهای مختلفی از این صنعت را تحت تأثیر قرار داده است که از آن جمله می توان به مدل های قیمت گذاری اختیار معامله^۳، فنون اقتصادسنجی^۴ برای پیش بینی بازدهی پرتفوی کلاسیک^۵، بکارگیری الگوریتمها برای مدیریت هزینه معاملات^۶، مدیریت پرتفوی^۷ و برنامه ریزی مالی^۸ اشاره کرد.

دلایل بسیاری را می توان برای کاربرد گسترده روشهای کمی در صنعت مدیریت سرمایه گذاری نام برد که اهم آن بصورت زیر است:

- (۱) توسعه اقتصاد مالی^۹ مدرن با بکارگیری دانش ریاضی و فیزیک
- (۲) توسعه قابل توجه در تکنولوژی کامپیوتر و نوآوریهای مبتنی بر اینترنت
- (۳) رشد کلاسیکهای سرمایه^{۱۰}

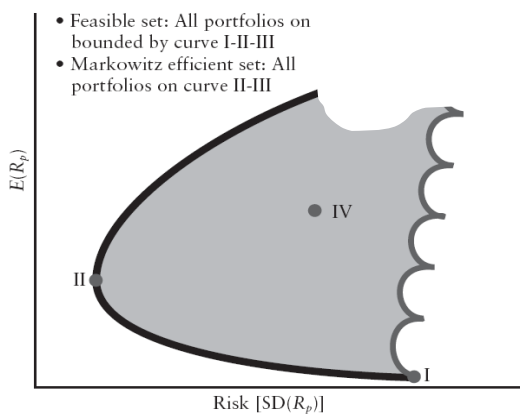
همانگونه که اشاره شد، یکی از دلایل استفاده از روشهای کمی در صنعت مدیریت سرمایه گذاری، توسعه اقتصاد مالی است. توسعه اقتصاد مالی، با مفهوم بهینه سازی پرتفوی، گسترش بیشتری پیدا نموده است. در واقع، مفهوم بهینه سازی پرتفوی و تنوع بخشی، اساس توسعه و گسترش کلاسیکهای مالی و تصمیم گیری مالی است. این مفهوم مهم از تئوری هری مارکوویتز با عنوان انتخاب پرتفوی، در ادبیات مالی وارد شد. این تئوری با نام تئوری پرتفوی مدرن^{۱۱} در جواب به این سؤال ایجاد شده است: "آیا سرمایه گذاران باید بودجه خود را به گزینه های موجود سرمایه گذاری تخصیص دهند؟" برای پاسخگویی به این سؤال مارکوویتز به یک سری اصول معتقد است که عبارتند از:

- (۱) سرمایه گذاران برای هر طرح سرمایه گذاری به توزیع احتمالی بازدهی پرتفوی های مورد انتظار در طول دوره نگهداری، توجه می نمایند.
 - (۲) سرمایه گذاران مطلوبیت خود را طی دوره زمانی مورد انتظار حداکثر (بیشینه) می کنند، منحنی بی تفاوتی آنان دارای شیب منفی می باشد.
 - (۳) سرمایه گذاران همواره ریسک پرتفوی سبد اوراق بهادار را براساس نوسانات بازدهی پرتفوی های مورد انتظار برآورد می کنند.
 - (۴) اساس تصمیمات سرمایه گذاران را ریسک پرتفوی و بازدهی پرتفوی مورد انتظار تشکیل می دهد. بنابراین منحنی های مطلوبیت آنان در بر گیرنده بازدهی پرتفوی مورد انتظار، انحراف از بازدهی پرتفوی های مورد انتظار می باشد.
 - (۵) سرمایه گذاران در سطح معینی از ریسک پرتفوی بازدهی پرتفوی های بالاتر را به بازدهی پرتفوی های پایین تر ترجیح می دهند. همچنین در سطح معینی از بازدهی پرتفوی مورد انتظار، ریسک پرتفوی کمتر را به ریسک پرتفوی بیشتر ترجیح می دهند.
- یکی از اصول مارکوویتز، توجه به دو عامل ریسک پرتفوی^{۱۲} و بازدهی پرتفوی^{۱۳} بطور همزمان برای سرمایه گذار است. این در حالی است که قبل از مارکوویتز، توجه به ریسک پرتفوی و بازدهی پرتفوی در ادبیات مالی بصورت تصادفی بود. این ایده که تصمیم گیری مالی، از تقابل میان ریسک پرتفوی و بازدهی پرتفوی بوجود می آید، به دو دلیل یک انقلاب در مدیریت سرمایه گذاری ایجاد کرد:
- اول اینکه فرض می کند که سرمایه گذار ارزیابی کمی از ریسک پرتفوی و بازدهی پرتفوی را از طریق توجه به بازدهی پرتفوی و حرکت همزمان بازدهی پرتفوی ها نسبت به هم انجام می دهد که این ایده اصلی در تنوع بخشی پرتفوی است.
- دوم اینکه، فرآیند تصمیم گیری مالی را بعنوان یک مسأله بهینه سازی در نظر می گیرد، یعنی سرمایه گذار در میان انواع مختلف پرتفوهایی در دسترس، پرتفویی را انتخاب می کند که کمترین واریانس^{۱۴} را دارد.

مارکوویتز این نکته را که سرمایه گذار منطقی، در زمان t در مورد نگهداری پرتفوی سرمایه گذاری خود برای مدت زمان Δt تصمیم گیری می کند، را وارد مباحث مالی کرد. این سرمایه گذار منطقی در مورد میزان سود و زیان پایان دوره سرمایه گذاری خود یعنی زمان $t + \Delta t$ باید تصمیم گیری کند. درست در همین زمان است که وی در مورد موقعیت جدید خود نیز باید تصمیم گیری کند. مدت زمان سرمایه گذاری مارکوویتز، تک دوره ای^{۱۵} است. سرمایه گذاری تک دوره ای باعث ایجاد پدیده نزدیک بینی^{۱۶} در رفتار سرمایه گذار می شود. رفتار چنین سرمایه گذاری از درجه منطقی بودن کمتری نسبت به سرمایه گذاران چند دوره ای^{۱۷} برخوردار است.

مارکوویتز چنین استدلال می کند که سرمایه گذاران تصمیمات سرمایه گذاری خود را براساس تقابل بین ریسک پرتفوی و بازدهی پرتفوی اتخاذ می کنند. نرخ بازدهی پرتفوی موردانتظار^{۱۸} از جمع تغییرات قیمت موردانتظار و درآمد موردانتظار در دوره طول سرمایه گذاری بدست می آید. وی واریانس بازدهی پرتفوی موردانتظار را نیز معیاری برای محاسبه ریسک پرتفوی معرفی کرد.

بهرحال مارکوویتز معتقد بود که یک سرمایه گذار منطقی بدنبال انتخاب پرتفویی است که دارای کمترین واریانس از میان کلیه پرتفوهایی موجود است. مجموعه پرتفوهایی موجود را مجموعه در دسترس^{۱۹} گویند. پرتفوهایی با کمترین واریانس با توجه به سطح معینی از بازدهی پرتفوی موردانتظار را پرتفوهایی میانگین-واریانس کارا^{۲۰} گویند. مجموعه تمامی پرتفوهایی میانگین-واریانس کارا، برای تمامی سطوح معین بازدهی پرتفوی موردانتظار، مرز کارا^{۲۱} نام دارد. منحنی زیر، مرز کارا داراییهای ریسک پرتفویی را نشان می دهد.



کلیه پرتفوهایی که در ناحیه II - III موجودند، پرتفوهایی بهینه با سطوح مختلف ریسک پرتفوی هستند. این پرتفوها، بیشترین بازدهی پرتفوی را در هر یک از سطوح معین ریسک پرتفوی ارائه می کنند.

سایر پرتفوی‌های موجود، ناکاراً هستند. پرتفوهایی که در نقطه II قرار دارند، پرتفوی جهانی با حداقل واریانس (GMV)^{۲۲} می باشد.

در سالیان اخیر، معیارهای متفاوتی برای اندازه‌گیری ریسک پرتفوی ارائه شده است که در ذیل به خلاصای از آنها اشاره می‌کنیم:

بطور کلی دو دسته معیار برای اندازه‌گیری ریسک پرتفوی وجود دارد:

(۱) معیارهای پراکندگی^{۲۳}

(۲) معیارهای ریسک پرتفوی نامطلوب^{۲۴}

که در زیر به تشریح انواع هر یک پرداخته شده است.

• معیار پراکندگی

معیارهای پراکندگی، معیارهای عدم اطمینان^{۲۵} هستند. این معیار، هر دو پراکندگی مثبت و منفی را از میانگین بعنوان ریسک پرتفوی در نظر می‌گیرد. ابزارهایی که ریسک پرتفوی را براساس این معیار اندازه‌گیری می‌کنند، عبارتند از:

(۱) انحراف از میانگین

$$\sigma_p^2 = \sum_{i=1}^N w_i^2 \sigma_i^2 + \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N w_i w_j \sigma_{ij}$$

(۲) قدرمطلق انحراف از میانگین

این معیار برای اولین بار توسط کونو^{۲۶} در سال ۱۹۸۸، بعنوان معیاری برای اندازه‌گیری ریسک پرتفوی معرفی شد.

$$MAD(R_p) = E \left(\left| \sum_{i=1}^N w_i R_i - \sum_{i=1}^N w_i \mu_i \right| \right)$$

$$R_p = \sum_{i=1}^N w_i R_i$$

که در آن R_i بازدهی پرتفوی سهم i و μ_i بازدهی پرتفوی موردانتظار i است.

این در حالی است که همین محقق، فرمول زیر را برای وقتی که تک تک داراییها دارای توزیع نرمال باشند، را جایگزین فرمول قبلی کرد:

$$MAD(R_p) = \sqrt{\frac{2}{\pi}} \sigma_p$$

که در این فرمول σ_p انحراف استاندارد پرتفوی است.

(۳) قدرمطلق گشتاور تفاضل از میانگین^{۲۷} مرتبه q ام

$$MAM_q(R_p) = (E(|R_p - E(R_p)|)^q)^{1/q} \quad q \geq 1$$

معیارهای ریسک پرتفوی نامطلوب

۱. نیم واریانس

$$\sigma_{P,\min}^2 = E \left(\min \left(\sum_{i=1}^N w_i R_i - \sum_{i=1}^N w_i \mu_i, 0 \right) \right)^2$$

۲. گشتاور انحرافات نامطلوب^{۲۸}

$$\sigma_{RP,q,R_0} = \left(E(\min(R_P - R_0, 0))^q \right)^{1/q}$$

۳. ارزش در معرض خطر

$$\text{var}_{1-\varepsilon}(R_P) = \min\{R|P(-R_P \geq R) \leq \varepsilon\}$$

که در آن P تابع احتمال است.

در تحقیق حاضر، سعی شده نه تنها ریسک پرتفوی پرتفوی با روش یکی از روشهای جدید به نام ارزش در خطر محاسبه گردد، بلکه بهینه سازی پرتفوی را از طریق بهینه سازی پایدار^{۲۹} به انجام رساند.

لغت پرتفوی، در عبارات ساده، به ترکیبی از دارایی ها گفته می شود که توسط یک سرمایه گذار برای سرمایه گذاری تشکیل می شود. این سرمایه گذار می تواند یک فرد یا یک موسسه باشد. از نظر تکنیکی، یک پرتفوی در برگیرنده مجموعه ای از داراییهای واقعی و مالی سرمایه گذاری شده یک سرمایه گذار است. با این حال، در این تحقیق تاکید ما بر دارایی های مالی است. مطالعه تمام جنبه های پرتفوی، مدیریت پرتفوی نام دارد. این واژه جامع، در برگیرنده مفاهیم تئوری پرتفوی است.

در سال ۱۹۵۰ هری مارکوویتز مدل اساسی پرتفوی را ارائه کرد که مبنایی برای تئوری مدرن پرتفوی قرار گرفت. قبل از مارکوویتز سرمایه گذاران با مفاهیم ریسک و بازدهی پرتفوی آشنا بودند. اگر چه آنها با مفهوم ریسک آشنا بودند ولی معمولاً نمی توانستند آن را اندازه گیری کنند. سرمایه گذاران از قبل می دانستند که ایجاد تنوع مناسب است و نباید "همه تخم مرغ هایشان را در یک سبد بگذارند". با این حال، مارکوویتز، اولین کسی بود که مفهوم پرتفوی و ایجاد تنوع را به روش علمی بیان کرد. او به صورت کمی نشان داد که چرا و چگونه تنوع سازی پرتفوی می تواند باعث کاهش ریسک پرتفوی (مجموعه سرمایه گذاری) یک سرمایه گذار شود.

چرا ایجاد تنوع در سرمایه گذاری برای سرمایه گذاران مهم است؟ می توان گفت که قانون شماره یک مدیریت پرتفوی، ایجاد تنوع است. از آنجا که سرمایه گذاران نسبت به آینده مطمئن نیستند باید برای کاهش ریسک دست به ایجاد تنوع در سرمایه گذاری خود بزنند. به عبارت دیگر تشکیل یک پرتفوی متنوع، میزان ریسک را تا حد زیادی کاهش می دهد. به عنوان مثال در بحران اقتصادی سال ۱۹۸۷ آمریکا، فقط کمتر از ۵ درصد صندوق های مشترک سرمایه گذاری (که اقدام به تشکیل پرتفوی می کردند) با ضرر و زیان مواجه شدند.

مارکوویتز درصدد بر آمد تا روشها و ایده های موجود را در قالب یک چارچوب رسمی سازماندهی کرده و به این سوال اساسی پاسخ دهد: آیا ریسک پرتفوی با مجموع ریسک اوراق بهادار منفرد، که در مجموع پرتفوی را تشکیل می دهند برابر است؟ مارکوویتز با ارائه روش اندازه گیری ریسک پرتفوی به محاسبه ریسک و بازدهی پرتفوی مورد انتظار پرتفوی پرداخت. مدل او بر مبنای بازدهی پرتفوی مورد انتظار و ویژگی های

ریسک اوراق بهادار که چارچوب تئوریکی برای تجزیه و تحلیل گزینه های ریسک و بازدهی پرتفوی است، استوار شده است.

تنوع بخشی به قضیه حد مرکزی^{۳۰} برمی گردد. براساس این قضیه، اگر X_1, X_2, \dots, X_N متغیر تصادفی مستقل باشند و هر X_i دارای یک توزیع احتمال با میانگین μ و واریانس σ^2 ، آنگاه

$$\lim_{N \rightarrow \infty} P\left(\frac{1}{\sigma\sqrt{N}} \sum_{i=1}^N (X_i - \mu) \leq y\right) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^y e^{-\frac{1}{2}s^2} ds$$

با در نظر گرفتن مطالب فوق، برای پرتفویی با N دارایی با بازدهی پرتفوی های R_1, R_2, \dots, R_N ، در صورتی که وزن سرمایه گذاری هر یک مساوی باشد، بصورت زیر می باشد:

$$R_P = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N R_i$$

براساس قضیه حد مرکزی، واریانس پرتفوی بصورت زیر خواهد بود:

$$\begin{aligned} \text{var}(R_P) &= \frac{1}{N^2} \sum_{i=1}^N \text{var}(R_i) \\ &= \frac{1}{N^2} \cdot N \cdot \sigma^2 \\ &= \frac{\sigma^2}{N} \xrightarrow{N \rightarrow \infty} 0 \end{aligned}$$

در چارچوب کلاسیک بهینه سازی میانگین-واریانس^{۳۱}، سرمایه گذاری را در نظر می گیریم که می خواهد پرتفویی با N دارایی ریسک پرتفویی تشکیل دهد. $w = (w_1, w_2, \dots, w_N)$ نشاندهنده بردار وزن سرمایه گذاری در هر یک از داراییهاست. فرض کنیم بردار بازدهی پرتفوی داراییها بصورت بردار $R = (R_1, R_2, \dots, R_N)$ باشد. در این صورت بردار بازدهی پرتفوی موردانتظار داراییها بصورت $\mu = (\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_N)$ می باشد. Σ ماتریس واریانس کوواریانس بازدهی پرتفوی داراییهاست که بصورت زیر تعریف می گردد:

$$\begin{bmatrix} \sigma_{11} & \dots & \sigma_{1N} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \sigma_{N1} & \dots & \sigma_{NN} \end{bmatrix}$$

که در آن σ_{ij} نشاندهنده کوواریانس بین بازدهی پرتفوی دارایی i و j است که براساس رابطه $\sigma_{ij} = \sigma_i \cdot \sigma_j \cdot \rho_{ij}$ بدست می آید که در آن ρ_{ij} ضریب همبستگی بین بازدهی پرتفوی دو دارایی i و j است. شایان ذکر است که $\sigma_{ii} = \sigma_i^2$. با توجه به مفروضات بالا، مساله بهینه سازی میانگین-واریانس کلاسیک بصورت زیر توسط مارکویتز ارائه شد:

$$\begin{aligned} \mu_p &= w' \mu \\ \sigma_p^2 &= w' \Sigma w \end{aligned}$$

برای مثال اگر سرمایه گذار در دو دارایی با وزنهای $w = (w_1, w_2)$ سرمایه گذاری کند، نرخ بازدهی پرتفوی موردانتظار و واریانس پرتفوی بصورت زیر محاسبه می شوند:

$$\begin{aligned}\mu_p &= w_1\mu_1 + w_2\mu_2 \\ \sigma_p^2 &= [w_1 \quad w_2] \begin{bmatrix} \sigma_{11} & \sigma_{12} \\ \sigma_{21} & \sigma_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \end{bmatrix} \\ &= [w_1\sigma_{11} + w_2\sigma_{21} \quad w_1\sigma_{12} + w_2\sigma_{22}] \\ &= w_1^2\sigma_{11} + w_2^2\sigma_{22} + 2w_1w_2\sigma_{12}\end{aligned}$$

بنابراین بهینه سازی پرتفوی در مدل کلاسیک مارکویتز بصورت زیر محاسبه می شود:

$$\begin{aligned}\min_w \quad & w/\sum w \\ \text{s. t:} \quad & \mu_0 = w/\mu\end{aligned}$$

با این فرض که

$$w/\tau = 1, \quad \tau = [1, 1, \dots, 1]$$

این مساله، یک مساله بهینه سازی درجه دو ۳۲ است.

$$w = g + h\mu_0$$

μ_0 نرخ بازدهی پرتفوی موردانتظار هدف است.

$$\begin{aligned}g &= \frac{1}{ac - b^2} \Sigma^{-1} [c\tau - b\mu] \\ h &= \frac{1}{ac - b^2} \Sigma^{-1} [a\mu - b\tau] \\ a &= \tau' \Sigma^{-1} \tau \\ b &= \tau' \Sigma^{-1} \mu \\ c &= \mu' \Sigma^{-1} \mu\end{aligned}$$

همانگونه که ملاحظه می گردد، تفاوت در روشهای محاسبه ریسک پرتفوی و بازدهی پرتفوی، بهینه سازی پرتفوی را بشدت تحت تاثیر قرار خواهد داد. بنابراین شناخت ابزارهای متفاوت این دو متغیر، نقش بسیار مهمی در توسعه ادبیات پرتفوی خواهد داشت.

پیش از این در هیچیک از تحقیقات به طور مستقیم به تبیین مدل ریاضی انتخاب پرتفوی بهینه سرمایه گذاری در چارچوب مفروضات بهینه سازی پایدار و وجود یا عدم وجود تفاوت آن با مفروضات بهینه سازی کلاسیک نپرداخته است، از اینرو در شرایطی که تصمیم گیری درست مدیران و سرمایه گذاران به بررسی و به تبع آن درک دقیق آنها از این مفروضات است، محقق را برآن داشته تا با درک ضرورت پژوهش با موضوع سنجش و مقایسه الگوهای انتخاب سنتی و نوین انتخاب پرتفوی در حوزه مدیریت سرمایه گذاری و تئوری های مالی به تحقیق در این موضوع بپردازد.

۲- مبانی نظری و مروری بر پیشینه تحقیق

نخستین بار رام و فرگوسن^{۳۳} (۱۹۹۳) در مقاله ای با عنوان "مدل پرتفوی فرا مدرن تکامل می یابد"، اصطلاح مدل فرامدرن پرتفوی را به صورت رسمی در ادبیات مالی به کار بردند. در این مقاله، محققین مطرح نموده بودند که نظریه پرتفوی مدرن در شرایط خاصی عملکرد رضایت بخشی ندارد و عملکرد

نامناسب مدل مدرن پرتفوی را ناشی از نادرست بودن دو فرض این مدل می‌دانستند: (گالوپو، گوسپ، ۲۰۱۰، ۱)

۱) واریانس بازده‌ها، معیار صحیحی برای اندازه‌گیری ریسک سرمایه‌گذاری است.

۲) توزیع بازده کلیه دارایی‌ها و اوراق بهادار، نرمال است.

در فرض اول، با محاسبه واریانس به عنوان معیار ریسک، هرگونه نوسان مثبت یا منفی احتمالی در آینده ریسک محسوب می‌شود. انتقاد اصلی وارد بر این معیار متقارن بودن آن نسبت به بازده‌های بزرگتر از بازده مورد انتظار و بازده‌های کوچکتر از آن است. در واقع از دید سرمایه‌گذاران کسب بازده‌های بزرگتر از بازده مورد انتظار نه تنها نامطلوب شمرده نمی‌شود بلکه سرمایه‌گذاران از آن استقبال نیز می‌کنند، خصوصاً در بازارهای پر رونق^{۳۴} سرمایه‌گذاران در جستجوی کسب بازده‌های بالا هستند. (وینتر، فاما، ۱۹۹۳، ۳۴۹)

بسیاری از مفاهیم و مدل‌های ارائه شده در طول ۶۰ سال اخیر، بر فرض نرمال بودن توزیع بازده کلیه دارایی‌ها و اوراق بهادار استوار است. اما به جزء چند استثنا، کلیه مطالعات مالی صورت گرفته از ۱۹۶۰ تاکنون از این فرض پشتیبانی نمی‌کنند. فاما (۱۹۶۳) و مندلبروت^{۳۵} (۱۹۶۳) از نخستین محققانی بودند که در تحقیقاتی که به صورت جدا از هم، در مورد توزیع بازده‌های سهام انجام دادند، فرض نرمال بودن توزیع بازده‌های سهام را رد نمودند. بسیاری از تحقیقات تجربی صورت گرفته نشان می‌دهند که سری زمانی بازده‌ها دارای دنباله‌های ضخیم^{۳۶} و چولگی^{۳۷} هستند. (راچو، اسمن، ۲۰۰۵، ۱)

دنباله‌های ضخیم، همان کشیدگی مازاد^{۳۸} است که در آن توزیع بازدهی دارایی‌های مالی نسبت به توزیع نرمال بلندتر است و اصطلاحاً دارای دنباله‌های ضخیم است. یعنی بازده‌های بزرگ (منفی یا مثبت) که اصطلاحاً رویدادهای فرین^{۳۹} نامیده می‌شوند، اتفاق می‌افتند. مفاهیم آماری نظیر توزیع نرمال غالباً بر مبنای قضیه حد مرکزی است و توزیع داده‌ها را تنها نزدیک به مرکز توزیع می‌تواند به خوبی می‌توان برآورد کند و از مشاهدات موجود در دنباله‌های ضخیم استفاده چندانی نمی‌تواند بکند. بدیهی است که این امر استفاده از توزیع‌های آماری شناخته‌شده نظیر توزیع نرمال را جهت تعیین رفتار دنباله‌ها، دچار مشکل می‌نماید.

همچنین علاوه بر دو فرض مورد انتقاد رام و فرگوسن، بسیاری از مفروضات دیگر مدل مدرن پرتفوی و مدل‌های منتج از آن نظیر مدل قیمت‌گذاری دارایی‌های سرمایه‌ای، نیز کاملاً درست نمی‌باشد و مورد انتقاد است که در این قسمت، به مرور این مفروضات پرداخته می‌شود:

- همبستگی بین دارایی‌های مختلف معین و ثابت است.
- همه سرمایه‌گذاران به دنبال بیشینه‌کردن مطلوبیت اقتصادی خود هستند.
- همه سرمایه‌گذاران منطقی هستند و ریسک‌گریزند
- همه سرمایه‌گذاران به میزان یکسانی از اطلاعات و در زمان یکسانی دسترسی دارند.
- مالیات و هزینه‌های معاملات وجود ندارد.
- همه سرمایه‌گذاران قیمت‌پذیر^{۴۰} هستند، یعنی خرید و فروش سهام یک سرمایه‌گذار تأثیری بر قیمت سهام ندارد.

- هر سرمایه‌گذاری می‌تواند در نرخ بازده بدون ریسک وام بگیرد و وام بدهد.
- همه اوراق بهادار به هر جزئی بخش‌پذیر بوده و قابل معامله هستند

از میان همه انتقاداتی که در مورد مدل پرتفوی مدرن مطرح گردید، این که واریانس معیار صحیحی برای ریسک نیست و منطبق نبودن توزیع بازده دارایی‌ها با توزیع نرمال اهمیت بیشتری دارد. زیرا دو مقوله معیار مناسب برای اندازه‌گیری ریسک، و توزیع بازده‌ها نقش کلیدی را در انتخاب پرتفوی بهینه ایفا می‌کنند. به همین دلیل در بسیاری از مدل‌های ارائه شده در مدل فرامدرن پرتفوی، سعی شده است که از معیاری از ریسک استفاده شود که همخوانی بیشتری با ادراک سرمایه‌گذاران داشته باشد و فرض مربوط به توزیع بازده دارایی‌ها نیز با واقعیت مطابقت بیشتری داشته باشد. در اینجا لازم است مختصری از ابزارهای سنجش ریسک را معرفی نماییم.

• ریسک نامطلوب

محققین همواره در تلاش بودند که، معیار مناسبی برای اندازه‌گیری ریسک ارائه کنند که مطابق با درک سرمایه‌گذاران از ریسک باشد، یعنی تنها انحرافات منفی نسبت به بازده مورد انتظار به عنوان ریسک در نظر گرفته شود، اصطلاحاً به معیار ریسکی که این خصوصیت را داشته باشد ریسک نامطلوب اطلاق می‌شود. این اصطلاح نخستین بار در مقاله‌ای توسط روی (۱۹۵۲) به کار گرفته شد. ری معتقد بود سرمایه‌گذاران ابتدا به دنبال امنیت اصل سرمایه خود و سپس به دنبال کسب حداقل بازده قابل قبول خواهند بود. به عقیده وی، سرمایه‌گذاران بیش از آن که به حداکثر سود بیندیشند، در فکر حداقل کردن ریسک‌اند. وی حداقل بازدهی قابل قبول را سطح بحرانی نامید و روش خود را براساس حفظ سطح بحرانی بازدهی برای سرمایه‌گذار طراحی کرد. وی بیان داشت که سرمایه‌گذاران به دنبال نوعی سرمایه‌گذاری خواهند بود که احتمال وقوع بازدهی کمتر از سطح را حداقل سازد. در این شرایط، سرمایه‌گذار باید نسبت بازدهی به تلاطم را به حداکثر برساند:

$$\text{Max} \left(\frac{E(r)-d}{S} \right)$$

در این رابطه، d سطح و یا حداقل بازدهی فرضی سرمایه‌گذار است، $E(r)$ بازده مورد انتظار و S انحراف معیار است.

مارکویتز در سال ۱۹۵۹ معیار جدیدی برای محاسبه ریسک نامطلوب با عنوان نیم‌واریانس ارائه نمود. مارکویتز برای محاسبه نیم‌واریانس دو روش کلی زیر را پیشنهاد نمود. روش اول، نیم‌واریانس است که از میانگین مجموع مجذور انحرافات پایین تر از میانگین نرخ بازدهی به دست می‌آید و به آن نیم واریانس بازده میانگین یا نیم‌واریانس زیرمیانگین SV_M نیز می‌گویند. و به صورت زیر محاسبه می‌شود.

$$SV_M = \frac{1}{k} \sum_{i=0}^k (\text{Max}[0, E(r) - r_i])^2$$

روش دوم، استفاده از نیم‌واریانس است که از میانگین مجموع مجذور انحرافات پایین تر از نرخ بازدهی هدف حاصل می‌شود و به آن نیم‌واریانس بازده هدف یا نیم‌واریانس زیرهدف (SV_T) می‌گویند و از رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$SV_T = \frac{1}{k} \sum_{i=0}^k (\text{Max}[0, (T - r_i)])^2$$

برای هدف گذاری بازدهی می‌توان از معیارهای مختلفی از جمله نرخ بازده بدون ریسک، الگو برداری از بازده سایر دارایی‌ها مانند سبد بازار و یا هر معیار هدف گذاری دیگری استفاده کرد.

• ارزش در معرض خطر

ارزش در معرض ریسک، معیار جدیدی بود که در دهه ۹۰ میلادی توسعه یافت. با الزامات قانونی از سوی کمیسیون بورس اوراق بهادار آمریکا و کمیته بال استفاده از ارزش در معرض ریسک در بین بانک‌ها و موسسات مالی گسترش یافت. ارزش در معرض ریسک یک معیار ریسک نامطلوب است که با درک افراد نسبت به ریسک تطابق بیشتری دارد. همچنین در آن الزامی به نرمال فرض کردن توزیع داده‌ها وجود ندارد و بسیاری از روش‌های اندازه‌گیری این معیار ریسک، مشکلاتی که سایر معیارهای اندازه‌گیری ریسک، در مواجهه با دنباله‌های ضخیم داشتند را ندارد. از دهه ۹۰ تاکنون چارچوب‌های بهینه‌سازی پرتفوی بسیاری با بکارگیری این معیار ریسک ابداع شده‌اند.

از نظر ریاضی می‌توان ارزش در معرض ریسک، را به صورت زیر نشان داد: (عبده تبریزی، ۱۳۸۸، ۵۸)

$$\Pr\{-G \geq \text{VaR}\} = 1 - \alpha$$

که در این رابطه :

G تغییر ارزش پرتفوی در دوره نگهداری مورد نظر و

$1 - \alpha$ سطح اطمینان است.

روابط فوق بیان می‌کند که احتمال این‌که ارزش پرتفوی در دوره آتی، بیش از ارزش در معرض ریسک باشد، حداکثر برابر α است. به عبارت دیگر، احتمال این‌که زیان سبد دارایی در دوره آتی کمتر از ارزش در معرض ریسک باشد، $1 - \alpha$ است.

• ارزش در معرض ریسک شرطی

ارزش در معرض ریسک شرطی ($CVaR$) که به نام‌های ریزش مورد انتظار (ES) و میانگین ارزش در معرض ریسک ($AVaR$) نیز خوانده می‌شود. یک معیار دیگر ریسک نامطلوب است که نسبت به ارزش در معرض ریسک، محافظه‌کارانه‌تر بوده و دارای خاصیت جمع‌پذیری بوده و جزء معیارهای منسجم محسوب می‌شود. این معیار، میانگین α درصد از بدترین زیان‌هاست و با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$CVaR_\alpha = \frac{1}{\alpha} \int_0^\alpha VaR_\gamma(X) d\gamma$$

از طرفی رویکردهای روشهای مختلفی برای برآورد ارزش در معرض خطر وجود دارد که بطور کلی می توان آنها را در سه گروه طبقه بندی کرد:

- ✓ روشهای پارامتریک
- ✓ روشهای ناپارامتریک
- ✓ روشهای نیمه پارامتریک

در مدل های پارامتریک فرض بر این است که بازده دارایی ها از توزیع خاصی مثلاً نرمال پیروی می کند. در این قسمت از میان مدل های پارامتریک، به مدل های با فرض توزیع نرمال و t پرداخته می شود. روش های ناپارامتریک شامل دو رهیافت کلی مدل های شبیه سازی تاریخی و مونت کارلو می شوند. مدل های شبیه سازی تاریخی توسط هندریکس (۱۹۹۶) ابداع شدند و امروزه از متداول ترین روش های محاسبه ارزش در معرض ریسک محسوب می شوند. پرینگتون و اسمیت (۲۰۱۰) در پژوهش خود نشان دادند که ۷۳ درصد بانک هایی که روشی را که برای محاسبه ارزش در معرض ریسک بکار گرفته بودند، افشا نموده بودند، مدل های شبیه سازی تاریخی را بکار گرفته بودند.

بزرگترین مزیت استفاده از مدل های شبیه سازی تاریخی، این است که نیازی نیست فرض خاصی برای توزیع بازده دارایی ها در نظر گرفت. در واقع در استفاده از مدل های شبیه سازی تاریخی تنها فرض می شود که آینده شبیه گذشته است و آینده ادامه گذشته است و با استفاده از اطلاعات گذشته می توان آینده را پیش بینی نمود.

امروزه با توسعه و پیشرفت نرم افزارها و الگوریتم های بهینه سازی می توان به سادگی بسیاری از مسائل پیچیده بهینه سازی را به سادگی و در مدت زمان کوتاهی حل نمود. اما معمولاً جواب هایی که به وسیله بسیاری از این روش های بهینه سازی بدست می آیند، نسبت به نوسانات کوچک در ورودی های مسئله بسیار حساس هستند. از آنجایی که در مسائل دنیای واقعی، به ندرت داده ها از قطعیت یا دقت کافی برخوردارند، بنابراین باید در جستجوی روش هایی برای بهینه سازی بود که بتوان با مسئله عدم قطعیت در داده ها مواجه نمود.

تحلیل حساسیت قدیمی ترین روش برای مواجه با عدم قطعیت پارامترهاست. در این روش بعد از دستیابی به یک جواب بهینه، به مسئله عدم قطعیت پرداخته می شود. در این روش می توان بازه ای را برای هر پارامتر با فرض ثابت ماندن سایر پارامترها تعیین نمود که در آن جواب مسئله بهینه می ماند. در واقع تحلیل حساسیت تنها ابزاری برای تحلیل مناسب بودن جواب نسبت به عدم قطعیت هاست و نمی توان از آن برای دستیابی به جواب هایی استفاده کرد که نسبت به عدم قطعیت ها پایدار باشند، علاوه بر این تحلیل حساسیت در مدل هایی که تعداد زیادی داده غیرقطعی دارند، قابل استفاده نمی باشند.

یکی از روش هایی که به وسیله آن می توان برآورد خطاها و عدم قطعیت ها را در فرایند انتخاب پرتفوی بهینه لحاظ نمود، استفاده از روش باز نمونه گیری پرتفوی می باشد که نوعی شبیه سازی مونت کارلو محسوب می شود.

در روش‌های دیگر بهینه‌سازی تحت عدم قطعیت، عدم قطعیت داده‌ها مستقیماً در محاسبه پاسخ بهینه مسئله دخالت داده می‌شود. برای مثال در روش‌های برنامه‌ریزی تصادفی داده‌های غیرقطعی به صورت سناریوهایی در نظر گرفته می‌شوند. در روش معمول برنامه‌ریزی خطی تصادفی جواب بهینه‌ای پیدا می‌شود که بزرگترین میانگین اندازه تابع هدف در کل سناریوها را داشته باشد.

برنامه‌ریزی پویا تکنیک دیگری برای مواجهه با مشکل عدم قطعیت‌هاست که توسط بلمن (۱۹۴۰) معرفی شد. ایده اساسی در این تکنیک عبارت است از تجزیه مسئله مورد نظر به مسائل فرعی (کوچکتر)، که از لحاظ محاسباتی آسان‌تر می‌توان آن‌ها را حل نمود. برنامه‌ریزی پویا مسئله را به مجموعه‌ای از مسائل با یک مرحله تصمیم‌گیری تبدیل می‌کند، به طوری که هر مرحله شامل یک و یا تعدادی متغیر تصمیم می‌شود. آن‌گاه عملیات حل مسئله با یک مرحله آغاز شده و این مرحله با بررسی راهکارهای مختلف و مدنظر قرار دادن آثار تجمعی تصمیمات بهینه ایجاد شده در مراحل مختلف، صورت پذیرفته و جواب نهایی مسئله براساس تمامی مراحل معین می‌گردد.

بهینه‌سازی پایدار رویکرد نوظهوری در بهینه‌سازی است که توسط سویتر (۱۹۷۳) معرفی شد. این روش بهینه‌سازی در شرایطی که عدم قطعیت وجود دارد بسیار کاراست و جایگزین مناسبی برای روش‌های برنامه‌ریزی تصادفی و پویا محسوب می‌شود. در این روش فرض می‌شود که پارامترها در داخل مجموعه‌ای پیوسته تغییر می‌کنند. با تعریف مناسب این مجموعه، و در صورت لزوم تبدیل مسئله بهینه‌سازی پایدار به یک مسئله برنامه‌ریزی قطعی، می‌توان به سادگی مسئله بهینه‌سازی پایدار را حل نمود.

هدف اصلی از بکارگیری روش‌های برنامه‌ریزی تصادفی، برنامه‌ریزی پویا و بهینه‌سازی پایدار مواجهه با مسئله عدم قطعیت پارامترها در مدل‌های بهینه‌سازی می‌باشد. با این وجود این سه روش به لحاظ تاریخی مستقل از یکدیگر ابداع شده و توسعه یافته‌اند.

۳- روش شناسی پژوهش

تحقیق علمی با هدف شناخت یک پدیده در یک جامعه آماری انجام می‌شود. به این دلیل موضوع تحقیق ممکن است متوجه صفات و ویژگی‌ها، کارکردها و متغیرهای آن باشد یا اینکه روابط بین متغیرها، صفات، کنش و واکنش و عوامل تأثیرگذار در جامعه را مورد مطالعه قرار دهد. مجموعه واحدهایی که حداقل در یک صفت مشترک باشند یک جامعه آماری را مشخص می‌سازند و معمولاً آن را با N نمایش می‌دهند. (خاکی، غلامرضا، ۱۳۹۱، ۲۷۳)

به منظور ارائه الگوی انتخاب پرتفوی سرمایه‌گذاری مبتنی بر بهینه‌سازی پایدار باید از داده‌های مربوط به شرکتها استفاده گردید. بدین ترتیب جامعه آماری تحقیق داده‌های کلیه شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران می‌باشد و به منظور ارزیابی مدل نمونه تحقیق داده‌های مذکور برای دوره ده ساله گذشته (سال خرداد ۱۳۷۸ تا خرداد ۱۳۸۹) مورد بررسی قرار می‌گیرد. برای تشکیل پرتفوی در هر مقطع زمانی لازم است بازده و ریسک براساس محاسبات ذیل بدست آمده است.

$$R_i = \ln \left(\frac{P_{it} + D_{it}}{P_{i,t-1}} \right)$$

$$\sigma_i = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (R_i - \bar{R}_i)^2}{N - 1}}$$

سایر مشخصات تحقیق بشرح ذیل می باشد:

الف) قلمرو موضوعی تحقیق: سنجش و مقایسه الگوهای انتخاب سنتی و نوین انتخاب پرتفوی بر اساس اطلاعات بورس اوراق بهادار ایران موضوع این تحقیق است و در حوزه مدیریت سرمایه گذاری و تئوری های مالی قابل طرح و بررسی می باشد.

ب) قلمرو زمانی تحقیق: دوره زمانی این مطالعه، کلیه شرکتهای پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران برای دوره یازده ساله از خرداد سال ۱۳۷۸ تا شهریور سال ۱۳۸۹ می باشد.

ج) قلمرو مکانی تحقیق: به لحاظ قلمرو مکانی، تحقیق حاضر در بورس اوراق بهادار تهران انجام گرفته است.

در این تحقیق برای جمع آوری داده های مورد نیاز، فرضیه ها و همچنین مبانی نظری پژوهش، از روش کتابخانه ای و مبتنی بر اطلاعات کلیه شرکتهای پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران بوده و مشخصا دارای اعتبار ۴۱ و روایی ۴۲ مناسب می باشند.

۴- مدل های پژوهش

در این تحقیق به منظور ارزیابی کارایی مدل بهینه سازی پرتفوی پایدار در مقایسه با بهینه سازی پرتفوی کلاسیک، اطلاعات مربوط به شرکتهای پذیرفته شده موجود در نمونه استخراج بهینه سازی در دو قالب مذکور انجام شد. برای آزمون فرضیه های فرعی با توجه به وزن هر یک از دو قالب فوق، بازده و ریسک واقعی تخمین زده می شود.

مدل بهینه سازی کلاسیک

این مدل که توسط مارکوویتز ارائه شد، از انحراف معیار به عنوان ابزار سنجش ریسک استفاده شده است. چارچوب مدل کلاسیک بصورت زیر می باشد: (فیوزی، فرانک، ۲۰۰۷، ۲۴)

در این چارچوب، سرمایه گذاری را در نظر می گیریم که می خواهد پرتفویی با N دارایی ریسکی تشکیل دهد $w = (w_1, w_2, \dots, w_N)$. نشاندهنده بردار وزن سرمایه گذاری در هر یک از دارایی هاست. فرض کنیم بردار بازده دارایی ها بصورت بردار $R = (R_1, R_2, \dots, R_N)$ باشد، در این صورت بردار بازده مورد انتظار دارایی ها بصورت $\mu = (\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_N)$ می باشد. ماتریس واریانس کوواریانس بازده دارایی هاست که بصورت زیر تعریف می گردد:

$$\Sigma = \begin{bmatrix} \sigma_{11} & \dots & \sigma_{1N} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \sigma_{N1} & \dots & \sigma_{NN} \end{bmatrix}$$

که در آن:

σ_{ij} نشاننده کوواریانس بین بازده دارایی i و j است که براساس رابطه $\sigma_{ij} = \sigma_i \cdot \sigma_j \cdot \rho_{ij}$ بدست می‌آید، ρ_{ij} ضریب همبستگی بین بازده دو دارایی i و j است و $\sigma_{ii} = \sigma_i^2$ یعنی: $\sigma_{ii} = \sigma_i^2$ با توجه به مفروضات بالا، مساله بهینه سازی میانگین- واریانس کلاسیک به صورت زیر توسط مارکوویتز ارائه شد:

$$\mu_p = w' \mu$$

$$\sigma_p^2 = w' \Sigma w$$

برای مثال اگر سرمایه گذار تنها در دو دارایی با وزنهای $w = (w_1, w_2)'$ سرمایه گذاری کند، نرخ بازده موردانتظار و واریانس پرتفوی بصورت زیر محاسبه می شوند:

$$\mu_p = w_1 \mu_1 + w_2 \mu_2$$

$$\sigma_p^2 = [w_1 w_2] \begin{bmatrix} \sigma_{11} & \sigma_{12} \\ \sigma_{21} & \sigma_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \end{bmatrix}$$

$$= [w_1 \sigma_{11} + w_2 \sigma_{21} w_1 \sigma_{12} + w_2 \sigma_{22}]$$

$$= w_1^2 \sigma_{11} + w_2^2 \sigma_{22} + 2w_1 w_2 \sigma_{12}$$

بنابراین بهینه سازی پرتفوی در مدل کلاسیک مارکوویتز بصورت زیر محاسبه می شود:

$$\min_w w' \Sigma w \quad (17-2)$$

s. t. $\mu_0 = w' \mu$

با این فرض که

$$w' \tau = 1, \quad \tau = [1, 1, \dots, 1]$$

این مساله، یک مساله بهینه سازی درجه دو ۴۳ است.

$$w = g + h \mu_0 \quad (18-2)$$

که در آن μ_0 نرخ بازده موردانتظار هدف است و روابط زیر برقرار است.

$$g = \frac{1}{ac - b^2} \Sigma^{-1} [c\tau - b\mu]$$

$$h = \frac{1}{ac - b^2} \Sigma^{-1} [a\mu - b\tau]$$

$$a = \tau' \Sigma^{-1} \tau$$

$$b = \tau' \Sigma^{-1} \mu$$

$$c = \mu' \Sigma^{-1} \mu$$

مدل بهینه سازی پایدار

کارتینک ناتاراجان و همکارانش در یک تحقیق عملی نشان دادند که انتخاب پرتفوی براساس مدل ارزش در معرض ریسک در تعیین پرتفوی بهینه هنگامی بهترین جواب را ارائه می کند که در چارچوب بهینه سازی پایدار می باشد. مدل ارزش در معرض ریسک پارامتریک پایدار بصورت زیر فرموله شد: (ناتاراجان، کارتیک، ۲۰۰۶)

$$\min_{\gamma, w, u, y, t, s} \gamma$$

s. t. $\gamma + \mu' w \geq \|\Omega\| + t/\underline{z} + s/\bar{z}$

$$y = A/w$$

$$u_j \geq -p_j(y_j + t_j - s_j), \quad u_j \geq -q_j(y_j + t_j - s_j), \quad j = 1, \dots, M$$

$$w/\tau = 1$$

متغیرهای بهینه سازی فوق عبارتند از:

- μ نرخ بازده موردانتظار.
- A متغیری است که از رابطه زیر بدست می آید.
- $A = \sum_2^1$
- \sum ماتریس واریانس کوواریانس بازده داراییهاست.
- w فاکتور وزن داراییها
- Ω بودجه نامعین که از رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$\Omega = \sqrt{-2 \ln \varepsilon}$$

۵- فرضیه های پژوهش

در تحقیق حاضر اهداف علمی و کاربردی زیر براساس فرضیه های موجود دنبال می شوند.

- (۱) بازدهی پیش بینی شده پرتفوی براساس بهینه سازی پایدار تفاوت معناداری با میانگین بازدهی پیش بینی شده پرتفوی بر اساس بهینه سازی کلاسیک دارد.
 - (۲) ریسک پیش بینی شده پرتفوی براساس بهینه سازی پایدار تفاوت معناداری با ریسک پیش بینی شده بهینه سازی کلاسیک دارد.
 - (۳) بازده واقعی پرتفوی براساس بهینه سازی پایدار تفاوت معناداری با میانگین بازده واقعی پرتفوی براساس بهینه سازی کلاسیک دارد.
 - (۴) ریسک واقعی پرتفوی براساس بهینه سازی پایدار تفاوت معناداری با میانگین ریسک واقعی پرتفوی براساس بهینه سازی کلاسیک دارد.
 - (۵) میانگین بازدهی پیش بینی شده پرتفوی براساس بهینه سازی پایدار تفاوت معناداری با میانگین بازدهی واقعی پرتفوی براساس بهینه سازی کلاسیک دارد.
 - (۶) میانگین ریسک پیش بینی شده پرتفوی براساس روش کلاسیک تفاوت معناداری با میانگین ریسک واقعی پرتفوی براساس روش کلاسیک دارد.
 - (۷) بازدهی پیش بینی شده پرتفوی براساس بهینه سازی پایدار تفاوت معناداری با بازدهی واقعی پرتفوی براساس بهینه سازی پایدار دارد.
 - (۸) ریسک پیش بینی شده پرتفوی براساس بهینه سازی پایدار تفاوت معناداری با ریسک واقعی پرتفوی براساس بهینه سازی پایدار دارد.
- بنابراین پرسش تحقیق حاضر را بدین صورت مطرح کرد:

- ۱) آیا بازدهی پیش‌بینی شده پرتفوی براساس بهینه‌سازی پایدار با بازدهی پیش‌بینی شده پرتفوی بر اساس بهینه‌سازی کلاسیک متفاوت است؟
- ۲) آیا ریسک پیش‌بینی شده پرتفوی براساس بهینه‌سازی پایدار با ریسک پیش‌بینی شده پرتفوی براساس بهینه‌سازی کلاسیک متفاوت است؟
- ۳) آیا بازده واقعی پرتفوی براساس بهینه‌سازی پایدار با بازده واقعی پرتفوی براساس بهینه‌سازی کلاسیک متفاوت است؟
- ۴) آیا ریسک واقعی پرتفوی براساس بهینه‌سازی پایدار با ریسک واقعی پرتفوی براساس بهینه‌سازی کلاسیک متفاوت است؟
- ۵) آیا میانگین بازدهی پیش‌بینی شده پرتفوی براساس بهینه‌سازی پایدار با میانگین بازدهی واقعی پرتفوی براساس بهینه‌سازی کلاسیک متفاوت است؟
- ۶) آیا میانگین ریسک پیش‌بینی شده پرتفوی براساس روش کلاسیک با میانگین ریسک واقعی پرتفوی براساس روش کلاسیک متفاوت است؟
- ۷) آیا بازدهی پیش‌بینی شده پرتفوی براساس بهینه‌سازی پایدار با بازدهی واقعی پرتفوی براساس بهینه‌سازی پایدار متفاوت است؟
- ۸) آیا ریسک پیش‌بینی شده پرتفوی براساس بهینه‌سازی پایدار با ریسک واقعی پرتفوی براساس بهینه‌سازی پایدار متفاوت است؟

۶- یافته های پژوهش

برای آزمون فرضیه ها با توجه به وزن هر یک از دو قالب فوق، بازدهی پرتفوی و ریسک واقعی تخمین زده می شود. از آنجا که هدف انتخاب وزن بهینه پرتفوی ریسکی براساس دو مدل کلاسیک و پایدار است، در دوره زمانی موردنظر شرکتهای پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران به ترتیب نقدشوندگی مرتب شدند. سپس شرکتهایی که حداقل شرط نقدشوندگی مناسب را دارا بودند، بعنوان شرکتهای حاضر در پرتفوی در بازه یک ماهه انتخاب شدند. شایان ذکر است که یکی از متغیرهای ورودی روش پایدار حد ضرر می باشد، این حد در ۵ سطح ۱٪، ۵٪، ۱۰٪، ۱۵٪ و ۲۵٪ در نظر گرفته شد. بنابراین هر یک از پرتفوی ها در روش پایدار در ۵ سطح مورد آزمون قرار گرفت. سایر مراحل به شرح ذیل می باشد:

بازده، ریسک و ماتریس واریانس کوواریانس برای هر یک از پرتفوها بصورت یک ماهه بدست آمد. سپس پرتفوی تعیین شده در مقاطع زمانی مختلف بعنوان ورودی دو روش کلاسیک و پایدار وارد مدل شد. خروجی هر یک از روشهای فوق وزن هریک از داراییها در پرتفوی بهینه، بازده موردانتظار و ریسک موردانتظار خواهد بود.

با استفاده از وزن هر یک از داراییهای موجود در هر یک از پرتفوها، بازده واقعی هر یک از پرتفوها را برای یک ماه آتی محاسبه می گردد. برای محاسبه ریسک واقعی هر پرتفوی از مقایسه عملکرد واقعی بازده

پرتفوها استفاده می گردد. بازده موردانتظار و واقعی در هر دو روش با یکدیگر مقایسه می شوند. ریسک موردانتظار و واقعی در هر دو روش با یکدیگر مقایسه می شوند. در مرحله آخر سعی شد میزان تفاوت معناداری (پیش بینی و واقعی) هر یک از روشها (کلاسیک و پایدار در کلیه سطوح) مورد آزمون قرار گیرد. یافته فرضیه اول: در کلیه سطوح روش بهینه سازی پایدار توانایی بیشتری در تبیین بازده پیش بینی شده نسبت به روش کلاسیک دارد. در جدول (۱-۱) ضرایب همبستگی متغیرها در سطوح مختلف نشان دهنده رابطه مثبت و معنادار هر دو متغیر می باشد از این رو با توجه به عدم تساوی میانگین و انحراف معیار دو به دو متغیرها، سطح معنی داری آنها را نیز بررسی می کنیم:

جدول ۱-۱) میانگین بازدهی پیشبینی شده پرتفوی براساس بهینهسازی پایدار تفاوت معناداری با میانگین بازدهی پیشبینی شده پرتفوی بر اساس بهینهسازی کلاسیک دارد.							
سطح معناداری	Df	t	تفاوت انحراف معیار	تفاوت میانگین	ضریب همبستگی		متغیرها
					مقدار	سطح معناداری	
۰.۰۰۰	۱۰۸	-۵.۵۷۲	۰.۰۳۹۱۹	-۰.۰۲۰۹۲	۰.۹۲۳	۰.۰۰۰	Return Classic Forecast Return Robust %75 Forecast
۰.۰۰۰	۱۰۸	-۵.۱۰۳	۰.۰۳۶۷۹	-۰.۰۱۷۹۸	۰.۹۲۹	۰.۰۰۰	Return Classic Forecast Return Robust %80 Forecast
۰.۰۰۰	۱۰۸	-۴.۳۱۸	۰.۰۳۴۳۸	-۰.۰۱۴۲۲	۰.۹۳۵	۰.۰۰۰	Return Classic Forecast Return Robust %85 Forecast
۰.۰۰۰	۱۰۸	-۴.۱۶۳	۰.۰۳۴۲۸	-۰.۰۱۳۶۷	۰.۹۳۵	۰.۰۰۰	Return Classic Forecast Return Robust %90 Forecast
۰.۰۰۰	۱۰۸	-۴.۳۸۰	۰.۰۳۲۳۶	-۰.۰۱۳۵۸	۰.۹۴۳	۰.۰۰۰	Return Classic Forecast Return Robust %95 Forecast
۰.۰۰۲	۱۰۸	-۳.۱۵۰	۰.۰۳۴۰۶	-۰.۰۱۰۲۸	۰.۹۳۴	۰.۰۰۰	Return Classic Forecast Return Robust% 99 Forecast

Return Robust %75 Forecast – Return Classic Forecast : از آن جایی که مقدار آماره T برابر با ۵/۵۷۲- بوده و سطح معنی داری آن کمتر از ۵٪ است، بنابراین با ۹۵٪ اطمینان می توان گفت که بازده به روش Classic Forecast تفاوت معناداری با بازده به روش Robust %75 Forecast دارد.

Return Robust %80 Forecast –Return Classic Forecast : از آن جایی که مقدار آماره T برابر با ۵/۱۰۳- بوده و سطح معنی داری آن کمتر از ۵٪ است، بنابراین با ۹۵٪ اطمینان می توان گفت که بازده به روش Classic Forecast تفاوت معناداری با بازده به روش Robust %80 Forecast دارد.

Return Robust %85 Forecast –Return Classic Forecast : از آن جایی که مقدار آماره T برابر با ۴/۳۱۸- بوده و سطح معنی داری آن کمتر از ۵٪ است، بنابراین با ۹۵٪ اطمینان می توان گفت که بازده به روش Classic Forecast تفاوت معناداری با بازده به روش Robust 85 Forecast دارد.

Return Robust %90 Forecast –Return Classic Forecast : از آن جایی که مقدار آماره T برابر با ۴/۱۶۳- بوده و سطح معنی داری آن کمتر از ۵٪ است، بنابراین با ۹۵٪ اطمینان می توان گفت که بازده به روش Classic Forecast تفاوت معناداری با بازده به روش Robust %90 Forecast دارد.

Return Robust %95 Forecast –Return Classic Forecast : از آن جایی که مقدار آماره T برابر با ۴/۳۸۰- بوده و سطح معنی داری آن کمتر از ۵٪ است، بنابراین با ۹۵٪ اطمینان می توان گفت که بازده به روش Classic Forecast تفاوت معناداری با بازده به روش Robust %95 Forecast دارد.

Return Robust %99 Forecast –Return Classic Forecast : از آن جایی که مقدار آماره T برابر با ۳/۱۵۰- بوده و سطح معنی داری آن کمتر از ۵٪ است، بنابراین با ۹۵٪ اطمینان می توان گفت که بازده به روش Classic Forecast تفاوت معناداری با بازده به روش Robust %99 Forecast دارد.

نتیجه گیری: همانگونه که در بالا ذکر گردید در کلیه سطوح روش بهینه سازی پایدار توانایی بیشتری در تبیین بازده پیش بینی شده نسبت به روش کلاسیک دارد.

یافته فرضیه دوم: پیش بینی ریسک در هر دو روش بهینه سازی تفاوت معناداری نداشته و در کلیه سطوح این دو روش ریسک پرتوها یکسان است.

در جدول (۱-۲) ضرایب همبستگی متغیرها در سطوح مختلف نشان دهنده رابطه مثبت و معنادار هر دو متغیر می باشد به جزء Risk Robust %75 Forecast – Risk Classic Forecast که ضریب همبستگی ۰,۱۴۳- نشاندهنده رابطه منفی و احتمال بالای ۰,۰۵ آن نشاندهنده عدم رابطه این دو متغیر است، از این رو به جهت مابقی متغیرها با توجه به عدم تساوی میانگین و انحراف معیار دو به دو متغیرها، سطح معنی- داری آنها را نیز بررسی می کنیم:

Risk Robust %80 Forecast – Risk Classic Forecast : از آن جایی که مقدار آماره T برابر با ۰/۳۳۷- بوده و سطح معنی داری آن بیشتر از ۵٪ است، بنابراین با ۹۵٪ اطمینان می توان گفت که ریسک به روش Classic Forecast هیچ تفاوتی با ریسک به روش Robust %80 Forecast ندارد.

Risk Robust %85 Forecast – Risk Classic Forecast : از آن جایی که مقدار آماره T برابر با ۰/۱۱۲- بوده و سطح معنی داری آن بیشتر از ۵٪ است، بنابراین با ۹۵٪ اطمینان می توان گفت که ریسک به روش Classic Forecast هیچ تفاوتی با ریسک به روش Robust %85 Forecast ندارد.

Risk Robust %90 Forecast – Risk Classic Forecast : نیز از آن جایی که مقدار آماره T برابر با ۰/۱۱۲- بوده و سطح معنی داری آن بیشتر از ۵٪ است، بنابراین با ۹۵٪ اطمینان می توان گفت که ریسک به روش Classic Forecast هیچ تفاوتی با ریسک به روش Robust %90 Forecast ندارد.

جدول ۲-۱) میانگین ریسک پیشبینی شده پرتفوی براساس بهینهسازی پایدار تفاوت معناداری با میانگین ریسک پیشبینی شده بهینهسازی کلاسیک دارد.							
سطح معناداری	df	t	تفاوت انحراف معیار	تفاوت میانگین	ضریب همبستگی		متغیرها
					مقدار	سطح معناداری	
۰.۰۰۰	۱۱۴	-۸.۵۵۲	۰.۱۱۱۲۳	-۰.۰۸۸۷۰	-۰.۱۴۳	۰.۱۲۷	Risk Classic Forecast Risk Robust%75 Forecast
۰.۷۳۷	۱۱۴	-۰.۳۳۷	۰.۰۳۳۲۳	-۰.۰۱۰۴	۰.۸۷۳	۰.۰۰۰	Risk Classic Forecast Risk Robust %80 Forecast
۰.۹۱۱	۱۱۴	-۰.۱۱۲	۰.۰۳۳۱۶	-۰.۰۰۰۳۵	۰.۸۷۳	۰.۰۰۰	Risk Classic Forecast Risk Robust %85 Forecast
۰.۹۱۱	۱۱۴	-۰.۱۱۲	۰.۰۳۳۱۶	-۰.۰۰۰۳۵	۰.۸۷۳	۰.۰۰۰	Risk Classic Forecast Risk Robust %90 Forecast
۰.۸۸۶	۱۱۴	-۰.۱۴۴	۰.۰۳۲۴۵	-۰.۰۰۰۴۳	۰.۸۷۹	۰.۰۰۰	Risk Classic Forecast Risk Robust %95 Forecast
۰.۹۳۱	۱۱۴	-۰.۰۸۶	۰.۰۳۲۴۶	-۰.۰۰۰۲۶	۰.۸۷۹	۰.۰۰۰	Risk Classic Forecast Risk Robust %99 Forecast

Risk Robust %95 Forecast – Risk Classic Forecast : نیز از آن جایی که مقدار آماره T برابر با ۰/۱۱۴- بوده و سطح معنی داری آن بیشتر از ۵٪ است، بنابراین با ۹۵٪ اطمینان می توان گفت که ریسک به روش Classic Forecast هیچ تفاوتی با ریسک به روش Robust %95 Forecast ندارد.

Risk Robust %99 Forecast – Risk Classic Forecast : نیز از آن جایی که مقدار آماره T برابر با ۰/۰۸۶- بوده و سطح معنی داری آن بیشتر از ۵٪ است، بنابراین با ۹۵٪ اطمینان می توان گفت که ریسک به روش Classic Forecast هیچ تفاوتی با ریسک به روش Robust %99 Forecast ندارد.

نتیجه گیری: همانگونه که در بالا ذکر گردید پیش بینی ریسک در هر روش بهینه سازی تفاوت معناداری نداشته و در کلیه سطوح این دو روش ریسک پرتفوها یکسان است.

یافته فرضیه سوم: بازده واقعی در کلیه سطوح بهینه سازی پایدار و بهینه سازی کلاسیک تفاوت معناداری نداشته و در کلیه سطوح این دو روش بازده واقعی پرتفوها یکسان است.

در جدول (۱-۳) ضرایب همبستگی متغیرها در سطوح مختلف نشان دهنده رابطه مثبت و معنادار هر دو متغیر می باشد از این رو با توجه به عدم تساوی میانگین و انحراف معیار دو به دو متغیرها، سطح معنی‌داری آنها را نیز بررسی می‌کنیم:

جدول (۱-۳): میانگین بازده واقعی بازار تفاوت معناداری با میانگین بازده واقعی بهینه سازی پایدار در سطوح مختلف دارد.							
سطح معناداری	df	t	تفاوت انحراف معیار	تفاوت میانگین	ضریب همبستگی		متغیرها
					مقدار	سطح معناداری	
۰.۳۲۲	۱۰۸	-۰.۰۹۹۵	۰.۰۷۰۲۹	-۰.۰۰۶۷۰	۰.۴۴۹	۰.۰۰۰	Return Classic Real Return Robust %75Real
۰.۷۳۷	۱۰۸	-۰.۳۳۷	۰.۰۳۴۱۴	-۰.۰۰۱۱۰	۰.۸۷۱	۰.۰۰۰	Return Classic Real Return Robust %80 Real
۰.۹۱۱	۱۰۸	-۰.۱۱۲	۰.۰۳۴۰۷	-۰.۰۰۰۳۷	۰.۸۷۲	۰.۰۰۰	Return Classic Real Return Robust %85Real
۰.۹۱۱	۱۰۸	-۰.۱۱۲	۰.۰۳۴۰۷	-۰.۰۰۰۳۷	۰.۸۷۲	۰.۰۰۰	Return Classic Real Return Robust %90 Real
۰.۸۸۶	۱۰۸	-۰.۱۴۴	۰.۰۳۳۳۴	-۰.۰۰۰۴۶	۰.۸۷۸	۰.۰۰۰	Return Classic Real Return Robust%95Real
۰.۹۳۱	۱۰۸	-۰.۰۸۶	۰.۰۳۳۳۵	-۰.۰۰۰۲۸	۰.۸۷۸	۰.۰۰۰	Return Classic Real Return Robust %99 Real

Return Robust 75 Real -Return Classic Real : از آن جایی که مقدار آماره t برابر با $-۰/۰۹۹۵$ بوده و سطح معنی داری آن بیش از $۰/۵$ است، بنابراین با ۹۵% اطمینان می توان گفت که بازده واقعی به روش Classic Real هیچ تفاوت معناداری با بازده واقعی به روش Robust 75 Real ندارد.

Return Robust 80 Real -Return Classic Real : از آن جایی که مقدار آماره t برابر با $-۰/۳۳۷$ بوده و سطح معنی داری آن بیش از $۰/۵$ است، بنابراین با ۹۵% اطمینان می توان گفت که بازده واقعی به روش Classic Real هیچ تفاوت معناداری با بازده واقعی به روش Robust 80 Real ندارد.

Return Robust 85 Real -Return Classic Real : از آن جایی که مقدار آماره t برابر با $-۰/۱۱۲$ بوده و سطح معنی داری آن بیش از $۰/۵$ است، بنابراین با ۹۵% اطمینان می توان گفت که بازده واقعی به روش Classic Real هیچ تفاوت معناداری با بازده واقعی به روش Robust 85 Real ندارد.

Return Robust 90 Real -Return Classic Real : از آن جایی که مقدار آماره t برابر با $-۰/۱۱۲$ بوده و سطح معنی داری آن بیش از $۰/۵$ است، بنابراین با ۹۵% اطمینان می توان گفت که بازده واقعی به روش Classic Real هیچ تفاوت معناداری با بازده واقعی به روش Robust 90 Real ندارد.

Return Robust 95 Real - Return Classic Real : از آن جایی که مقدار آماره t برابر با $0/144$ - بوده و سطح معنی داری آن بیش از 5% است، بنابراین با 95% اطمینان می توان گفت که بازده واقعی به روش Classic Real هیچ تفاوت معناداری با بازده واقعی به روش Robust 95 Real ندارد.

Return Robust 99 Real - Return Classic Real : از آن جایی که مقدار آماره t برابر با $0/086$ - بوده و سطح معنی داری آن بیش از 5% است، بنابراین با 95% اطمینان می توان گفت که بازده واقعی به روش Classic Real هیچ تفاوت معناداری با بازده واقعی به روش Robust 99 Real ندارد.

نتیجه گیری: همانگونه که در بالا ذکر گردید بازده واقعی در کلیه سطوح بهینه سازی پایدار و بهینه سازی کلاسیک تفاوت معناداری نداشته و در کلیه سطوح این دو روش بازده واقعی پرتفوها یکسان است.

یافته فرضیه چهارم: ریسک واقعی در کلیه سطوح روش پایدار و ریسک واقعی در بهینه سازی کلاسیک تفاوت معناداری وجود داشته و ریسک واقعی در بهینه سازی پایدار کمتر از ریسک واقعی در بهینه سازی کلاسیک است.

در جدول (۴-۱) ضرایب همبستگی متغیرها در سطوح مختلف نشان دهنده رابطه مثبت و معنادار هر دو متغیر می باشد ازینرو به جهت مابقی متغیرها با توجه به عدم تساوی میانگین و انحراف معیار دو به دو متغیرها، سطح معنی داری آنها را نیز بررسی می کنیم:

جدول ۴-۱) میانگین ریسک واقعی بازار تفاوت معناداری با میانگین ریسک واقعی به بهینه سازی پایدار در سطوح مختلف دارد.							
متغیرها	ضریب همبستگی		تفاوت میانگین	تفاوت انحراف معیار	t	df	سطح معناداری
	سطح معناداری	مقدار					
Risk Classic Real Risk Robust %75 Real	۰.۰۰۰	۰.۶۷۴	۰.۰۱۶۰۹	۰.۰۷۶۲۱	۲.۲۶۴	۱۱۴	۰.۰۲۵
Risk Classic Real Risk Robust %80 Real	۰.۰۰۰	۰.۸۵۶	۰.۰۱۸۴۳	۰.۰۵۰۷۴	۳.۸۹۶	۱۱۴	۰.۰۰۰
Risk Classic Real Risk Robust %85 Real	۰.۰۰۰	۰.۸۶۸	۰.۰۱۴۵۲	۰.۰۴۷۹۱	۳.۲۵۱	۱۱۴	۰.۰۰۲
Risk Classic Real Risk Robust %90 Real	۰.۰۰۰	۰.۸۷۱	۰.۰۱۴۰۰	۰.۰۴۷۳۹	۳.۱۷۵	۱۱۴	۰.۰۰۲
Risk Classic Real Risk Robust %95 Real	۰.۰۰۰	۰.۸۸۲	۰.۰۱۳۵۷	۰.۰۴۵۳۵	۳.۲۰۸	۱۱۴	۰.۰۰۲
Risk Classic Real Risk Robust %99 Real	۰.۰۰۰	۰.۸۷۴	۰.۰۱۰۷۸	۰.۰۴۶۱۷	۲.۵۰۴	۱۱۴	۰.۰۱۴

یافته فرضیه پنجم: که بازده پیش بینی شده به روش کلاسیک تفاوت معناداری با بازده واقعی این روش دارد. بعبارت دیگر روش کلاسیک بازده بالاتری نسبت به بازده واقعی پیش بینی می کند. در جدول (۵-۱) ضریب همبستگی متغیرها نشان دهنده رابطه مثبت و معنادار هر دو متغیر می باشد ازاین رو با توجه به عدم تساوی میانگین و انحراف معیار سطح معنی‌داری آنها را نیز بررسی می کنیم:

جدول (۵-۱) میانگین بازدهی پیش بینی شده پرتفوی براساس بهینه سازی پایدار تفاوت معناداری با میانگین بازدهی واقعی پرتفوی براساس بهینه سازی کلاسیک دارد.							
متغیرها	ضریب همبستگی		تفاوت میانگین	تفاوت انحراف معیار	t	df	سطح معناداری
	مقدار	سطح معناداری					
Return Classic Forecast – Return Classic Real	۰.۴۹۲	۰.۰۰۰	۰.۰۴۶۷۰	۰.۰۹۳۴۰	۵.۲۲۰	۱۰۸	۰.۰۰۰

Return Classic Forecast – Return Classic Real: از آن جایی که مقدار آماره T برابر با ۵/۲۲۰ بوده و سطح معنی داری آن کمتر از ۵٪ است، بنابراین با ۹۵٪ اطمینان می توان گفت که بازده پیش بینی شده به روش کلاسیک تفاوت معناداری با بازده واقعی این روش دارد. بعبارت دیگر روش کلاسیک بازده بالاتری نسبت به بازده واقعی پیش بینی می کند.

یافته فرضیه ششم: ریسک پیش بینی شده در روش کلاسیک بالاتر از ریسک واقعی در پرتفوهایی است که از روش کلاسیک انتخاب شده اند. در جدول (۶-۱) ضریب همبستگی متغیرها نشان دهنده رابطه مثبت و معنادار هر دو متغیر می باشد ازینرو با توجه به عدم تساوی میانگین و انحراف معیار سطح معنی‌داری آنها را نیز بررسی می کنیم:

جدول (۶-۱) میانگین ریسک پیش بینی شده براساس روش کلاسیک تفاوت معناداری با میانگین ریسک واقعی روش کلاسیک دارد							
متغیرها	ضریب همبستگی		تفاوت میانگین	تفاوت انحراف معیار	t	df	سطح معناداری
	مقدار	سطح معناداری					
Risk Classic Forecast Risk Classic Real	۰.۲۸۲	۰.۰۰۰	۰.۰۷۷۱۶	۰.۰۸۴۸۸	۹.۴۹۱	۱۰۸	۰.۰۰۰

Risk Classic Forecast – Risk Classic Real: از آن جایی که مقدار آماره t برابر با $9/491$ بوده و سطح معنی داری آن کمتر از 5% است، بنابراین با 95% اطمینان می توان گفت که ریسک پیش بینی شده در روش کلاسیک بالاتر از ریسک واقعی در پرتفوهایی است که از روش کلاسیک انتخاب شده اند.

یافته فرضیه هفتم: در کلیه سطوح بهینه سازی پایدار بین بازده پیش بینی شده بهینه سازی پایدار و بازده واقعی پرتفوهایی که با این روش انتخاب شده اند، تفاوت معناداری وجود دارد. عبارت دیگر بهینه سازی پایدار بازده پیش بینی شده بالاتری نسبت به واقعیت را نشان می دهد.

در جدول (۷-۱) ضرایب همبستگی متغیرها در سطوح مختلف نشان دهنده رابطه مثبت و معنادار هر دو متغیر می باشد به جزء Return Robust 75 Forecast – Return Classic Real که با توجه به ضریب همبستگی میتوان گفت رابطه ای مثبت ممکن است وجود داشته باشد مقدار احتمال بالای $0,05$ آن نشاندهنده عدم رابطه این دو متغیر است، ازینرو به جهت مابقی متغیرها با توجه به عدم تساوی میانگین و انحراف معیار دو به دو متغیرها، سطح معنی داری آنها را نیز بررسی می کنیم:

جدول (۷-۱) میانگین بازدهی پیش بینی شده به بهینه سازی پایدار در سطوح مختلف تفاوت معناداری با بازدهی واقعی به بهینه سازی پایدار در سطوح مختلف دارد.							
سطح معناداری	df	t	تفاوت انحراف معیار	تفاوت میانگین	ضریب همبستگی		متغیرها
					مقدار	سطح معناداری	
0,000	114	6691	0,09714	0,06061	0,036	0,704	Return Robust%75 Forecast – Return Robust %75 Real
0,000	114	6992	0,09643	0,06287	0,304	0,001	Return Robust %80 Forecast – Return Robust %80 Real
0,000	114	6744	0,09430	0,05930	0,313	0,001	Return Robust %85 Forecast – Return Robust %85 Real
0,000	114	6667	0,09441	0,05870	0,313	0,001	Return Robust %90 Forecast – Return Robust %90 Real
0,000	114	6575	0,09503	0,05826	0,307	0,001	Return Robust%95 Forecast – Return Robust %95 Real
0,000	114	6362	0,09307	0,05522	0,298	0,001	Return Robust%99 Forecast – Return Robust %99 Real

Return Robust %80 Forecast –Return Classic Real: از آن جایی که مقدار آماره T برابر با ۶/۹۹۲ بوده و سطح معنی داری آن کمتر از ۰.۵٪ است، بنابراین با ۰.۹۵٪ اطمینان می‌توان گفت که بازده به روش Classic Real تفاوت معناداری با بازده به روش Robust %80 Real دارد.

Return Robust %85 Forecast –Return Classic Real: مقدار آماره T برابر با ۶/۷۴۴ بوده و سطح معنی داری آن کمتر از ۰.۵٪ است، بنابراین با ۰.۹۵٪ اطمینان می‌توان گفت که بازده به روش Classic Real تفاوت معناداری با بازده به روش Robust %85 Real دارد.

Return Robust %90 Forecast –Return Classic Real: مقدار آماره T برابر با ۶/۶۶۷ بوده و سطح معنی داری آن کمتر از ۰.۵٪ است، بنابراین با ۰.۹۵٪ اطمینان می‌توان گفت که بازده به روش Classic Real تفاوت معناداری با بازده به روش Robust %90 Real دارد.

Return Robust %95 Forecast –Return Classic Real: مقدار آماره T برابر با ۶/۵۷۵ بوده و سطح معنی داری آن کمتر از ۰.۵٪ است، بنابراین با ۰.۹۵٪ اطمینان می‌توان گفت که بازده به روش Classic Real تفاوت معناداری با بازده به روش Robust %95 Real دارد.

Return Robust %99 Forecast –Return Classic Real: مقدار آماره T برابر با ۶/۳۶۲ بوده و سطح معنی داری آن کمتر از ۰.۵٪ است، بنابراین با ۰.۹۵٪ اطمینان می‌توان گفت که بازده به روش Classic Real تفاوت معناداری با بازده به روش Robust %99 Real دارد.

نتیجه‌گیری: همانگونه که در بالا ذکر گردید در کلیه سطوح بهینه‌سازی پایدار بین بازده پیش‌بینی شده بهینه‌سازی پایدار و بازده واقعی پرتفوهایی که با این روش انتخاب شده‌اند، تفاوت معناداری وجود دارد. عبارت دیگر بهینه‌سازی پایدار بازده پیش‌بینی شده بالاتری نسبت به واقعیت را نشان می‌دهد.

یافته فرضیه هشتم: در کلیه سطوح روش پایدار بین ریسک پیش‌بینی شده روش پایدار و ریسک واقعی پرتفوهایی که با این روش انتخاب شده‌اند، تفاوت معناداری وجود دارد. عبارت دیگر روش پایدار ریسک پیش‌بینی شده بالاتری نسبت به واقعیت را نشان می‌دهد.

در جدول (۸-۱) ضرایب همبستگی متغیرها در سطوح مختلف نشان‌دهنده رابطه مثبت و معنادار هر دو متغیر می‌باشد ازینرو به جهت مابقی متغیرها با توجه به عدم تساوی میانگین و انحراف معیار دو به دو متغیرها، سطح معنی‌داری آنها را نیز بررسی می‌کنیم:

جدول ۸-۱) میانگین ریسک پیش بینی شده به بهینه سازی پایدار در سطوح مختلف تفاوت معناداری با ریسک واقعی به بهینه سازی پایدار در سطوح مختلف دارد							
سطح معناداری	df	t	تفاوت انحراف معیار	تفاوت میانگین	ضریب همبستگی		متغیرها
					مقدار	سطح معناداری	
۰.۰۰۰	۱۱۴	۱۵.۵۶۸	۰.۱۲۲۵۵	۰.۱۷۷۹۱	۰.۳۳۶	۰.۰۰۰	Risk Robust %75 Forecast – Risk Robust %75 Real
۰.۰۰۰	۱۱۴	۱۰.۳۰۴	۰.۰۹۶۳۸	۰.۰۹۲۶۱	۰.۳۰۲	۰.۰۰۱	Risk Robust %80 Forecast – Risk Robust %80 Real
۰.۰۰۰	۱۱۴	۱۰.۰۰۸	۰.۰۹۴۳۰	۰.۰۸۸۰۰	۰.۳۱۳	۰.۰۰۱	Risk Robust %85 Forecast – Risk Robust %85 Real
۰.۰۰۰	۱۱۴	۹.۹۶۳	۰.۰۹۴۱۶	۰.۰۸۷۴۸	۰.۳۱۰	۰.۰۰۱	Risk Robust% 90 Forecast – Risk Robust %90 Real
۰.۰۰۰	۱۱۴	۹.۸۴۶	۰.۰۹۴۸۹	۰.۰۸۷۱۳	۰.۳۰۳	۰.۰۰۱	Risk Robust %95 Forecast – Risk Robust %95 Real
۰.۰۰۰	۱۱۴	۹.۶۳۰	۰.۰۹۳۷۳	۰.۰۸۴۱۷	۰.۳۲۴	۰.۰۰۰	Risk Robust% 99 Forecast – Risk Robust %99 Real

Risk Robust %75 Forecast – Risk Robust %75 Real : از آن جایی که مقدار آماره T برابر با ۱۵/۵۶۸ بوده و سطح معنی داری آن کمتر از ۰.۵٪ است، بنابراین با ۹۵٪ اطمینان می توان گفت که ریسک به روش Robust %75 Forecast تفاوت معناداری با ریسک به روش Robust %75 Real دارد.

Risk Robust %80 Forecast – Risk Robust %80 Real : از آن جایی که مقدار آماره T برابر با ۱۰/۳۰۴ بوده و سطح معنی داری آن کمتر از ۰.۵٪ است، بنابراین با ۹۵٪ اطمینان می توان گفت که ریسک به روش Robust %80 Forecast تفاوت معناداری با ریسک به روش Robust %80 Real دارد.

Risk Robust %85 Forecast – Risk Robust %85 Real : از آن جایی که مقدار آماره T برابر با ۱۰/۰۰۸ بوده و سطح معنی داری آن کمتر از ۰.۵٪ است، بنابراین با ۹۵٪ اطمینان می توان گفت که ریسک به روش Robust %85 Forecast تفاوت معناداری با ریسک به روش Robust %85 Real دارد.

Risk Robust %90 Forecast – Risk Robust %90 Real : از آن جایی که مقدار آماره T برابر با ۹/۹۶۳ بوده و سطح معنی داری آن کمتر از ۰.۵٪ است، بنابراین با ۹۵٪ اطمینان می توان گفت که ریسک به روش Robust %90 Forecast تفاوت معناداری با ریسک به روش Robust %90 Real دارد.

Risk Robust %95 Forecast – Risk Robust %95 Real : از آن جایی که مقدار آماره T برابر با ۹/۸۴۶ بوده و سطح معنی داری آن کمتر از ۵٪ است، بنابراین با ۹۵٪ اطمینان می توان گفت که ریسک به روش Robust %95 Forecast تفاوت معناداری با ریسک به روش Robust %95 Real دارد.

Risk Robust %99 Forecast – Risk Robust %99 Real : از آن جایی که مقدار آماره T برابر با ۹/۶۳۰ بوده و سطح معنی داری آن کمتر از ۵٪ است، بنابراین با ۹۵٪ اطمینان می توان گفت که ریسک به روش Robust %99 Forecast تفاوت معناداری با ریسک به روش Robust %99 Real دارد.

نتیجه گیری: همانگونه که در بالا ذکر گردید در کلیه سطوح روش پایدار بین ریسک پیش بینی شده روش پایدار و ریسک واقعی پرتفوهایی که با این روش انتخاب شده اند، تفاوت معناداری وجود دارد. عبارت دیگر روش پایدار ریسک پیش بینی شده بالاتری نسبت به واقعیت را نشان می دهد.

۷- نتیجه گیری و بحث

با مطالعات صورت گرفته در تحقیق حاضر می توان گفت نتایج بدست آمده را می توان به دو گروه طبقه بندی کرد:

نتایج بدست آمده در پیش بینی ریسک و بازده

در این قسمت نیز به این نکته باید اشاره کرد که تحقیقات انجام شده بیشتر در خصوص پیش بینی نرخ بازده و ریسک می باشند. این در حالی است که تحقیق حاضر نیز، همزمان دو فاکتور ریسک و بازده را مورد توجه قرار داده و همانگونه که در تحقیقات قبلی نشان داده شده بود، بازده موردانتظار مدل پایدار بسیار بیشتر از مدل کلاسیک و ریسک موردانتظار مدل پایدار برابر با ریسک مدل کلاسیک است.

نتایج بدست آمده در ریسک و بازده واقعی

نوآوری تحقیق حاضر، در زمینه تست کارایی ریسک و بازده پیش بینی شده و مقایسه آن با واقعیت است. برای انجام چنین مقایسه ای، وزنه‌های بدست آمده از هر دو مدل برای تشکیل پرتفوی ها ملاک عمل واقع شد و پرتفوی پیشنهادی در یک ماه بعد مورد ارزیابی از نظر ریسک و بازده قرار گرفت. این همان مساله است که در هیچ یک از تحقیقات داخلی و خارجی چنین مقایسه ای صورت نگرفته است. براین اساس مشخص شد که بازده واقعی هر دو

مدل با یکدیگر تفاوت معناداری ندارند، این در حالی است که ریسک واقعی هر دو مدل تفاوت معنادار با یکدیگر

دارند. عبارت دیگر ریسک واقعی پرتفوهای بهینه شده با مدل پایدار از ریسک پرتفوهای بهینه شده توسط مدل کلاسیک کمتر است.

برای تحقیقات آتی پیشنهاد می گردد:

✓ سنجش کارایی بهینه سازی پایدار در تشکیل پرتفوی با سایر مدل‌های تشکیل پرتفوی مانند

الگوریتم ژنتیک، تئوری آشوب و شبکه عصبی.

✓ استفاده از سایر مدل‌های ارزش در معرض خطر به عنوان محدودیت در تشکیل پرتفوی پایدار. استفاده از سایر معیارهای ریسک مانند ریسک منفی و نسبت تعداد روزهایی که سهم نوسانات قیمتی مثبت دارد به تعداد روزهایی که سهم نوسانات منفی دارد.

فهرست منابع

- * احمدی محمدولی و سرمد مجید، (۱۳۸۸)، شناسایی نقاط دورافتاده در داده‌های نرمال براساس مقادیر اصلاح شده‌ی مشاهدات، مجله علوم آماری، جلد ۳، شماره ۲.
 - * بابایی غلامرضا و همکاران، (۱۳۸۶)، روش‌های تعیین داده‌های پرت در مطالعات پزشکی، مجله دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی تهران، دوره ۶۵، مهر ماه، شماره ۷.
 - * جعفری صمیمی احمد، محمود یحیی زاده فر و رحیم امین زاده ساریخانگلو، (۱۳۸۴)، بررسی رابطه بین اندازه پرتفوی و ریسک غیرسیستماتیک سهام عادی در ایران - مجله تحقیقات اقتصادی، شماره ۶۹، تابستان
 - * حمیدی زاده محمد رضا، (۱۳۶۸)، تحلیل سیر نظریه‌های اقتصادی، انتشارات ترمه
 - * حنفی زاده پیام، عباس سیفی و کوماراسامی پونومبالام، (۱۳۸۵)، تخصیص سرمایه با روش فضای احتمالی تفکیک شده، فصلنامه علمی پژوهشی شریف شماره ۳۴
 - * خاکی غلامرضا، (۱۳۹۱)، روش تحقیق در مدیریت: با رویکرد پژوهشی، انتشارات فوژان
 - * خالوزاده حمید، امیری حمید، (۱۳۸۵)، تعیین سبد سهام بهینه در بازار بورس ایران بر اساس نظریه ارزش در معرض ریسک، مجله تحقیقات اقتصادی، شماره ۷۳
 - * رضا، راعی و علی سعیدی، (۱۳۸۹)، مبانی مهندسی مالی و مدیریت ریسک، انتشارات: سمت، چاپ پنجم، تابستان.
 - * سیفی عباس، حنفی زاده پیام و نوابی حمیدرضا، (۱۳۸۳)، مدل یکپارچه استوار در مسئله انتخاب سهام تک دوره ای، تحقیقات مالی، شماره ۱۷.
 - * عبده تبریزی حسین، رادپور میثم، (۱۳۸۸)، اندازه گیری و مدیریت ریسک بازار: رویکرد ارزش در معرض خطر، انتشارات آگاه
 - * فرید داریوش، سیدحیدر میرفخرالدینی و علیرضا رجبی پورمیبیدی، (۱۳۸۹)، کاربری ارزش در معرض ریسک و انتخاب پرتفوی بهینه با استفاده از تکنیک شبیه سازی مونت کارلو در بورس اوراق بهادار تهران، دانش و توسعه، سال هجدهم، شماره ۳۱
 - * قدیری مقدم ابولفضل، رفیعی دارانی، (۱۳۸۹)، بررسی و تبیین پرتفوی بهینه سهام شرکتهای فعال صنایع غذایی بورس اوراق بهادار تهران، نشریه اقتصاد و توسعه کشاورزی، جلد ۲۴، شماره ۳.
 - * محلوجی، هاشم، (۱۳۷۶)، شبیه سازی سیستم‌های گسسته - پیشامد، موسسه انتشارات علمی
- * Brandolini, Dario and Colucci, Stefano, (2012), "Backtesting Value at Risk: A Comparison Between Filtered Bootstrap and Historical Simulation", Journal Of Risk Model Valuation, Vol. 6, No. 4

- * Campbell R. Harvey, John C. Liechty, Merrill W. Liechty, and Peter Mueller, "Portfolio Selection with Higher Moments," Working Paper, Duke University, 2003
- * Campbell, John Y. and et al, (2001), "Have individual Stocks Become More Volatile? An Empirical Exploration of Idiosyncratic Risk", Journal of Finance 56, No. 1, February
- * Chen a Wei and et al, (2011), "Worst-case VaR and robust portfolio optimization with interval random uncertainty set", Expert Systems with Applications", Vol. 38, Issue 1, January
- * Evans John L. and Archer, Stephen H., (1968) , "Diversification and the Reduction of Dispersion: An Empirical Analysis," Journal of Finance 23, No. 5
- * Fabbozi, Frank J, (2007), "Robust Portfolio Optimization And Management", Wiley
- * Fama Eugene F., (1970), "Efficient Capital Markets: A Review of Theory and Empirical Work"- Journal of Finance 25- No.2, May
- * Fastrich, Björn and Winker, Peter, (2009), "Robust Portfolio Optimization with a Hybrid Heuristic Algorithm", Computational Management Science
- * Fischer Black and Robert Litterman, (1992), "Global Portfolio Optimization" , Financial Analysts Journal, Vol. 48, No. 5
- * Frank J. Fabozzi, Francis Gupta, and Harry M. Markowitz- "The Legacy of Modern Portfolio Theory"- Journal of Investing 11- no. 3 (Fall 2002)
- * Galloppo, Giuseppe, (2010), "A Comparison Of Pre And Post Modern Portfolio Theory Using Resampling" Global Journal Of Business Research, Vol. 4, No. 1
- * Harry M. Markowitz and Nilufer Usmen (2003), "Resampled Frontiers versus Diffuse Bayes: An Experiment," ^[1] Journal of Investment Management 1, no. 4
- * James , Tobin ,(1958), "Liquidity Preference as a Behavior Towards Risk" , Review of Economic Studies 67 , February
- * Jan Mossin, "Equilibrium in a Capital Asset Market," Econometrics 34, no. 4 (October 1966)
- * Lintner, John, (1965), "The Valuation of Risk Assets and the Selection of Risky Investments in Stock Portfolios and Capital Budgets" , Review of Economics and Statistics 47 , February
- * Lu Zhaosong, (2011), "Robust Portfolio Selection Based on a Joint Ellipsoidal uncertainty Set", Optimization Methods and Software, Vol. 26, Issue 1
- * Maringer, Dietmar, (2005), "Portfolio Management with Heutocastic Optimization", Springer
- * Markowitz Harry M., (2000), "Mean-Variance Analysis in Portfolio Choice and Capital Markets", Wiley
- * Natarajan, Karthik and et al, (2006), "A Tractable Parametric Approach to Value-at-Risk Optimization", Working Paper, National University of Singapore Business School
- * Natarajan, Karthik and et al, (2010), "Tractable Robust Expected Utility and Risk Models for Portfolio Optimization", Mathematical Finance, Vol. 20, Issue 4, pp 695–731
- * Pérignon, Christophe and R. Smith, Daniel , (2010), "The Level And Quality Of Value-At-Risk Disclosure By Commercial Banks". Journal of Banking and Finance, Vol. 34, Issue 2
- * Rachev S, Menn C, Fabozzi F, (2005), "Fat tails and skewed asset returns distribution", Wiley
- * Racheva-Iotova, Borjana and Stoyanov Stoyan, (2008), "Post-Modern Approaches for Portfolio Optimization", Handbook on Information Technology in Finance, Springer
- * Santos, André Alves Portela, (2010), "The Out-of-Sample Performance of Robust Portfolio Optimization", Brazilian Review of Finance, Vol. 8, No 2
- * Sergio M. Focardi and Frank J. Fabozzi - "The Mathematics of Financial Modeling and Investment Management"- Wiley
- * Smale, Stephen, (1976), "Dynamics in General Equilibrium Theory", The American Economics Review, Vol. 66, No. 2
- * Vardharaj, Raman and et al, (2004), "Determinants of Tracking Error for Equity Portfolios" Journal of Investing 13, No. 2, Summer
- * Von Neumann, John and Morgenstern , Oskar, (1944), " Theory of Games and Economic Behavior"- Princeton University Press

- * William F. Sharpe, "Capital Asset Prices," Journal of Finance 19 , no. 3 (September 1964), pp. 425–442.-John Lintner, "The Valuation of Risk Asset and the Selection of Risky Investments in Stock Portfolio and Capital Budgets," Review of Economics and Statistics 47. (February 1965)
- * William, Sharpe F. ,(1964),"Capital Asset Prices: A Theory of Market Equilibrium Under Conditions of Risk" - Journal of Finance 19, No. 3 , September
- * Winter,Famma , (1993),"Post-Modern Portfolio Theory Comes of Age" , Journal of Investing

یادداشت‌ها

- 1 -Quantitative techniques
- 2 -Investment management
- 3 -Option pricing models
- 4 -Econometric techniques
- 5- Market return
- 6- Transaction cost
- 7- Portfolio management
- 8- Financial planning
- 9- Financial economics
- 10- Capital markets
- 11 -Modern Portfolio Theory
- 12-Risk
- 13-Return
- 14-Variance
- 15- One-Period
- 16- Myopic
- 17- Multiperiod
- 18- Expected Return
- 19- Feasible Portfolio
- 20- Mean-Variance Efficient Portfolio
- 21 -Efficient Frontier
- 22 -Global Minimum Variance Portfolio
- 23- Dispersion Measures
- 24- Downside Measures
- 25- Uncertainty
- 26- Konno
- 27- Mean-Absolute Moment
- 28- Lower Partial Moment
- 29 -Robust Optimization
- 30-Central Limit Theorem
- 31-Classic Mean-Variance Optimization
- 32-Quadratic Optimization
- 33-Rom&Ferguson
- 34-Bull market
- 35-Mandelbrot
- 36-Fat tails
- 37- skew
- 38-leptokurtosis
- 39-Extreme event

40-Price-Taker

41- Reliability

42- Validity

43-Quadratic Optimization