

الاصحاح

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

دانشگاه شهید بهشتی

دانشکده مدیریت و حسابداری

جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد رشته مدیریت مالی

عنوان پایان نامه:

روش های بهینه سازی پارامتر چندگانگی در
راهبردهای نسبت پایدار و متغیر پوشش پرتفوی

استاد راهنما

دکتر اسماعیل فدائی نژاد

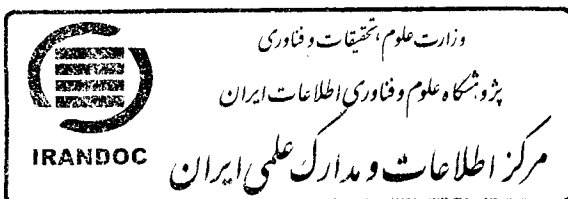
استاد مشاور

دکتر محمود شیرازی

نگارش

علی آئین حسینی

شهریور ماه ۱۳۸۸



۱۴۹۱۷۳

۱۳۸۹ / ۱۰ / ۱۹

چکیده تحقیق

حضور در بازار سرمایه همیشه با دو مفهوم ریسک و بازده همراه است و هر سرمایه گذاری ناگزیر از شناخت و برخورد با این دو مفهوم است. روش ها و راهبردهای مختلفی که در راه دستیابی به یک بازده بالاتر از بازده بدون ریسک البته به صورت قطعی و یا حفظ ارزش یک پرتفوی از کاهش ارزش کل بازار سرمایه به سرمایه گذاران راهکارها و راهنماییهایی را ارائه می کنند تحت عنوان کلی راهبردهای پوشش پرتفوی عمل می کنند. در این تحقیق با جهت گیری در شناخت راهبردهای قابل استفاده در بازار سرمایه ایران اقدام به شناسایی این راهبردها و همچنین آزمون گروهی از این راهبردها که می توان از آنها با راهبردهای نسبت پایدار یا متغیر پوشش پرتفوی نام برد شد در این تحقیق سعی بر این بود تا دو عامل و فاکتور اصلی موجود در این راهبردها یکی نحوه محاسبه ضریب چندگانگی در جهت محاسبه عملکرد راهبرد و استفاده از تعدیلات زمانی یا عدم استفاده از این تعدیلات مورد آزمون قرار گیرند. در این تحقیق از داده های روزانه شاخصهای بورس برای آزمون این راهبردها استفاده شد و از روش های و آزمون های آماری تی - استیودنت و دانت و تحلیل واریانس نیز برای تجزیه و تحلیل داده های به دست آمده و آزمون فرضیات استفاده شد. با بررسی های صورت گرفته و آزمون فرضیات و سوالات تحقیق این نتایج حاصل شد که به طور کلی استفاده از تعدیلات زمانی عملکرد راهبردهای مورد اشاره افزایش میدهد در حالیکه شاخصهای مختلف در این تحقیق عملکرد متفاوتی را نشان دادند همچنین روشهای مختلف محاسبه ضریب چندگانگی نیز عملکرد متفاوت در راهبردها را موجب نشدند.

کلمات کلیدی:

بازار سرمایه، بازار پول، ابزار های مالی، ریسک، بازده، پوشش پرتفوی، ارزش در معرض خطر، ریسک مالی، ضریب چندگانگی .



فهرست

فصل اول : کلیات تحقیق

۲	.....(۱-۱)مقدمه
۴	.....(۲-۱)اهداف تحقیق
۶	.....(۳-۱)سوال تحقیق، فرضیه ها و مدل مفهومی
۶	.....(۱-۳-۱)سوال های اصلی تحقیق
۷	.....(۲-۳-۱)فرضیه ها
۷	.....(۳-۳-۱)سوال ها و فرضیات فرعی
۸	.....(۳-۳-۱)مدل مفهومی
۹	.....(۴-۱)پیشینه تحقیق
۹	.....(۵-۱) نتیجه گیری

فصل دوم : ادبیات موضوع

۱۱	.....(۱-۲)مقدمه
۱۲	.....(۱-۲)شاخص های بورس
۱۶	.....(۴-۲)ابزارهای ویژه مدیریت ریسک
۱۶	.....(۵-۲)انواع ابزار های مشتقه:
۲۰	.....(۶-۲) پوشش پرتفوی یا تخصیص منابع
۲۴	.....(۷-۲)مفهوم ریسک و بازده و انواع ریسک های بازار
۲۸	.....(۸-۲)روشهای پوشش پرتفوی
۳۷	.....(۱-۸-۲)تخصیص پویای منابع
۴۱	.....(۹-۲)ارزش در معرض خطر
۵۰	.....(۱-۹-۲)روش های محاسبه ارزش در معرض خطر
۵۶	.....(۱۰-۲)بررسی ادبیات موضوع
۵۶	.....(۱-۱۰-۲)تحقیقات داخلی
۵۶	.....(۲-۱۰-۲)تحقیقات خارجی

فصل سوم : روش تحقیق

۶۳	..... (۱-۳) مقدمه
۶۳	..... (۲-۳) جامعه آماری
۶۴	..... (۳-۳) نمونه آماری و روش انتخاب نمونه
۶۵	..... (۴-۳) روایی داده‌ها
۶۸	..... (۵-۳) روشها و فنون آماری مورد استفاده
۷۳	..... (۱-۵-۳) ارزش در معرض خطر
۷۶	..... (۶-۳) روش آزمون فرضیات
۷۷	..... (۱-۶-۳) آزمون تی - اسپودنت
۷۷	..... (۲-۶-۳) آنالیز واریانس
۷۹	..... (۳-۶-۳) آزمون دانت

فصل چهارم: تجزیه و تحلیل داده ها

۸۱	..... (۱-۴) مقدمه
۸۱	..... (۲-۴) آزمون نرمال بودن داده‌ها
۹۰	..... (۲-۴) آزمون فرضیات تحقیق
۹۰	..... (۱-۲-۴) آزمون سوال اول تحقیق
۹۱	..... (۲-۲-۴) آزمون سوال دوم تحقیق
۹۳	..... (۳-۲-۴) آزمون فرضیه اول تحقیق
۹۵	..... (۴-۲-۴) آزمون فرضیه دوم تحقیق
۹۷	..... (۵-۲-۴) آزمون سوال فرعی اول تحقیق
۱۰۰	..... (۶-۲-۴) آزمون فرضیه فرعی اول تحقیق
۱۰۲	..... (۳-۴) سایر یافته ها
۱۰۴	..... (۵-۴) جمع‌بندی

فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات

۱۰۶	..... (۱-۵) خلاصه تحقیق
۱۰۸	..... (۲-۵) نتایج تحقیق حاضر

- ۳-۵) مقایسه نتایج تحقیق حاضر با پژوهشهای مشابه ۱۰۸
- ۱-۳-۵) تحقیقات داخلی ۱۰۸
- ۲-۳-۵) تحقیقات خارجی ۱۰۸
- ۴-۵) محدودیت های تحقیق ۱۰۹
- ۵-۵) پیشنهادات تحقیق ۱۱۰
- ۱-۵-۵) پیشنهادات عملیاتی ۱۱۰
- ۲-۵-۵) پیشنهادات تحقیقاتی ۱۱۰
- فهرست منابع و مآخذ ۱۱۳

فهرست جدولها

- جدول ۱-۳: اسامی شاخصهای بورس مورد استفاده ۶۵
- جدول ۱-۴: نتایج آزمون نرمال بودن بازده های ماهانه شاخص کل ۸۲
- جدول ۲-۴: نتایج آزمون نرمال بودن بازده های ماهانه شاخص قیمت و بازده نقدی ۸۳
- جدول ۳-۴: نتایج آزمون نرمال بودن بازده های ماهانه شاخص صنعت ۸۳
- جدول ۴-۴: نتایج آزمون نرمال بودن بازده های ماهانه شاخص واسطه گری پولی و مالی ۸۴
- جدول ۵-۴: نتایج آزمون نرمال بودن بازده های ماهانه شاخص قیمت ۵۰ شرکت ۸۵
- جدول ۶-۴: نتایج آزمون نرمال بودن بازده های ماهانه شاخص ۵۰ شرکت برتر ۸۵
- جدول ۷-۴: نتایج آزمون نرمال بودن بازده های سه ماهه شاخص کل ۸۶
- جدول ۸-۴: نتایج آزمون نرمال بودن بازده های سه ماهه شاخص قیمت و بازده نقدی ۸۷
- جدول ۹-۴: نتایج آزمون نرمال بودن بازده های سه ماهه شاخص صنعت ۸۷
- جدول ۱۰-۴: نتایج آزمون نرمال بودن بازده های سه ماهه شاخص واسطه گری پولی و مالی ۸۸
- جدول ۱۱-۴: نتایج آزمون نرمال بودن بازده های سه ماهه شاخص قیمت ۵۰ شرکت ۸۹
- جدول ۱۲-۴: نتایج آزمون نرمال بودن بازده های سه ماهه شاخص ۵۰ شرکت برتر ۸۹
- جدول ۱۳-۴: نتایج آزمون تحلیل واریانس سوال اول ۹۱
- جدول ۱۴-۴: نتایج آزمون تحلیل واریانس سوال دوم ۹۲
- جدول ۱۵-۴: نتایج آزمون تی - استیودنت فرضیه اول ۹۴
- جدول ۱۶-۴: نتایج آزمون تی - استیودنت فرضیه دوم ۹۶
- جدول ۱۷-۴: نتایج آزمون تحلیل واریانس سوال فرعی اول ۹۸
- جدول ۱۸-۴: نتایج آزمون دانت سوال فرعی اول ۹۸
- جدول ۱۷-۴: نتایج آزمون تی - استیودنت سوال فرعی اول ۹۹
- جدول ۱۸-۴: نتایج آزمون تحلیل واریانس فرضیه فرعی اول ۱۰۱
- جدول ۱۹-۴: نتایج آزمون دانت فرضیه فرعی اول ۱۰۲

فهرست نمودار ها

- نمودار ۱-۱ : مدل مفهومی ۸
- نمودار ۱-۲ : کاربرد ضریب چندگانگی برابر با ۲ ۳۶
- نمودار ۲-۲ : تابع توزیع نرمال ۴۸
- نمودار ۳-۲ : تابع توزیع نرمال ۴۸
- نمودار ۱-۴ : نمودار توصیفی بازده ها برای ۵ مدل سوال اول ۹۱
- نمودار ۲-۴ : نمودار توصیفی بازده ها برای سوال دوم ۹۳
- نمودار ۳-۴ : نمودار توصیفی بازده ها برای فرضیه اول ۹۵
- نمودار ۴-۴ : نمودار توصیفی بازده ها برای فرضیه دوم ۱۰۰
- نمودار ۵-۴ : نمودار توصیفی بازده ها برای فرضیه فرعی اول ۱۰۲
- نمودار ۶-۴ : نمودار توصیفی تاثیر نرخ بازده های بدون ریسک ۱۰۴

فصل اول:

کلیات تحقیق

۱-۱) مقدمه

در دنیای مالی و بازار سرمایه امروزی ریسک یکی از مهمترین مباحث و موضوعات پیش روی علمای مالی و سرمایه گذاران است. با اینکه طبق تئوری تنوع پرتفوی با افزایش تنوع دارایی های انتخاب شده در یک سبد سرمایه گذاری با توجه به ضریب همبستگی آنها میزان ریسک غیر سیستماتیک تا حد قابل ملاحظه ای کاهش می یابد اما پرهیز از کاهش ارزش پرتفوی بر اثر کاهش ارزش کل بازار و سقوط بازارهای مالی دغدغه اصلی چند دهه اخیر علمای مالی بوده است. ارائه و به کارگیری ابزارهای همانند پیمان آتی و قراردادهای آتی و حق اختیار معامله و سوپ در جهت پوشش ارزش پرتفوی از ریسک و تامین یک بازده معین در هر شرایطی برای یک پرتفوی بوده است.

بیمه یا پوشش پرتفوی^۱ برای دستیابی سرمایه گذار به توانایی محدود کردن ریسک کاهش ارزش پرتفوی همزمان با کسب امکان مشارکت در بازارهای در حال رشد طراحی شد.

بعضی روشها به سرمایه گذار این امکان را می دهند تا درآمد مشخصی را در موعد مشخص و یا درصد مشخصی از سرمایه اولیه خود را خصوصا در بازارهای در حال سقوط از گزند از بین رفتن حفظ نمایند.

راهبرد های مختلفی برای این امر تا به حال ارائه شده است که از میان آنها می توان از حق اختیار معامله بر مبنای پوشش پرتفوی^۲ و نسبت پایدار پوشش پرتفوی^۳ و نسبت متغیر پوشش پرتفوی^۴ یا ... نام برد.

^۱. Portfolio Insurance

^۲. Option Based Portfolio Insurance

بررسی کاربرد هر کدام از این راهبرد ها و مقایسه عملکرد شان و مقایسه آنها با هم کمک شایانی به سرمایه گذاران و مدیران پرتفوی در جهت پوشش پورتفوی می نماید .

البته این نکته قابل ذکر است که در بعضی از راهبرد های ذکر شده عملیات پوشش پرتفوی بر مبنای به کار گیری اوراق مشتقه می باشد که با توجه به لزوم به کارگیری این اوراق در بازارهای مالی ایران آزمون این راهبرد ها با یک مدل فرضی و استفاده از این ابزارها و پورتفوهای واقعی نتایج روشنگرایانه ای را برای فعالان بازار سرمایه فراهم خواهد کرد .

البته راهبرد های دیگری هم وجود دارند که اوراق مشتقه را در بر نمیگیرند که آزمون آنها برای شرایط فعلی بازار سرمایه ایران بسیار مفید است.

از میان راهبردهای عمومی مورد استفاده برای پوشش پورتفو یکی از عمومی ترین و پرکاربردترین آنها 'نسبت پایدار پوشش پورتفوی' می باشد که عبارت است از تخصیص ساده و تعیین نسبت میزان سرمایه گذاری بر روی دارایی های ریسکی و غیر ریسکی بر اساس شرایط بازار . این روش به طور حیاتی وابسته به پارامتری به نام ضریب چندگانگی^۵ است. اگرچه تعیین این پارامتر به صورت غیر وابسته به شرایط بازار هم صورت می پذیرد ولی یکی از اهداف این مقاله تعیین این پارامتر به صورت وابسته به شرایط بازار و مقایسه عملکرد آن با ضریب چندگانگی مورد استفاده در مدل ها بدون وابستگی به شرایط بازار است. مدل 'نسبت پایدار پوشش پورتفوی' اگر با تغییر در ضریب چندگانگی در دوره های تعدیل مجدد مواجه شود به این شکل که به طور مثال

³ .Constant Proportion Portfolio Insurance

⁴ .Variable Proportion Portfolio Insurance

⁵ .Multiple or Multiplier

اگر افق زمانی بررسی ما یک سال باشد و در دوره های تعدیل مجدد یک ماهه ضریب چندگانگی تغییر کند این مدل به راهبرد 'نسبت متغیر پوشش پرتفوی' تبدیل می شود البته باید این نکته را هم بیان کرد که از کلماتی مانند تعدیل زمانی یا زمانبندی شده نیز به جای کلمه متغیر استفاده می شود. در این مقاله سعی بر این شد تا مدلهایی که قابل محاسبه و کاربرد هستند را در این مقاله برای تعیین این پارامتر ضریب چندگانگی مورد استفاده قرار گیرند. در نهایت عملکرد راهبردهای مختلف با هم مقایسه خواهد شد.

۱-۲) اهداف تحقیق

۱- شناسایی و تعریف راهبردهای پوشش پرتفوی

اولین هدف در شروع و انجام این تحقیق آشنایی با راهبردهای مختلفی است که امروزه از آنها به عنوان راهبردهای پوشش پرتفوی در جهت حفظ حداقل ارزش اولیه پرتفوی مورد استفاده قرار می گیرد. البته این نکته را هم باید مد نظر قرار داد که راهبردهای پوشش پرتفوی گاهی به عنوان روشی برای تضمین حداقل درآمد نیز کاربرد دارند که در این تحقیق هدف بررسی آنها به صورت متمرکز نیست.

۲- محاسبه شاخص ارزش در معرض خطر برای شاخص های مهم بورس

تهران

یکی از عوامل و شاخص هایی که در راه استفاده و بررسی راهبرد نسبت پایدار و متغیر پوشش پرتفوی مورد استفاده است شاخص ارزش در معرض

فصل اول : کلیات تحقیق

خطر^۶ می باشد که به عنوان یک ورودی در تابع و فرمول های مورد استفاده برای بررسی و مقایسه راهبردهای مذکور مورد استفاده قرار می گیرد و چون خود یکی از ابزار های اصلی در مدیریت ریسک است به طور معین اینجا بیان شده است. این شاخص در این بررسی برای شش شاخص عمده بورس یعنی شاخص کل، شاخص قیمت و بازده نقدی، شاخص صنعت، شاخص واسطه گری مالی و پولی، شاخص پنجاه شرکت برتر و شاخص قیمت پنجاه شرکت مورد محاسبه و استفاده قرار می گیرد .

۳- شناسایی مدل زمانی و محیطی به کارگیری راهبردهای پوشش پرتفوی

در این مقاله سعی بر این است تا با استفاده از نتایج به دست آمده از بررسی بتوان بیان کرد که چه مدل‌هایی در چه نوع بازارهایی کارایی بیشتری دارند و منظور از نوع بازار بازار های در حال رشد و یا در حال سقوط می باشد.

۴- شناسایی و بهینه سازی ضریب چندگانگی در راهبرد های نسبت پایدار و متغیر پوشش پرتفوی

در واقع هدف اصلی در این تحقیق شناسایی بهترین روش از میان روشهای مورد بررسی در این مقاله برای محاسبه ضریب چندگانگی مورد استفاده برای محاسبه و کاربرد راهبردهای نسبت پایدار یا متغیر پوشش پرتفوی می باشد.

۵-مقایسه عملکرد راهبردهای پوشش پرتفوی

^۶Value At Risk

در کنار موارد ذکر شده در بالا مقایسه عملکرد چند روش مختلف از راهبردهای پوشش پرتفوی نیز از اهداف این تحقیق می باشد.

۶-مقایسه میزان غلبه راهبردهای پرتفوی

دست یافتن به این نکته که کدام راهبرد در دوره های زمانی بیشتری نتایج بهتری را ارائه می کند یکی دیگر از موارد و اهداف این بررسی است.

۷-کاربردی بودن موضوع پژوهش

نتایج این تحقیق در عالم واقع و بازار سرمایه ایران می تواند کاربرد فراوانی برای سرمایه گذاران داشته باشد تا باتشخیص بهترین روش و کاربرد آن در سرمایه گذاری خود نتایج خود را دنبال کنند و در ضمن راه را برای تحقیق های مختلف دیگر در این زمینه هموارتر خواهد نمود.

۱-۳)سوال تحقیق، فرضیه ها و مدل مفهومی

۱-۳-۱)سوال های اصلی تحقیق

مهمترین سوال هایی که در انجام این تحقیق به دنبال پاسخ به آن هستیم در زیر می آید.

۱ - کدام روش باید برای انتخاب ضریب چندگانگی به منظور حداکثرسازی ارزش پرتفوی به کار رود.

فصل اول : کلیات تحقیق

۲ - محاسبه شاخص ارزش در معرض خطر برای کدام شاخص بورس در محاسبه ضریب چندگانگی و کاربرد راهبردنسبت پایدارپوشش پرتفوی کارا تر است.

۱-۳-۲) فرضیه ها

فرضیه ها یی که ما در این تحقیق به دنبال دریافت صحت و تایید و یا رد آنها هستیم به این ترتیب است:

۱ - عملکرد راهبرد نسبت متغیر پوشش پرتفوی با وجود تعدیل دوره ای از راهبرد نسب پایدار پوشش پرتفوی با عدم وجود تعدیل دوره ای مناسبتر است.

۲ -- ضریب چندگانگی محاسبه شده از طریق محاسبه ارزش در معرض خطر شاخصهای بورس اوراق بهادار عملکرد بهتری نسبت به ضریب چندگانگی غیر وابسته به شرایط بازار دارد.

۱-۳-۳) سوال ها و فرضیات فرعی

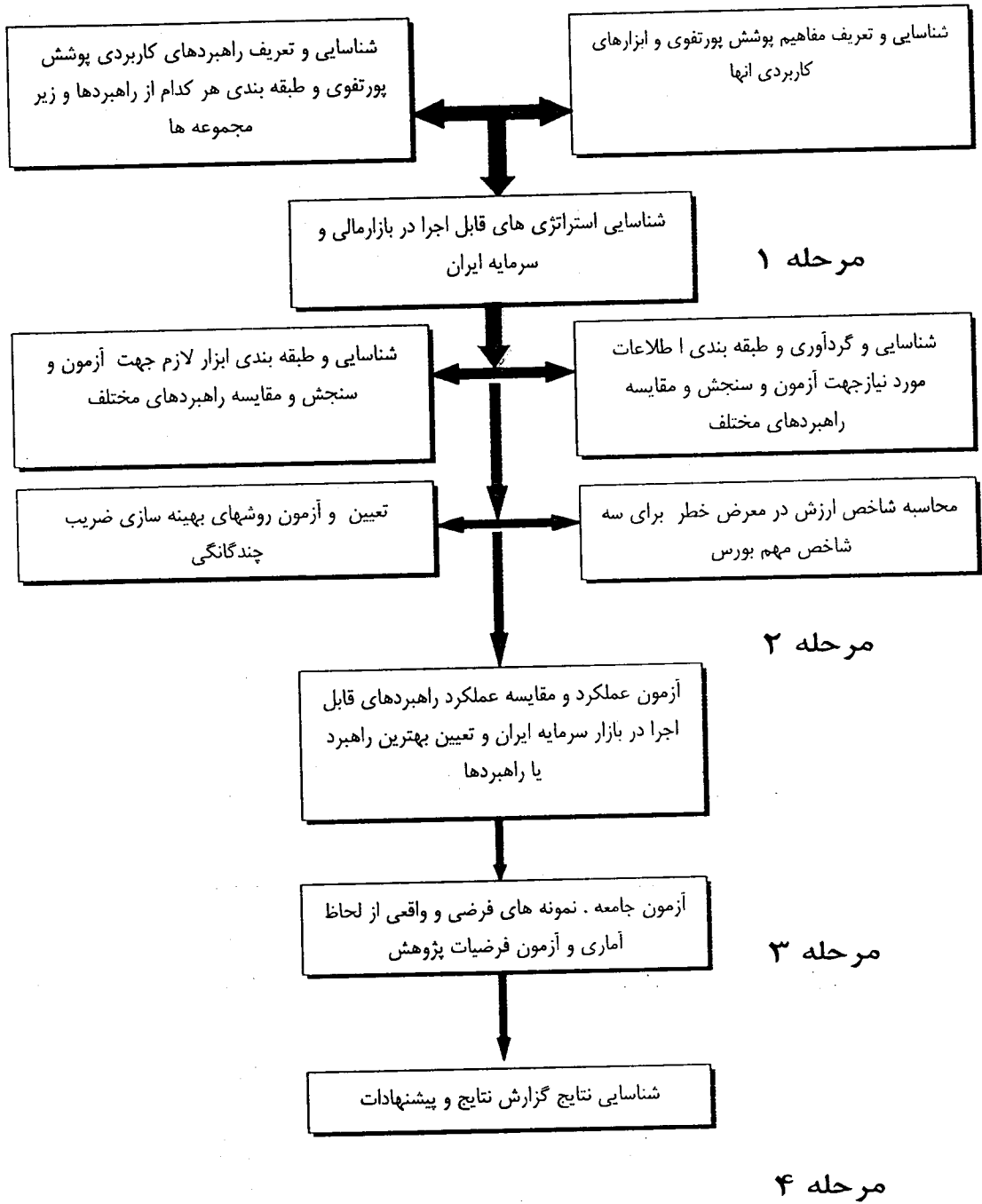
سوالهای فرعی

۱- کدام شاخص در استفاده از راهبردهای پوشش پرتفوی عملکرد بهتری دارد.

فرضیه های فرعی

۱ - عملکرد راهبردهای پوشش پرتفوی در دوره تعدیل یک ماهه از سه ماهه و یک ساله و همینطور سه ماهه از یک ساله بهتر می باشد.

در این مدل به صورت نموداری مراحل انجام این تحقیق رسم شده است



۱-۴) پیشینه تحقیق

در طی دو دهه گذشته در مورد بررسی راهبردها یمختلف پوشش پرتفوی تحقیقات بسیاری صورت گرفته و مقالات متعددی نیز به چاپ رسیده اند. که هر چه به سالهای اخیر نزدیکتر می شویم این مقالات تخصصی تر شده و به ارائه مشخصات دقیقتر به کارگیری هر یک از راهبردهای پوشش پورتفوی در قلمروها و شرایط زمانی مختلف پرداخته اند که در فصل دوم به بررسی یک سری از این مقالات به صورت مختصر پرداخته شده است.

۱-۵) نتیجه گیری

در این تحقیق همانطور که ذکر شد سعی بر بررسی چند راهبرد در زمینه پوشش پرتفوی می باشد که در فصل دوم به توضیح مفاهیم لازم در جهت برقراری ارتباط بهتر با این تحقیق برای استفاده کنندگان در آینده پرداخته شده است در حالیکه پیشینه تحقیق نیز به طور مختصر مورد بررسی قرار گرفته است.

در فصل سوم به بیان روش تحقیق و نحوه انجام تحقیق و فصل چهارم آزمون فرضیات و سوالات اختصاص یافته اند. و در نهایت در فصل پنجم گزارشی از نتایج و پیشنهاداتی که از این تحقیق به دست آمده است ارائه شده است.

فصل دوم :

ادبیات موضوع

۲-۱) مقدمه

در یک تعریف کلی، 'مدیریت ریسک'^۱ عبارت از فرآیندی است که شخص تلاش دارد تا اطمینان یابد ریسکی که با آن مواجه است همان ریسکی که او فکر می کند یا تمایل دارد برای هدایت امور در مسیر دلخواه با آن مواجه شود (تهرانی، جولای ۱۳۸۶).

مدیریت ریسک به منظور محافظت در برابر پیامدهای نامطلوب ناشی از تحمل ریسک و همچنین اطمینان یافتن از دستیابی به فواید پذیرش ریسک مفید است. این امر مستلزم آن است که ریسک را شناسایی و برای مدیریت آن تصمیمات هوشیارانه اتخاذ نماییم. سهل انگاری در مدیریت ریسک می تواند عواقب نامطلوب و مهمی به لحاظ فیزیکی، مالی و یا اعتباری برجای گذارد. حتی اگر تاثیر پیامدهای عدم مدیریت ریسک کم رنگ به نظر برسد، عدم توجه به آن می تواند موجب انحراف از مسیر اصلی امور شود و موجب گردد تا به جای آنکه وقت خود را در مسائل اصلی تجارت صرف کنیم، بخش قابل توجهی از انرژی و امکانات خود را صرف مقابله با تبعات عدم مدیریت ریسک نماییم. توجه شایسته به مدیریت ریسک، نیازمند داشتن یک چهارچوب مطمئن برای آن است. این چهارچوب نه تنها شامل فرآیندهای شناسایی، اندازه گیری و مدیریت ریسک می شود، بلکه همچنین مکانیزمی فراهم می آورد که به ما امکان می دهد در مورد تغییرات ریسک در طول زمان و روبه های مدیریت بحران با طرح های محدود کننده رویدادهای مسبب ریسک که قبلا پیش بینی نشده بودند بازخورد دریافت نماییم.

^۱.Risk Managment

در این تحقیق سعی بر استفاده از یکی از ابزارهای مدیریت ریسک و آزمون این ابزار در بازار سرمایه ایران و بدست آوردن نتایجی در جهت کاربرد واقعی این ابزار در بازار سرمایه است. در نتیجه علاوه بر معرفی روشهای مختلف استفاده از این ابزار یک سری پیش نیازهای استفاده از این ابزار و استراتژی نیز باید به صورت دقیق معرفی گردند. از جمله تعاریف ابزاری به نام 'ارزش در معرض خطر'^۲ و راهبردهای متلف پوشش پرتفوی^۳ که با معرفی این موارد به بیان و تشریح ابزار و منظور اصلی این مقاله بررسی و بهینه سازی عملکرد راهبردهای نسبت پایدار و متغیر پوشش پرتفوی^۳ می باشد خواهیم رسید و پس از برشمردن خصوصیات این ابزار یا راهبردهای مدیریت ریسک به بررسی اجمالی پژوهش ها و بررسی های مهمی که در این زمینه در دنیای علوم مالی و دانشگاههای دنیا در این باره انجام شده است و مورد استناد این مقاله می باشند خواهیم پرداخت.

۲-۱) شاخص های بورس

از آنجا که در این تحقیق از شاخص عمده بورس و داده های روزانه این شاخص ها در جهت آزمون ها و محاسبات استفاده شده است به طور مختصر شاخصها و عملکرد آنها در ادامه بیان می شود.

۱- شاخص کل قیمت

^۲. Value At Risk

^۳. Constant Proportion Portfolio Insurance(CPPI)