فصلنامه مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار
شماره چهل و ششم / بهار ۱۴۰۰

بهینه سازی گشتاور بالاتر پرتفوی برمبنای مدل های قیمت گذاری دارایی سرمایه‌ای تعمیم یافته با در نظر گرفتن توزیع نامتقارن و دنباله ی پهن

علی سوری[۱]
سعید فلاح پور[۲]
بهمن اسماعیلی[۳]

تاریخ دریافت مقاله : ۹۹/۰۲/۰۴ تاریخ پذیرش مقاله : ۹۹/۰۴/۲۶

چکیده

معیار اصلی در تصمیمات سرمایه گذاری انتخاب بین بازدهی و ریسک می‌باشد. هر سرمایه‌گذار درصدد انتخاب ترکیب بهینه‌ای از بازدهی و ریسک است تا بتواند مطلوبیت خود را حداکثر سازد. در این تحقیق، سعی بر آن شد تا در مواقعی که دچار بحران مالی شده و توزیع بازدهی دارایی‌ها از توزیع نرمال تبعیت نمی‌کند بتوان مدل مطلوبی را برای برآورد بازدهی و ریسک تبیین کرد. بدین منظور از مدل‌های قیمت گذاری دارایی سرمایه‌ای با فرض مستقل و یکنواخت بودن توزیع نامتقارن جزء خطا (CAPM-IIAPD) و مدل قیمت گذاری دارایی سرمایه‌ای با فرض مستقل و یکنواخت بودن توزیع نمایی جزء خطا (CAPM-AIEPD) در کنار مدل سنتی استفاده و به برآورد بازدهی و ریسک پرداختیم. زمانی که فرض نرمال بودن نقض می‌شود، از گشتاورهای مراتب بالاتر جهت بهینه‌سازی مدل استفاده می‌شود. در گام بعدی، با استفاده از برنامه‌ریزی آرمانی بهینه‌ترین پرتفوهای سرمایه‌گذاری را با استفاده از گشتاورهای سوم و چهارم بدست می‌آوریم. قلمرو زمانی تحقیق از ابتدای سال ۱۳۹۰ تا پایان سال ۱۳۹۶ و جامعه آماری نیز کلیه شرکت‌های بورس اوراق بهادار تهران بوده است که از بین آنها ۳۰ شرکت انتخاب شده است. نتایج حاکی از برتری مدل قیمت گذاری دارایی سرمایه‌ای با فرض مستقل و یکنواخت بودن توزیع نامتقارن جزء خطا (CAPM-IIAPD) نسبت به سایر مدل‌ها بوده و بازدهی تعدیل شده نسبت به ریسک در مدل‌های بهینه‌سازی با درنظر گرفتن گشتاور سوم و چهارم در مدل‌های تعمیم یافته تفاوت معناداری با مدل سنتی داشته و عملکرد مطلوب‌تری دارند.

کلمات کلیدی

مدل قیمت گذاری دارایی سرمایه‌ای تعمیم یافته ، بهینه‌سازی پرتفوی ، گشتاورهای مراتب بالاتر، معیار ارزیابی عملکرد

۱-گروه اقتصاد، دانشکده اقتصاد، دانشگاه تهران، تهران، ایران.alisouri@ut.ac.ir
۲-گروه مالی و بیمه، دانشکده مدیریت، دانشگاه تهران، تهران، ایران.falahpor@ut.ac.ir
۳-گروه مالی و بیمه، دانشکده مدیریت، دانشگاه تهران، تهران، ایران(نویسنده مسئول). bahman.esmaeili@ut.ac.ir

مقدمه

بحران مالی سال ۲۰۰۸ و در پی آن بروز مشکلات گسترده اقتصادی و اجتماعی و ورشکستگی‌های پی در پی و ناتوانی موسسات مالی در ایفای تعهدات خود باعث شده است که اکنون اندازه گیری و کنترل ریسک، در کانون توجه موسسات مالی قرار گیرد. این وقایع بر اهمیت روزافزون مدیریت ریسک دلالت دارد که از نتایج واضح آن، افزایش توجه مدیران به مطالعه در حوزه ریسک بوده است. بدیهی است که انجام شایسته هریک از وظایف مدیریت ریسک نیازمند استفاده از ابزاری قدرتمند و مبتنی بر مبانی علمی بوده است.تنوع در روش های سرمایه گذاری و پیچیدگی تصمیم گیری در دهه های اخیر به شدت گسترش یافته و این رشد گسترده، نیاز به مدل های فراگیر و یکپارچه را ایجاد نموده است. یکی از روش‌های مورد استفاده مدل سازی مالی با ترکیب دو رویکرد مالی و برنامه ریزی ریاضی می‌باشد.

اندازه‌گیری ریسک و مدیریت پرتفوی به صورت پویا یکی از با اهمیت‌ترین مسائل در ادبیات مالی محسوب می‌شود. اندازه گیری بازدهی و ریسک پرتفوی با در نظر گرفتن خواص توزیعی آن در دنیای واقعی از اهمیت بالایی برخوردار بوده و در بحران های مالی عملکرد قابل اعتماد و دقیق‌تری نسبت به مدل‌های سنتی دارد. علاوه براین بهینه سازی پرتفوی با رویکرد گشتاور بالاتر به جهت نرمال نبودن بازدهی دارایی‌ها از دیگر مواردی است که منجر به عملکرد بهتری می شوند. یکی از معضلاتی که موسسات مالی و اعتباری با آن مواجه هستند، در وهله اول محاسبه ریسک با توجه به فرضیات دنیای واقعی و در ادامه مدیریت دارایی‌ها می‌باشد. محاسبه‌ی ریسک در دنیای واقعی و بسط دادن آن به بهینه‌سازی پرتفوی از اهمیت بالایی برخوردار بوده و روش هایی که برآورد دقیق تری در حالت عدم قطعیت دارند از کارایی بالاتری برخوردار هستند. بنابراین روش اندازه‌گیری برای ایجاد ثبات در سیستم پولی کشور ضرورت داشته باشد و از طرفی میتوان با استفاده از این تحقیق چارچوبی قانونی در جهت مدیریت پرتفوی دارایی‌ها ایجاد کرد.

باتوجه به آنکه در شرایط بحرانی توزیع بازدهی دارایی‌ها از توزیع نرمال تبعیت نمی‌کند، بنابراین نمی‌توان از روش‌های بهینه سازی بر پایه‌ی توزیع نرمال همانند، بهینه سازی میانگین –واریانس (MVM) ، ارزش در معرض خطر(VaR) بهره جست. مسئله اصلی این تحقیق ارائه راه حلی برای برآورد بازهی و ریسک بپپرتفوی در شرایط بحران مالی و بهینه سازی پرتفوی می‌باشد. راه حل این مشکل استفاده از مدل‌های گشتاور بالاتر[۱]است که علاوه بر گشتاور اول (میانگین)و دوم(واریانس) که در مدل سازی‌های سنتی بکار ر فته‌اند ،گشتاورهای سوم(چولگی) و گشتاور چهارم(کشیدگی) را نیز

شامل می‌شوند. بنابراین بهینه سازی با توجه به مفروضات محاسبات بازدهی ذکر شده انجام می‌پذیرد. دو روش بهینه‌سازی میانگین-واریانس-چولگی[۲](MVSM) و میانگین-واریانس-چولگی-کشیدگی (MVSKM)[۳] برای بهینه سازی پرتفوهای برآورد شده استفاده شده است.(۶) اما مدل‌های MVS در دورانی که بحران‌های مالی رخ می دهد کارایی خود را به منظور متنوع سازی پرتفوی به خصوص زمانی که تعداد دارایی‌های مورد استفاده محدود باشد از دست خواهند داد. راه حل این مشکل استفاده از آنتروپی است که معیار دیگری برای متنوع سازی پرتفوی است. برا و پارک (۲۰۰۸) بالاتر بودن کارایی پرتفوی بدست آمده با استفاده از آنتروپی به عنوان شاخص ریسک را نتیجه گرفتند.(8) در بحث ارزیابی عملکرد نیز، با توجه به آنکه معیار شارپ بر پایه‌ی تئوری میانگین-واریانس می‌باشد تنها زمانی که داده‌ها از توزیع نرمال تبعیت کنند معتبر است. بنابراین معیار شارپ می‌تواند پاسخ گمراه کننده‌ای به توزیع‌هایی که چولگی داشته و دنباله‌های ضخیمی دارند بدهد.برای حل این مشکل نیازمند استفاده از نسبت‌هایی هستیم که گشتاورهای مراتب بالاتر را درنظرگرفته و این مشکل را حل می‌کنند. (12)اهدافی که در این تحقیق دنبال می‌شود شامل:

- تعیین بهترین رویکرد به منظور بدست آوردن بازدهی مورد انتظار و ریسک پرتفوی در بین رویکردهای CAPM,CAPM-IAPD,CAPM-IAEPD
- بهینه‌سازی گشتاور بالاترپرتفوی بر اساس دو رویکرد MVSMوMVSKM، با توجه به سه رویکرد محاسبه بازدهی ومقایسه آنها
- بهینه سازی پرتفوی در دورانی که بحران های مالی رخ می دهد.
- ارزیابی عملکرد پرتفوی بر مبنای روش های مبتنی بر گشتاورهای مراتب بالاتر

مبانی نظری تحقیق و مروری بر پیشینه تحقیق

هری مارکویتز بنیانگذار ساختاری مشهور بانام تئوری مدرن پرتفوی است. مهم‌ترین نقش این تئوری، ایجاد چارچوب ریسک- بازدهی پرتفوی برای تصمیم گیری سرمایه گذاران است. مارکویتز با تعریف کمی ریسک سرمایه گذاری، برای سرمایه گذاران در امر انتخاب دارایی‌ها و مدیریت پرتفوی، رویکردی ریاضی ارایه کرد.در حوزه ی مدیریت ریسک ،رویکرد گوسی با انتقادات زیادی همراه بوده و بر مدل سنتی میانگین_واریانس مارکویتز به دلیل عدم تناسب با دنیای واقعی انتقادات زیادی وارد است.از جمله مفروضات در نظر گرفته شده در این مدل، پیروی توزیع بازدهی‌ها از توزیع نرمال است که تحقیقات بسیاری این فرض را رد کرده و بر نرمال نبودن بازدهی تاکید دارد. (19)با توجه به

مطالعات صورت گرفته قبلی،نامتقارن بودن و دنباله‌های پهن داده‌های مالی ، فرضی مناسب برای قیمت‌گذاری دارایی‌های مالی به حساب می‌آیند.(13)

پژوهش‌های متعددی در این حوزه به منظور درنظر گرفتن مفروضات واقعی‌تر در بازارهای مالی انجام شده است. اولین تحقیقات توسط ژو و گالبرت (۲۰۰۲) و با استفاده از توزیع تی-استیودنت تعمیم یافته برای مدل سازی مدل قیمت گذاری دارایی سرمایه‌ای صورت پذیرفت و از توابعی غیر از توابع گوسی برای مطالعه ی نوسانات بازار استفاده کردند..نتایج تحقیقات آن ها منجر به عملکرد بهتر توزیع تی-استیودنت تعمیم یافته نسبت به توزیع نرمال شد اما ایراد اساسی این روش عدم ثبات توزیع تی-استیودنت تعمیم یافته نسبت به توزیع های نرمال بود. (24)

سپس هاجسون در تخمین های خود به استفاده از توزیع‌های غیرگاوسی همانند کوشی و تی-استیودنت و ترکیبی از این توابع در مقابل توزیع متقارن نرمال مبادرت ورزید و به نتایج متفاوتی نسبت به حالتی که از تابع توزیع نرمال استفاده کرده بود رسید اما مدل‌های مورد بررسی آن به صراحت از برتری نسبت به مدل‌های سنتی اشاره نکرده و دلیل کافی برای استفاده از توزیع های غیرگاوسی نسبت به توزیع های نرمال نداشت و توزیع ناگوسی آن از ثبات کمتری نسبت به حالات سنتی برخوردار بود.(10)

چند سال بعد هو و کرچوال (۲۰۰۷) در پژوهش خود مفروضات جدیدی از قبیل چولگی، همبستگی نامتقارن، خوشه‌بندی نوسان و نیمه دنباله پهن را به بازدهی دارایی‌ها اضافه کرده و با استفاده از این مفروضات توزیع های تعمیم یافته را با یکدیگر مقایسه کردند.آنها از توزیع‌های هایپربولیک عمومیت یافته به منظور تخمین ارزش در معرض خطر استفاده کردند و نشان دادند که توزیع تی-استیودنت چوله دار کارایی بیشتری در بین توزیع‌های هایپربولیک عمومیت یافته را در بین سایر توزیع‌ها دارا می‌باشد و به همین دلیل توزیع تی-استیودنت چوله دار در مقایسه با دیگر توزیع‌ها مطلوب‌تر بود.(11)

ژانگ(۲۰۰۹) دنباله روی تحقیقات قبلی هو و کوچرال شد و در پژوهش خود به منظور پیش‌بینی ارزش در معرض خطر فاکتورهای چولگی و دنباله پهن را درنظر گرفت و خوشه‌بندی نوسان و همبستگی دنباله‌ای را از مدل مورد بررسی حذف کردو نشان داد که مدل‌های میانگین-ارزش در معرض خطر شرطی در مقایسه با مدل میانگین-واریانس سنتی عملکرد بهتری دارند.(20)

پس از این تحقیق بود که بار دیگر ژو این بار با همکاری والش از روش حداکثر درست نمایی به مدل سازی توزیع نامتقارن نمایی (SEPD)پرداخت و برای حل مشکل دم‌های پهن مدل از این روش

استفاده کرد و ثبات در برآورد و پیش بینی به وسیله‌ی این روش را اثبات کرده و مشکل ثبات مدل‌های قبلی را با استفاده از توزیع‌های نمایی حل کرد.(22)

توماس و گاپ (۲۰۱۰) با رویکردی جدید و بر پایه‌ی تئوری پاراتو در تحقیق بروی داده‌های بازدهی سهام و "چولگی بتا" در دوره های زمانی متفاوت بدین نتیجه رسیدند که علی رغم آنکه توزیع پاراتو توزیع مناسبی برای مدل‌سازی دارایی‌های مالی می‌باشد، اما این توزیع درداده‌های مالی با فرض وجود دنباله‌های پهن مناسب نبوده و بازدهی‌ها در دوره‌های زمانی متفاوت از این توزیع پیروی نخواهند کرد.(19)

لی و لین (۲۰۱۴) این بار با استفاده از دو فرض نامتقارن بودن و نمایی بودن بازدهی دارایی‌ها به بررسی درجه ی اعتبار مدل قیمت گذاری دارایی سرمایه‌ای پرداختند. متغیرهای تحقیق آن‌ها μ وσ بوده که به ترتیب بعنوان بازدهی و انحراف استاندارد مورد استفاده قرار می‌گرفت. با بررسی‌های انجام گرفته و با توجه به این دو متغیر در نهایت بدین نتیجه رسیدند که این دو متغیر معیارهای مناسبی برای تخمین مدل نامتقارن(APD)نبوده و نمی‌توان از آن‌ها برای اثبات نامتقارن بودن بازدهی دارایی‌ها در مدل قیمت گذاری دارایی سرمایه‌ای استفاده کرد.(15)

لو (۲۰۱۶) باز هم از تابع t-skewed تعمیم یافته در مدل کردن تابع چگالی بازده دارایی استفاده کرد. در ادامه برای مدل کردن نوسانات از ماتریس کواریانس OGARCHو تغییرات رژیم آن استفاده کرده و برای بررسی مولفه‌های ریسک مدل ابتدا از تعریف میانگین-ارزش در معرض خطر استفاده و سپس نشان داد که بکار بردن OGARCH در دوره‌های بحران مالی کارایی بیشتری نسبت به مدل‌های سنتی ارزش در معرض خطر دارد.(17)

باتوجه به آنکه توزیع بازدهی داده ها از توزیع نرمال تبعیت نمی‌کند، بنابراین نمی‌توان از روش‌های بهینه سازی بر پایه‌ی توزیع نرمال همانند، بهینه سازی میانگین –واریانس(MVM)، ارزش در معرض خطر(VaR) بهره جست. راه حل این مشکل استفاده از مدل‌های گشتاور بالاتر است که علاوه بر گشتاور اول (میانگین)و دوم(واریانس) که در مدل سازی‌های سنتی بکار رفته‌اند،گشتاورهای سوم (چولگی) و گشتاور چهارم(کشیدگی) را نیز شامل می‌شوند. دو روش بهینه‌سازی میانگین_ واریانس_ چولگی (MVSM) و میانگین_واریانس_چولگی_کشیدگی (MVSKM) برای بهینه سازی پرتفوهای برآورد شده استفاده شده است.(۲۱) ساموئلسون(۱۹۷۰) و آردیتی (۱۹۷۱) اولین کسانی بودند که با استفاده از گشتاورهای اول و دوم به بهینه سازی پرتفوی مبادرت ورزیدند. فرناندز و تورس (۲۰۰۰) در

مطالعه‌ی خود نشان دادند که درجات بالاتر گشتاورها قابل چشم پوشی نیستند، مگر آنکه دلایل موجهی از قبیل تقارن توزیع احتمال این گشتاورها در نظر گرفته نشوند. (9)

در پژوهش‌های دیگری یو و همکاران (۲۰۰۶) در بهینه سازی پرتفوی علاوه بر گشتاور سوم (چولگی) کشیدگی را نیز در نظر گرفته و مدل MVSK را با در نظر گرفتن کشیدگی توزیع بازدهی دارایی‌ها بررسی کرده وخواص واقعی بازدهی دارایی ها را از مفروضات اصلی مدل نام برد.(16)

کمالبای (۲۰۱۱) با اضافه کردن کشیدگی(گشتاور چهارم) به تابع هدف به بهینه سازی پرتفوی براساس کشیدگی اشاره داشته و با بررسی دنباله‌های پهن مدل و احتمال بالاتر بازدهی کم و زیاد دارایی‌ها به بررسی بهینه سازی پرتفوی پرداخت و به نتایج قابل قبولی در بهینه سازی پرتفوی با استفاده از گشتاورهای بالاتر دست یافت.(6)

ویول و ناراکی (۲۰۱۶)با استفاده از تعریف گشتاورهای جزئی و آنتروپی به پیش بینی ریسک و عملکرد بازدهی دارایی‌ها پرداخته و با استفاده ازاین دو مولفه به بهینه سازی پرتفوی پرداختند.(17)

برخی محققین نیز در مطالعات خود به بررسی و انتخاب پرتفوی با رویکرد همزمان آنتروپی و گشتاورهای بالاتر به صورت ترکیبی در محیط فازی بهره جستند که می‌توان به تحقیق رای و ماجومدر (۲۰۱۸) اشاره کرد که با استفاده از داده های بورس هند کارایی بالایی را توصیف نمودند.(18)

رهنمای رودپشتی و میرغفاری (۱۳۹۰)با توجه به آنکه در داده‌های بورس اوراق بهادار تهران عدم وجود ناهمسانی واریانس مشاهده کردند از R-sharp برای ارزیابی عملکرد داده ها استفاده کردند.(۳)

صباغیان و مسعودی مقدم (۱۳۹۱)در مدل میانگین-واریانس-چولگی برای انتخاب سهام بوسیله‌ی منطق فازی اشاره کرد و به منظور حل مدل ارائه شده الگوریتم ژنتیک طراحی شد و تکنیک شبیه‌سازی فازی مورد استفاده قرار گرفته است(4)

رستمی و بهزادی(۱۳۹۴) نیز در مقاله ی خود به بهینه سازی پرتفوی در محیط فازی پرداخته و برای محاسبه محاسبه گشتاورها از تئوری اعتبار و از شاخص عملکرد اقتصادی برای محاسبه کارایی مدل‌های ارائه شده استفاده کردند.(2)

فلاح شمس و سینا (۱۳۹۷) از نظریه ارزش فرین برای سنجش ریسک استفاده کرده و با استفاده از یک مدل برنامه‌ریزی کوآدرتیک رویکرد ارزش فرین محاسبه و با مرز کارآ مدل مارکویتز مقایسه گردید. ، نتایج تحقیق حاکی از آن بود که تشکیل سبد سهام بهینه، با استفاده از نظریه ارزش فرین تفاوت چندانی با مدل میانگین – واریانس مارکویتز ندارد.(5)

تهرانی و بیگلری(۱۳۹۷) کامی در پژوهش خود علاوه بر واریانس ازگشتاور مرتبه سوم نیز برای بهینه سازی استفاده کرده و با توجه به نتایج ارزیابی عملکرد نشان دادند که مدل پیشنهادی نسبت به مدل‌های مذکور عملکرد بهتری از خود نشان داده است. (1)

مدل تحقیق

دراین پژوهش، مدل قیمت گذاری دارایی سرمایه ای (CAPM) با فرض عمومی آنکه جزء خطا بصورت مستقل و یکنواخت (IIAPD) دارای توزیعی با میانگین صفر و واریانس σ_ε^2 و ضریب چولگی α بوده درنظر گرفته شده ،که موجب تطبیق توزیع بازدهی نامتقارن با دنباله (دم) های پهن می‌شود. شایان ذکر است ، مدل قیمت گذاری دارایی سرمایه‌ای تعمیم یافته تدوین شده در این پژوهش نرمال بودن بازدهی های را بعنوان یکی از حالت های خاص مدل نیز شامل می‌شود.

مدل قیمت گذاری دارایی سرمایه ای با فرض مستقل و یکنواخت بودن توزیع نامتقارن جزء خطا (CAPM-IIAPD): با فرض قرض گیری و قرض دهی با نرخ بدون ریسک ، مدل قیمت گذارایی دارایی سرمایه ای شارپ-لینتنر به صورت زیر :

$$E(R_i)= R_f+\beta_{im} (E(R_m)- R_f)$$

که در آن $E(R_i)$ بازدهی مورد انتظار دارایی iام و R_f بازدهی بدون ریسک و $E(R_m)$ بازدهی مورد انتظار پرتفوی بازار می‌باشند. بازدهی مازاد نسبت به نرخ بدون ریسک به صورت $E(Z_i)= \beta_{im}E(Z_m)$ بیان شده که Z_i بیانگر بازدهی مازاد iامین دارایی نسبت به بازدهی بدون ریسک ، $Z_i = R_i- R_f$ وZ_m بازدهی‌مازادپرتفوی‌بازار است که بصورت $Z_m = R_m- R_f$ و $\beta_{im} = \frac{Cov(Z_i,Z_M)}{Var(Z_M)}$ ضریب حساسیت بازدهی نسبت به بازدهی بازار می‌باشد.

فرایند تولید اطلاعات در مدل قیمت گذاری دارایی سرمایه‌ای بر اساس داده‌ها

$$Z_{it}= \alpha_{im}+\beta_{im} Z_{mt}+ \varepsilon_{it} \qquad \varepsilon_{it}\sim NID(0,\sigma_{\varepsilon_i}^2)$$

و iبه دارایی iام اشاره کرده ، t به دوره زمانی (t=1,……,T)اشاره داشته و Z_{it} و Z_{mt} به بازدهی مازاد در طی دوره‌ی t برای دارایی iام $Z_i = R_i$ -R_fو پرتفوی بازار $Z_m = R_m$- R_f که بصورت و β_{im}معیار حساسیت دارایی iام به ریسک بازار،α_{im}عرض از مبدا بازدهی مازاد دارایی، ε_{it} خطا با توزیع نرمال با میانگین صفر و وراریانس $\sigma_{\varepsilon_i}^2$ به صورت می‌باشند.

براساس چارچوب میانگین-واریانس تئوری نوین پرتفوی ، $E(\varepsilon_{it})=0$ و$E(\varepsilon_{it}^2)= \sigma_{\varepsilon_i}^2$ متغیر تصادفی ε با میانگین صفر و واریانس $\sigma_{\varepsilon_i}^2$ به صورت :

$$\varepsilon_{it} = \sigma_{\varepsilon_i}\frac{X-\omega}{\delta}$$

استاندارد شده و σ_εانحراف استاندارد ε و X متغیرتصادفی با میانگین w و واریانس $\sigma^{۲}$.

فرض کنید متغیر تصادفی X دارای توزیع نامتقارن باشد.Xبعنوان متغیر تصادفی دارای توزیع نامتقارن در توزیع CAPM-IAPDو توزیع نامتقارن نمایی (AEPD) می‌باشد و می‌توان آنرا به صورت تابعی از جزء خطا بیان کرد :

$$X = \omega + \frac{\delta}{\sigma_\varepsilon}\varepsilon = \omega + \frac{\delta}{\sigma_\varepsilon}(Z_{it} - \alpha_{Mi} - \beta_{Mi} Z_M)$$

که در آن z بعنوان متغیر تصادفی بازدهی مازاد و Z_m بعنوان متغیر غیر تصادفی از پیش تعیین شده است. برای تعیین تابع چگالی توزیع نامتقارن (APD) ، برای متغیر بازدهی z بصورت

$$f_Z(z) = f_X(x)\left|\frac{dz}{dx}\right|^{-۱} = f_X\left(\omega + \delta.\frac{Z-\alpha_M-\beta_M Z_M}{\sigma_\varepsilon}\right).\frac{\delta}{\sigma_\varepsilon}$$

بکار برده شده و فرایند تولید داده‌ها (DGP) مدل CAPM-IAPD بصورت

$$Z_{it} = \alpha_{iM} + \beta_{iM} Z_{Mt} + \varepsilon_{it}, \quad \varepsilon_{it} \sim IAPD(\alpha, \lambda, ۰, \sigma^{۲}_{\varepsilon_i}),$$

$$\varepsilon_{it} = \sigma_{\varepsilon_i}\frac{X-\omega}{\delta},$$

$$E(\varepsilon_{it}) = ۰$$

$$E(\varepsilon^{۲}_{it}) = \sigma^{۲}_{\varepsilon_i}$$

بوده که در آن ε_{it} خطای توزیع IAPD با میانگین صفرو واریانس $\sigma^{۲}_{\varepsilon_i}$ است. براساس تحقیقات کمنوجر(۲۰۰۷) میانگین و واریانس Xبصورت

$$\omega = E(X) = \frac{\Gamma(۲/\lambda)}{\Gamma(۱/\lambda)}(۱ - ۲a)\delta^{-۱/\lambda}_{\alpha,\lambda}$$

$$\delta^{۲} = Var(X) = \frac{\Gamma(۳/\lambda)\Gamma(۱/\lambda)(۱-۳\alpha+۳\alpha^{۲}) - \Gamma(۲/\lambda)^{۲}(۱-۲\alpha)^{۲}}{\Gamma(۱/\lambda)^{۲}}\delta^{-۲/\lambda}_{\alpha,\lambda}$$

که پارامتر α پارامتر چولگی و در بازه‌ی (0,1) که درجه ی عدم تقارن را اندازه گیری کرده و $\lambda > ۰$ متغیر دنباله ی توزیع

$$\delta_{\alpha,\lambda} = \frac{۲\alpha^\lambda(۱-\alpha)^\lambda}{\alpha^\lambda + (۱-\alpha)^\lambda} \qquad \delta_{\alpha,\lambda} \in (0,1)$$

و(۰) Γ تابع توزیع گاما می باشد.

براساس تحقیق کمونجر تابع چگالی X بصورت

$$f_x(x)=\begin{cases}\left(\frac{\delta_{\alpha,\lambda}^{1/\lambda}}{\Gamma(1+1/\lambda)}\right)\exp\left(-\frac{\delta_{\alpha,\lambda}}{\alpha^{\lambda}}|x|^{\lambda}\right), & \text{for } x\le 0\\ \left(\frac{\delta_{\alpha,\lambda}^{1/\lambda}}{\Gamma(1+1/\lambda)}\right)\exp\left(-\frac{\delta_{\alpha,\lambda}}{(1-\alpha)^{\lambda}}|x|^{\lambda}\right), & \text{for } x>0.\end{cases}$$

مدل قیمت گذاری دارایی سرمایه ای با فرض مستقل و یکنواخت بودن توزیع نمایی نامتقارن دو دنباله ای خطاها (CAPM-IAEPD) : با توجه به تابع توزیع نمایی و دنباله های پهن آن فرایند تولید اطلاعات در مدل CAPM-IAEPD بصورت :

$$Z_{it}=\alpha_{iM}+\beta_{iM}Z_{Mt}+\varepsilon_{it},\qquad \varepsilon_{it}\sim\mathrm{IAEPD}(\alpha,P_1,P_2,0,\sigma_{\varepsilon_i}^2)$$
$$\varepsilon_{it}=\sigma_{\varepsilon_{it}}\frac{Y-\omega}{\delta},$$
$$\mathrm{E}(\varepsilon_{it})=0,$$
$$\mathrm{E}(\varepsilon_{it}^2)=\sigma_{\varepsilon_{it}}^2$$

بوده که میانگین و واریانس آن

$$\omega=E(Y)=\frac{1}{B}\left[(1-\alpha)^2\frac{P_2\Gamma(2/P_2)}{\Gamma^2(1/P_2)}-\alpha^2\frac{P_1\Gamma(2/P_1)}{\Gamma^2(1/P_1)}\right]$$
$$\delta^2=\mathrm{Var}(\mathrm{Y})=$$
$$\frac{1}{\mathrm{B}^2}\{(1-\alpha)^3\frac{\mathrm{P}_2^2\Gamma(3/\mathrm{P}_2)}{\Gamma^3(1/\mathrm{P}_2)}+\alpha^3\frac{\mathrm{P}_1^2\Gamma(3/\mathrm{P}_1)}{\Gamma^3(1/\mathrm{P}_2)}-\left[(1-\alpha)^2\frac{\mathrm{P}_2\Gamma(2/\mathrm{P}_2)}{\Gamma^2(1/\mathrm{P}_2)}-\alpha^2\frac{\mathrm{P}_1\Gamma(2/\mathrm{P}_1)}{\Gamma^2(1/\mathrm{P}_1)}\right]$$

و p_1,p_2 دنباله های چپ و راست می باشند.و تابع چگالی استاندارد AEPD بصورت

$$f_Y(y)=\begin{cases}\left(\frac{\alpha}{\alpha^*}\right)K_{EP}(P_1)\exp\left(-\frac{1}{P_1}\left|\frac{y}{2\alpha^*}\right|^{P_1}\right), & \text{for } y\le 0\\ \left(\frac{1-\alpha}{1-\alpha^*}\right)K_{EP}(P_2)\exp\left(-\frac{1}{P_2}\left|\frac{y}{2(1-\alpha^*)}\right|^{P_2}\right), & \text{for } y>0.\end{cases}$$

تعریف می‌شود.

پس از آنکه از روش‌های مورد بررسی به برآورد بازدهی و ریسک پرداختیم، نیازمند بهینه سازی پرتفوی و انتخاب بهینه‌ترین پرتفوی و ارزیابی آن به روش‌های مناسب می‌باشیم. بدین منظور علاوه بر گشتاورهای بالاتر مدل از آنتروپی شانون و جینی –سیمپسون نیز در بهینه‌سازی مدل استفاده می‌کنیم:

آنتروپی شنون: اندازه گیری میزان عدم اطمینان محاسبه شده در آنتروپی شانون به صورت رابطه‌ی زیر می‌باشد:

$$E_i = S(p_1, p_2, p_3, \dots, p_n) = -k(\sum_{i=1}^{n} p_i \times Lnp_i)$$

که در این رابطه k مقدار ثابتی است و بمنظور اینکه E_i عددی بین صفر تا ۱ باشد، اعمال شده و بصورت رابطه‌ی زیر در می‌آید: $K= \frac{1}{Ln(m)}$

آنتروپی جینی-سیمپسون:شاخص اصلی سیمپسون λ برابر است با این احتمال که دو مقدار به طور تصادفی از مجموعه داده های مورد بررسی (با جایگزینی) انتخاب شده یک نوع هستند. تبدیل آن λ-۱ با این احتمال برابر است که دو مقدار انواع مختلفی را نشان دهند. این اندازه گیری در اکولوژی نیز به عنوان احتمال برخورد ویژه و شاخص جینی-سیمپسون شناخته شده است که می تواند به عنوان یک تحول در تنوع بخشی منظم بیان شود: $1-\lambda=1-\sum_{i=1}^{R} p_i^2 =1-\frac{1}{D^2}$

که در حالت ماتریسی برابراست با : $E_{G-S} =1 - \sum_{i=1}^{n} w_i^2 =1- W^T W$

بنابراین در این پژوهش علاوه بر بهینه سازی گشتاورهای بالاتر از آنتروپی های شنن و جینی-سیمپسون نیز برای بهبود بهینه سازی پرتفوی استفاده می‌کنیم.

در فاز دوم تحقیق، به منظور پیدا کردن پرتفوی بهینه از بهینه سازی گشتاور بالاتر استفاده خواهیم کرد. بدین ترتیب، با استفاده از برنامه ریزی آرمانی چندمتغیره بهینه‌ترین پرتفوی سرمایه‌گذاری را انتخاب می‌کنیم. سپس با معیارهای ارزیابی عملکرد نوین به مقایسه‌ی پرتفوهای بدست آمده پرداخته و بهترین پرتفوی سرمایه گذاری را از میان پرتفوهای موجود انتخاب خواهیم کرد.

بهینه سازی گشتاور بالاتر: در فاز دوم تحقیق ، با توجه به آنکه متغیرهای بازدهی و ریسک که از مدل‌های قیمت گذاری دارایی سرمایه ای قبلی بدست آوردیم ، نوبت به بهینه سازی گشتاور بالاتر می‌رسد .برای این کار ابتدا متغیرهای مورد نیاز را بدین صورت تعریف می کنیم: در این بخش با استفاده از روش‌های برنامه ریزی آرمانی چندمتغیره (PGP) به بهینه‌سازی گشتاور بالاتر می‌پردازیم. فرض کنید ماتریس ترانهاده‌ی وزن دارایی‌ها به صورت$W^T =(w_1, w_2, \dots, w_n)$ که w_i وزن iامین

دارایی ریسکی در پرتفوی می‌باشد. همچنین ،مقدار R و $M=(m_1,m_2,\ldots,m_n)^T$ به عنوان توزیع و ماتریس بازدهی دارایی‌ها استفاده می‌شوند. مقادیر K,S,V به ترتیب ماتریس‌های واریانس-کوواریانس،چولگی،کشیدگی بازدهی می‌باشند:

$$R_p = E(R_p) = W^T M = \sum_{i=1}^{n} w_i m_i$$

$$V_p = V(R_p) = W^T V(W) = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} w_i w_j \sigma_{ij}$$

$$S_p = S(R_p) = E(W^T(R-M))^3 = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}\sum_{k=1}^{n} w_i w_j w_k s_{ijk}$$

$$K_p = K(R_p) = E(W^T(R-M))^4 = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}\sum_{k=1}^{n}\sum_{l=1}^{n} w_i w_j w_k w_l k_{ijkl}$$

که مقادیر s_{ijk}وk_{ijkl}به صورت زیر تعریف می‌شوند :

$$s_{ijk} = E[(R_i - m_i)(R_j - m_j)(R_k - m_k)]$$

$$k_{ijkl} = E[(R_i - m_i)(R_j - m_j)(R_k - m_k)(R_l - m_l)]$$

بعنوان متغیرهای S وK می‌باشند و مقادیر $SK(R_p)=\frac{S(R_p)}{\sigma_p^3(R_p)}$ و $Ku(R_p)=\frac{S(R_p)}{\sigma_p^4(R_p)}$ مقادیر نسبی چولگی و برآمدگی پرتفوی می‌باشند.E_SوE_{G-S} معیار آنتروپی شنن-سیمپسون بصورت زیر تعریف می‌شود :

$$E_s = -\sum_{i=1}^{n} w_i \ln w_i = -W^T \ln W$$

$$E_{G-S} = 1 - \sum_{i=1}^{n} w_i^2 = 1 - W^T W$$

تابع هدف مدل زیر گشتاورهای اول تا چهارم و همچنین آنتروپی شنن سیمپسون ارائه شده است :

$$P(1) = \begin{cases} Maximize & W^T M \\ \text{Minimize} & W^T V(W) \\ Maximize & E(W^T(R-M))^3 \\ \text{Minimize} & E(W^T(R-M))^4 \\ Maximize & -W^T(\ln W) \\ Maximize & 1 - W^T W \\ \text{Subject to} & W^T 1_N = 1 \\ & W \geq 0 \end{cases}$$

در برنامه ریزی آرمانی چندجمله‌ای دو مرحله وجود دارد. در مرحله اول تمرکز بر هر تابع هدف و بدست آوردن مقدار بهینه بدون در نظر گرفتن سایر توابع هدف می‌باشد که با نمادهای R_{ps}^*، V_p^* E_s^*،،S_p^*،K_p^* E_{G-S}^*برسیم .

در گام دوم، مقادیر هدف $d_۱$، $d_۲$،$d_۳$،$d_۴$،$d_۴$،$d_۵$،$d_۶$ به منظور کمینه سازی انحراف از سطوح مورد انتظار استفاده می‌شود. سطوح مورد انتظار با حل تک به تک ۶ زیرمعادله ی زیر بدست می‌آید:

$$SP(۱) = \begin{cases} \text{Maximize} \quad R^*_{pe} = W^T M \\ \text{subject to} \quad W^T ۱_N = ۱ \\ W \geq ۰ \end{cases}$$

$$SP(۲) = \begin{cases} \text{Minimize} \quad V^*_p = W^T V(W) \\ \text{subject to} \quad W^T ۱_N = ۱ \\ W \geq ۰ \end{cases}$$

$$SP(۳) = \begin{cases} \text{Maximize} \quad S^*_p = E(W^T(R-M))^۳ \\ \text{subject to} \quad W^T ۱_N = ۱ \\ W \geq ۰ \end{cases}$$

$$SP(۴) = \begin{cases} \text{Minimize} \quad K^*_p = E(W^T(R-M))^۴ \\ \text{subject to} \quad W^T ۱_N = ۱ \\ W \geq ۰ \end{cases}$$

$$SP(۵) = \begin{cases} \text{Maximize} \quad E^*_s = -W^T(lnW) \\ \text{subject to} \quad W^T ۱_N = ۱ \\ W \geq ۰ \end{cases}$$

$$SP(۶) = \begin{cases} \text{Maximize} \quad E^*_{G-S} = ۱ - W^T W \\ \text{subject to} \quad W^T ۱_N = ۱ \\ W \geq ۰ \end{cases}$$

مدل‌های فوق را می‌توان با استفاده از برنامه‌ریزی خطی و غیرخطی حل کرد و توابع هدف را محاسبه کرد. حال این توابع هدف بااستفاده از فاصله مینوسکیدر قالب مدل PGP جمع می‌شوند.

فاصله مینوسکی به صورت زیر تعریف می‌شود : $Z=(\sum_{k=۱}^{m}\left|\frac{d_k}{Z_k}\right|^p)^{۱/p}$

در رابطه‌ی فوق Z_k نشان دهنده‌ی مقدار استاندارد شده تابع هدف kام و d_k انحراف از تابع هدف kام می‌باشد. همچنین سرمایه گذاران بین اهداف مختلف اولویت‌های خود را دارند که اولویت‌های هر تابع هدف با λ_i نشان داده می‌شود. در نظر گرفتن مقادیر مختلف λ_i می‌تواند مدل بهینه سازی را به شکل‌های مختلف تبدیل کرد.

در ادامه با بکارگیری همزمان معادلات سطوح مورد انتظار و مشخص بودن λ_i مقادیر بهینه هریک از توابع هدف در گام دوم مدل بهینه سازی به شکل زیر تبدیل می‌شود:

$$\begin{cases} Minimize\,Z = (1+\left|\frac{d_1}{R^*_{pe}}\right|)^{\lambda_1} + (1+\left|\frac{d_2}{V^*_p}\right|)^{\lambda_2} + (1+\left|\frac{d_3}{S^*_p}\right|)^{\lambda_3} + (1+\left|\frac{d_4}{K^*_p}\right|)^{\lambda_4} + (1+\left|\frac{d_5}{E^*_s}\right|)^{\lambda_5} + (1+\left|\frac{d_6}{E^*_{G-S}}\right|)^{\lambda_6} \\ subject\,to: W^T M + d_1 = R^*_{pe} \\ W^T M - d_2 = V^*_p \\ E(W^T(R-M))^3 + d_3 = S^*_p \\ E(W^T(R-M))^4 - d_4 = K^*_p \\ -W^T(lnW) + d_5 = E^*_s \\ 1 - W^T W + d_6 = E^*_{G-S} \\ W^T 1_N = 1 \\ w \geq 0 \\ d \geq 0 \end{cases}$$

در آخرین گام ، پرتفوهای بدست آمده با استفاده از معیارهای ارزیابی عملکرد با یکدیگر مقایسه و بهینه ترین پرتفوی انتخاب می شود. بدین منظور از دو معیار شارپ تعدیل شده ایرالسن و تعدیل شده بوسیله چولگی استفاده می کنیم.

معیار شارپ: یکی از پرکاربرد ترین معیارهای ارزیابی عملکرد پرتفوی می باشد. برای محاسبه‌ی این معیار داریم : $SR=\frac{r_p^0}{\sigma_p^0}$

در رابطه ی فوق r_p^0 و σ_p^0 به ترتیب نشانگر میانگین و انحراف معیار می باشند.شاخص SR معیار مناسبی برای اندازه گیری عملکرد پرتفوی در زمانی که r_p^0 منفی است نمی باشد.در این شرایط باید از شاخص تعدیل شده ی ایرالسن استفاده کرد :

$$MSR = \frac{r_p^0}{(\sigma_p^0)^{\left(r_p^0/abs(r_p^0)\right)}}$$

که در abs مقدار قدرمطلق را بیان می‌کند.

معیار شارپ تعدیل شده بوسیله چولگی:

با توجه به آنکه معیار شارپ بر پایه ی تئوری میانگین-واریانس می‌باشد تنها زمانی که داده‌ها از توزیع نرمال تبعیت کنند معتبر است.بنابراین معیار شارپ می‌تواند پاسخ گمراه کننده‌ای به توزیع‌هایی که چولگی داشته و دنباله‌های ضخیمی دارند بدهد.برای حل این موضوع از نسبت تعدیل یافته با چولگی استفاده می‌شود:

$$ASR = \mathrm{SR} \times \sqrt{1 + \frac{SK(R_p)\times SR}{3}}$$

فرضیه‌های تحقیق

۱. بازدهی تعدیل شده برحسب ریسک پرتفوی بهینه سازی شده مبتنی بر MVSM با استفاده از رویکرد CAPM-IAPD نسبت به پرتفوی با رویکرد CAPM تفاوت معناداری دارد.

۲. بازدهی تعدیل شده برحسب ریسک پرتفوی بهینه سازی شده مبتنی بر MVSM با استفاده از رویکرد CAPM-IAEPD نسبت به پرتفوی با رویکرد CAPM تفاوت معناداری دارد.

۳. بازدهی تعدیل شده برحسب ریسک پرتفوی بهینه سازی شده مبتنی برMVSM با استفاده از رویکرد CAPM-IAEPD نسبت به پرتفوی با رویکرد CAPM-IAPD تفاوت معناداری دارد.

۴. بازدهی تعدیل شده برحسب ریسک پرتفوی بهینه سازی شده مبتنی برMVSKM با استفاده از رویکرد CAPM-IAPD نسبت به پرتفوی با رویکرد CAPM تفاوت معناداری دارد.

۵. بازدهی تعدیل شده برحسب ریسک پرتفوی بهینه سازی شده مبتنی برMVSKM با استفاده از رویکرد CAPM-IAEPD نسبت به پرتفوی با رویکرد CAPM تفاوت معناداری دارد.

۶. بازدهی تعدیل شده برحسب ریسک پرتفوی بهینه سازی شده مبتنی بر MVSKM با استفاده از رویکرد CAPM-IAEPD نسبت به پرتفوی با رویکرد CAPM-IAPD تفاوت معناداری دارد.

روش شناسی تحقیق

پژوهش حاضر تحقیق کاربردی محسوب می‌شود در دسته تحقیقات توصیفی قرار می گیرد. جامعه آماری این پژوهش شرکت‌های سهامی در کل بازار بورس اوراق بهادار در ایران هست. نمونه گیری در این پژوهش از داده های بازه زمانی ابتدای فروردین ۱۳۹۰ تا پایان اسفند ۱۳۹۶ استفاده شده است. پس از تلخیص داده ها درمجموع 2520 بازدهی دارایی بدست آمده است. اطلاعات مالی در زمینه شاخص سهام از نرم افزار ره آورد نوین و سایت bourseview.com جمع آوری می‌گردد.

مرحله یکم : ابتدا بازدهی‌های هفتگی شرکت های مورد بررسی را تهیه و اطلاعات شاخص سهام و شاخص بدون ریسک را در هر ماه از اطلاعات نرم افزار ره آورد نوین و سایتbourseview.com استخراج می‌کنیم.

مرحله دوم: با استفاده از نرم افزار SPSS فرض نرمال بودن بازدهی شرکت های مورد بررسی را آزمون می‌کنیم

مرحله سوم : با استفاده از نرم افزار R مدل های قیمت گذاری دارایی سرمایه‌ای سنتی و تعمیم یافته را با مفروضات ذکر شده کدنویسی کرده و معیارهای اطلاعاتی آکائیک و شوارتز را در آنها بررسی می‌کنیم.

مرحله چهارم : با توجه به محدودیت‌های شش گانه به بهینه سازی گشتاور بالاتر در نرم افزار MATLAB پرداخته و بهترین مدل ها را از حیث بازدهی و ریسک بر می‌گزینیم.

مرحله پنجم: با استفاده نرم افزار SPSS داده ها را آزمون آماری می کنیم و فرضیه‌ها را تایید یا رد می‌کنیم.

مرحله ششم : با استفاده از نسبت های ارزیابی عملکرد بهترین مدل‌ها را در هر یک از مدل‌های قیمت گذاری دارایی سرمایه ای انتخاب می‌کنیم.

یافته‌های تحقیق

در این تحقیق در گام اول به بررسی نرمال بودن بازده دارایی‌ها می‌پردازیم.:بدین منظور از آزمون کولموگروف اسمیرنوف استفاده کرده ونتایج بشرح زیر است :

جدول۱ :آزمون کولموگروف اسمیرنوف

شرح فرض صفر	آماره	Prob	درجه آزادی	نتایج
نرمال بودن داده ها	۰،۱۱۲	۰،۰۰۰	۱۷،۸۷۵	رد فرض صفر

آنچه از نتایج جدول ۱ بدست می آید بشرح ذیل است با توجه به آماره ی کولموگروف اسمیرنوف بدست آمده و سطح اطمینان مورد بررسی میزان P-value کمتر از ۰،۰۵ بوده و فرض صفر مبنی بر نرمال بودن داده ها رد می شود.بنابراین توزیع داده ها از توزیع نرمال تبعیت نمی کند .

۲-۷ معیارهای اطلاعاتی آکائیک و شوارتز

به کمک معیار اطلاعاتی آکائیک و شوارتز بهترین مدل ها را طبقه بندی می کنیم. معیار ارزیابی BIC به مانند معیار آکائیک ، نمایانگر میزان اطلاعاتی است که توسط مدل از دست رفته است و در نتیجه هر چه مقدار معیار ارزیابی شوارتزکوچکتر باشد، مدل مورد نظر نسبت به بقیه مدل‌ها، بهتر و مناسب‌تر است. نتایج بدست آمده در جدول ۲ به تخمین بهترین مدل بشرح زیر است :

جدول۲: معیارهای اطلاعاتی مدل های برازش شده

معیار شوارتز(BIC)	معیار آکائیک(AIC)	مدل
-۲۳۴،۰۱۵	-۲۴۱،۲۳	CAPM
-۲۳۸،۶۷	-۲۵۰،۷۰	CAPM-IAPD
-۲۳۲،۱۳۰	-۲۴۶،۵۷	CAPM-IAEPD

نتایج آماره ی آکائیک:مدل قیمت گذاری دارایی سرمایه‌ای با فرض جز خطا با توزیع نامتقارن و مستقل (CAPM-IIAPD) ، بهتر از مدل قیمت گذاری دارایی سرمایه با توزیع نمایی (CAPM-IAEPD) است .در نهایت ، هر دوی این مدل‌ها از مدل قیمت گذاری دارایی سرمایه‌ای سنتی مطلوب تر و مقدار آماره‌ی مناسب‌تری دارند.

نتایج آماره ی شوارتز: مدل قیمت گذاری دارایی سرمایه ای با فرض جز خطا با توزیع نامتقارن و مستقل (CAPM-IIAPD) ، بهتر از هر دو مدل قیمت گذاری دارایی سرمایه با جز خطای دارای توزیع نمایی (CAPM-IAEPD) و مدل قیمت گذاری دارایی سرمایه‌ای سنتی است.

بنابراین با توجه به نتایج دو آماره ی آکائیک و شوارتز بدست آمده مدل قیمت گذاری دارایی سرمایه‌ای با فرض جز خطا با توزیع نامتقارن و مستقل (CAPM-IIAPD) قابلیت برازش بهتری نسبت به دو مدل مورد بررسی دیگر دارد.

۷-۳-میانگین توابع هدف با توجه به مدل‌های قیمت گذاری دارایی سرمایه‌ای

جدول ۳ میانگین توابع هدف مدل قیمت گذاری دارایی سرمایه ای (CAPM) را مورد بررسی قرار داده است :

جدول۳: میانگین توابع هدف مدل قیمت گذاری دارایی سرمایه‌ای (CAPM)

شرح	مدل	میانگین بازدهی	میانگین واریانس	میانگین چولگی($\times 10^{-4}$)	میانگین کشیدگی ($\times 10^{-4}$)	میانگین آنتروبی شانون	میانگین آنتروبی سیمپسون
۱	EWM	۰,۰۲۱۷	۰,۰۲۶۹	-۹,۵۲۳	۷,۶۳۳	۰,۷۷۹۴	۰,۳۶۸
۲	MVM	۰,۰۱۴۳	۰,۰۱۱۹	-۵,۱۷۵۶	۲,۰۸۲۳	۰,۸۴۲۱	۰,۷۳۰۴
۳	MVSM	۰,۰۱۴۵	۰,۰۱۲۷	-۵,۱۳۴	۲,۰۶۳۲	۱,۳۴۷۸	۰,۷۲۵۸
۴	MVSKM	۰,۰۱۰۵	۰,۰۱۳۷	-۱,۸۱۱	۵,۳۰۷	۱,۳۰۱۸	۰,۷۰۷۲
5	MVSKE_SM	۰,۰۱۰۵۵	۰,۰۱۳۵	-۱,۸۴۹	۵,۴۲۵	۱,۳۱۱۵	۰,۷۱۱
6	MVSK E_{G-S} M	۰,۰۱۰۵۵	۰,۰۱۳۵	-۱,۸۸۸	۵,۵۵۵	۱,۳۹۸	۰,۷۱۴۴

همانطور که در جدول مشاهده می‌کنید، بیشترین مقدار میانگین بازدهی در بین مدل‌های EWM،MVM،MVSMو MVSKM مربوط به مدل EWM می‌باشد. هنگامی که در مدل‌ها آنتروپی نیز در نظر گرفته می‌شود، مدل MVSK E_{G-S} دارای بیشترین بازده می‌باشد. بهترین میزان واریانس (V_p) از میان مدل‌های مورد بررسی متعلق به مدل میانگین-واریانس (MVM) می‌باشد. بهینه‌ترین مقدار گشتاور سوم (S_p) مربوط به مدل هم وزن (EWM) می‌باشد. بهترین میزان آنتروپی شانون

(E_S) متعلق به مدل MVSK E_{G-S} می باشد.و در نهایت بهینه ترین میزان آنتروپی جینی-سیمپسون نیز به مدل میانگین-واریانس(MVM) تعلق می‌گیرد.

حال اگر مدل‌های MVM، MVSM و MVSKM با یکدیگر مقایسه شوند، مدل میانگین-واریانس(MVM) دارای بهترین مقدار واریانس(V_p) وکشیدگی(K_p)، مدل میانگین-واریانس-چولگی-کشیدگی(MVSKM)بهترین مقدارچولگی(S_p)می باشند.

در مدل میانگین-واریانس-چولگی-کشیدگی-جینی سیمپسون(MVSK E_{G-S} M) بهترین مقدار آنتروپی شانون(E_S)را داشته و مدل گشتاور دوم میانگین-واریانس(MVM) بهترین میانگین آنتروپی جینی - سیمپسون (E_{G-S}) بهینه را نسبت به مدل های مورد بررسی دارا می باشند.همچنین از مقایسه مدل‌های MVS E_SM و MVSK E_{G-S} این نتیجه حاصل می‌شود که مدل MVSK E_{G-S} M دارای بهترین مقدار R_p، V_p، E_S و E_{G-S} می‌باشد. در صورتی که مدل MVS E_SM مقدار K_p بهتری در مقایسه با مدل MVSK E_{G-S} M دارد.

جدول ۴ میانگین توابع هدف مدل قیمت گذاری دارایی سرمایه ای با فرض جز خطا با توزیع نامتقارن و مستقل (CAPM-IIAPD) را مورد بررسی قرار داده است :

جدول ۴ : میانگین توابع هدف مدل قیمت گذاری دارایی سرمایه ای با فرض جز خطا با توزیع نامتقارن و مستقل (CAPM-IIAPD)

شرح	مدل	میانگین بازدهی	میانگین واریانس	میانگین چولگی($\times 10^{-4}$)	میانگین کشیدگی ($\times 10^{-4}$)	میانگین آنتروپی شانون	میانگین آنتروبی سیمپسون
۱	EWM	۰,۰۱۷۳	۰,۰۳۳۶	-۰,۰۲۷۲	۰,۰۳۶۲	۷,۵۲۵۸	۱,۳۴۸
۲	MVM	۰,۰۲۲۳	۰,۰۱۰۱	-۰,۰۰۲۲	۰,۰۰۱۱	۱,۵۵۸۴	۰,۷۷۹۷
۳	MVSM	۰,۰۲۲۴	۰,۰۱۰۱	-۰,۰۰۲۰	۹,۴۸۴۳	۱,۵۵۵	۰,۷۷۸۷
۴	MVSKM	۰,۰۲۵۶	۰,۰۱۴	-۱,۸۷۰۴	۵,۲۹۱۹	۱,۳۰۶۹	۰,۷۰۸۹
۵	MVSKE_SM	۰,۰۲۵۵	۰,۰۱۳۸	-۱,۹۴۷۴	۵,۴۵۰۴	۱,۳۳۲۷	۰,۷۱۳۷
۶	MVSK E_{G-S} M	۰,۰۲۴۹	۰,۰۱۳۵	-۱,۹۹۱۹	۵,۶۰۰۵	۱,۳۴۱۸	۰,۷۱۷۰

همانطور که در جدول ۴ مشاهده می‌کنید، بیشترین مقدار میانگین بازدهی در بین مدل‌های EWM،MVM،MVSM و MVSKM مربوط به مدل میانگین-واریانس-چولگی-کشیدگی(MVSKM) می‌باشد. هنگامی که در مدل‌ها آنتروپی نیز در نظر گرفته‌می‌شود، مدل MVSK E_{G-S} و MVSKE_SM

دارای بازدهی یکسان می‌باشد. بهترین واریانس(V_p) متعلق به مدل میانگین-واریانس(MVM) می‌باشد. بهینه ترین مقدار گشتاور سوم (S_p) مربوط به مدل میانگین-واریانس-چولگی(MVSM)می‌باشد. بهترین میزان آنتروپی شانون (E_S)متعلق به مدل EWM می‌باشد و بهترین میزان آنتروپی جینی-سیمپسون (E_{G-S}) نیز به مدل EWM تعلق می گیرد.

حال اگر مدل‌های MVSM ،MVM و MVSKM با یکدیگر مقایسه شوند، میانگین-واریانس-چولگی-کشیدگی (MVSKM) دارای بهترین مقدار R_p ، K_p، و مدل های MVM و MVSM بهترین مقدار واریانس(V_p) را دارا می‌باشند. مدل MVSM بهترین مقدار گشتاور سوم (S_p) می‌باشند و اما در مدل همسان EWM بهترین مقدار آنتروپی شانون (E_S)و بهترین میانگین آنتروپی جینی-سیمپسون (E_{G-S}) را دارا می‌باشد.

همچنین از مقایسه مدل‌های میانگین-واریانس-چولگی-کشیدگی-شانون(MVSK E_SM)و میانگین-واریانس-چولگی-کشیدگی-جینی سیمپسون(MVSK E_{G-S}) این نتیجه حاصل می‌شود که مدل MVSK E_{G-S} M دارای بهترین مقدار واریانس(V_p) ، آنتروپی شانون (E_S) و آنتروپی جینی-سیمپسون (E_{G-S}) می‌باشد. در صورتی که مدل MVSK E_SM مقادیر بازدهی(R_p) وکشیدگی(K_p)، بهینه‌تری در مقایسه با مدل MVSK E_{G-S} M دارد.

و در آخرین مدل قیمت گذاری دارایی سرمایه ای میانگین توابع هدف مدل قیمت گذاری دارایی سرمایه ای با جز خطای دارای توزیع نمایی (CAPM-IAEPD) بشرح زیر است :

جدول ۵ :میانگین توابع هدف مدل قیمت گذاری دارایی سرمایه ای با جز خطای دارای توزیع نمایی (CAPM-IAEPD)

شرح	مدل	میانگین بازدهی	میانگین واریانس	میانگین چولگی($\times 10^{-4}$)	میانگین کشیدگی ($\times 10^{-4}$)	میانگین آنتروپی شانون	میانگین آنتروبی سیمپسون
۱	EWM	۰,۰۰۵۸	۰,۰۵۵۶	-۰,۰۲۷۲	۰,۰۳۶۲	۱,۹۰۵۱	۲,۰۸۴۵
۲	MVM	۰,۰۱۴۶	۰,۰۲۱۹	-۰,۰۰۶۶	۰,۰۰۴۶	۰,۹۹۵۹	۰,۵۹۵۵
۳	MVSM	۰,۰۱۴۵	۰,۰۲۱۹	-۰,۰۰۶۳	۰,۰۰۴۳	۰,۹۹۳۴	۰,۵۹۴۴
۴	MVSKM	۰,۰۲۸	۰,۰۱۹۴	-۰,۰۰۲۷۹	۷,۵۶۷۴	۱,۱۴۴۹	۰,۵۷۶۲
5	MVSKE_SM	۰,۰۲۹۱	۰,۰۱۸۳	-۰,۰۰۲۷۱	۷,۱۴۶۰	۱,۱۹۲۲	۰,۶۰۱۲
6	MVSK E_{G-S} M	۰,۰۳۰۲	۰,۰۱۷۴	-۰,۰۰۲۶۶	۶,۸۷۴۵	۱,۲۳۰۵	۰,۶۲۲۹

همانطور که در جدول ۵ مشاهده می‌کنید، بیشترین مقدار میانگین بازدهی در بین مدل‌های MVSM،MVM،EWM و MVSKM مربوط به مدل MVSKM می‌باشد. هنگامی که در مدل‌ها آنتروپی نیز در نظر گرفته می‌شود، مدل $\text{MVSK}\,E_{G-S}\,\text{M}$ دارای بازدهی بیشتر می‌باشد .از لحاظ نوسانات ، بهترین واریانس(V_p) متعلق به مدل $\text{MVSK}\,E_{G-S}\,\text{M}$ می باشد. بهینه ترین مقدار گشتاور سوم (S_p) مربوط به مدل $\text{MVSK}\,E_{G-S}\,\text{M}$ می باشد.بهترین میزان آنتروپی شانون و آنتروپی جینی-سیمپسون متعلق به مدل $\text{MVSK}E_S\text{M}$ می باشد .بهینه ترین گشتاور چهارم نیز مربوط به مدل MVM می باشد.

حال اگر مدل‌های MVM، MVSM و MVSKM با یکدیگر مقایسه شوند، مدل میانگین-واریانس-چولگی-کشیدگی (MVSKM) دارای بهترین مقدار بازدهی (R_p)،واریانس(V_p) و مدل های MVM و MVSM بهترین مقدارگشتاور سوم(S_p) را دارا می باشند.مدل MVSKMدارای بهترین مقدار کشیدگی(K_p) می باشد و در مدل مدل میانگین-واریانس-چولگی-کشیدگی(MVSKM) بهترین مقدار آنتروپی E_S و بهترین میانگین آنتروپی جینی - سیمپسون در هر سه مدل تقریبا برابر است.

همچنین از مقایسه مدل‌های $\text{MVS}\,E_S\text{M}$ و $\text{MVSK}\,E_{G-S}\,\text{M}$ این نتیجه حاصل می‌شود که مدل $\text{MVSK}\,E_{G-S}\,\text{M}$ دارای بهترین مقدار بازدهی (R_p)،واریانس(V_p) و گشتاور سوم (S_p) وآنتروپی شانون(E_S) و جینی-سیمپسون(E_{G-S}) می‌باشد.

۷-۴ آزمون نهادن فرضیه های پژوهش

با توجه به داده های بدست آمده از بهینه سازی گشتاور بالاتر مدل های مورد بررسی (CAPM و CAPM-IIAPD و CAPM-IAEPD) با استفاده از آزمون مقایسه نتایج زیر بدست آمده است :

جدول ۶ : نتایج مقایسه میانگین بازده تعدیل شده با ریسک با رویکرد های CAPM و CAPM-IIAPD در گشتاورهای بالاتر

	CAPM		CAPM-IIAPD		نتایج	
	بازدهی	ریسک	بازدهی	ریسک	آماره ی t	P-value
MVSM	۰,۰۱۴۵	۰,۰۱۳	۰,۰۲۲	۰,۰۱	-۰,۲۸۶۶	۰,۶۱۲
MVSKM	۰,۰۱۰۵	۰,۰۱۴	۰,۰۲۶	۰,۰۱۴	۲,۶۱۳۰	۰,۰۰۹۱

باتوجه به نتایج گزارش شده درجدول فوق، فرض‌برابری بازدهی‌تعدیل شده برحسب ریسک پرتفوی بهینه سازی شده مبتنی بر MVSM با استفاده از رویکرد CAPM-IIAPD نسبت به پرتفوی با

رویکرد CAPM را پذیرفت. بعبارت دیگر، تفاوت معناداری میان دو رویکرد سنتی ومدل قیمت‌گذاری دارایی سرمایه با فرض جزء خطای مستقل(CAPM-IIAPD) وجود ندارد. از طرف دیگر، فرض برابری بازدهی تعدیل شده بر حسب ریسک پرتفوی بهینه سازی شده مبتنی بربهینه سازی گشتاور های دوم تا چهارم MVSKM با استفاده از رویکرد CAPM-IIAPD نسبت به پرتفوی با رویکرد CAPM رد شده و بعبارت دیگر تفاوت معناداری دارند.(میزان آماره ی آزمون از مقدار آماره ی t - استیودنت ($t_{۵۸,۹۵٪} = ۲.۰۰۲$) و مقدار P-value از ۰,۰۵ بیشتر است.)

جدول۷: نتایج مقایسه میانگین بازده تعدیل شده با ریسک با رویکرد های CAPM و CAPM-IAEPD در گشتاورهای بالاتر

	CAPM		CAPM-IAEPD		نتایج	
	بازدهی	ریسک	بازدهی	ریسک	آماره ی t	P-value
MVSM	۰,۰۱۴۵	۰,۰۱۳	۰,۰۱۵	۰,۰۲۲	۰,۰۰۲۰	۰,۰۵۹۴
MVSKM	۰,۰۱۰۵	۰,۰۱۴	۰,۰۲۸	۰,۰۱۹	۲,۳۱۸۱	۰,۰۰۳۷

باتوجه به نتایج گزارش شده در جدول فوق، فرض برابری بازدهی تعدیل شده بر حسب ریسک پرتفوی بهینه سازی شده مبتنی بر MVSM با استفاده از رویکرد CAPM-IAEPD نسبت به پرتفوی با رویکرد CAPM را پذیرفت. بعبارت دیگر، تفاوت معناداری میان دو رویکرد سنتی(CAPM) ومدل قیمت گذاری دارایی سرمایه ای با توزیع نمایی با فرض جزء خطای مستقل (CAPM-IAEPD) وجود ندارد. از طرف دیگر، فرض برابری بازدهی تعدیل شده بر حسب ریسک پرتفوی بهینه سازی شده مبتنی بر MVSKM با استفاده از رویکرد CAPM-IAEPD نسبت به پرتفوی با رویکرد CAPM پذیرفته نشده و بعبارت دیگر تفاوت معناداری دارند.(میزان آماره‌ی آزمون از مقدار آماره‌ی t – استیودنت ($t_{۵۸,۹۵\%} = ۲.۰۰۲$) و مقدار P-value از ۰,۰۵ کمتر است.)

جدول ۸ : نتایج مقایسه میانگین بازده تعدیل شده با ریسک با رویکرد های CAPM-IIAPD و CAPM-IAEPD در گشتاورهای بالاتر

	CAPM-IIAPD		CAPM-IAEPD		نتایج	
	بازدهی	ریسک	بازدهی	ریسک	آماره ی t	P-value
MVSM	۰,۰۲۲	۰,۰۱	۰,۰۱۵	۰,۰۲۲	۰,۲۴۱۹	۰,۹۵۵۲
MVSKM	۰,۰۲۶	۰,۰۱۴	۰,۰۲۸	۰,۰۱۹	۲,۹۲۵۱	۰,۰۳۸۷

باتوجه به نتایج گزارش شده در جدول فوق ، فرض برابری بازدهی تعدیل شده بر حسب ریسک پرتفوی بهینه سازی شده مبتنی بر MVSM با استفاده از رویکرد CAPM-IAEPD نسبت به پرتفوی با رویکردCAPM-IIAPDرا پذیرفت. بعبارت‌دیگر، تفاوت معناداری میان دو رویکرد مدل قیمت‌گذاری دارایی سرمایه‌ای با فرض جزء خطای مستقل(CAPM-IIAPD) و مدل قیمت‌گذاری دارایی سرمایه‌ای با توزیع نمایی با فرض جزء خطای مستقل (CAPM-IAEPD) وجود ندارد. از طرف دیگر، فرض برابری بازدهی تعدیل شده بر حسب ریسک پرتفوی بهینه سازی شده مبتنی بر MVSKM با استفاده از رویکرد CAPM-IAEPD نسبت به پرتفوی با رویکرد CAPM-IIAPD رد شده و بعبارت دیگر تفاوت معناداری بین دو رویکرد قیمت گذاری در بهینه سازی گشتاور دوم تا چهارم وجود دارد.(میزان آماره ی آزمون از مقدار آماره ی t – استیودنت ($t_{۵۸,۹۵\%} = ۲.۰۰۲$) و مقدار P-value از ۰,۰۵ کمتر است.)

۷-۵- ارزیابی عملکرد

با توجه به مقادیر گشتاورهای بالاتر ، معیارهای ارزیابی عملکرد در دو سطح معیار شارپ تعدیل شده ی ایرالسن و شارپ تعدیل شده بوسیله چولگی بشرح زیر می‌باشند :

جدول ۹ : مقایسه نتایج مدل ها(با فرض اوزان برابر) با استفاده از معیارهای ارزیابی عملکرد

اولویت	مدل					
	CAPM		CAPM-IIAPD		CAPM-IAEPD	
	MSR	ASR	MSR	ASR	MSR	ASR
EWM	۰,۱۳۲۳	۰,۲۸۹۳	۰,۰۹۴۴	۰,۰۹۴۴	۰,۰۲۴۶	۰,۰۲۴۶
MVM	۰,۱۳۱۱	۰,۲۲۸۴	۰,۲۲۱۹	۰,۲۲۱۹	۰,۰۹۸۷	۰,۰۹۸۷
MVSM	۰,۱۲۸۷	۰,۲۲۲۲	۰,۲۲۲۹	۰,۲۲۲۹	۰,۰۹۸۰	۰,۰۹۸۰
MVSKM	۰,۰۸۹۷	۰,۱۰۹۴	۰,۲۱۶۴	۰,۲۳۰۵	۰,۲۰۱۰	۰,۲۰۱۰
MVSK^{E_S}M	۰,۰۹۰۸	۰,۱۱۱۳	۰,۲۱۷۱	۰,۲۳۱۹	۰,۲۱۵۱	۰,۲۳۱۵
MVSK$^{E_{G-S}}$M	۰,۰۹۲۷	۰,۱۱۴۵	۰,۲۱۴۳	۰,۲۲۹۰	۰,۲۲۸۹	۰,۲۲۹۰

مقایسه نتایج ارزیابی عملکرد نتایج جالبی بهمراه دارد .با توجه به دو معیار ارزیابی عملکرد MSR و ASR نتایج زیر بدست می‌آید:

در مدل قیمت گذارایی دارایی سرمایه‌ای سنتی بیشترین میزان MSR متعلق به مدل پایه با اوزان یکسان (EWM) است.با توجه به آنکه در بهینه سازی پرتفوی از گشتاورهای بالاتر نیز استفاده

شده است بنابراین بهتر است در ارزیابی عملکرد نیز از روش‌های بهتر و بروزتری استفاده شود. بنابراین مقدار ASR در بین مدل‌های مورد بررسی بیشترین میزان متعلق به پایه با اوزان یکسان (EWM) می‌باشد.

در مدل قیمت گذاری دارایی سرمایه با فرض جزء خطای مستقل بیشترین میزان MSR متعلق به مدل میانگین-واریانس-چولگی(MVSM) است.با توجه به آنکه در بهینه سازی پرتفوی از گشتاورهای بالاتر نیز استفاده شده است بنابراین بهتر است در ارزیابی عملکرد نیز از روش‌های بهتر و بروزتری استفاده شود. بنابراین مقدار ASR در بین مدل‌های مورد بررسی بیشترین میزان متعلق به مدل میانگین-واریانس-چولگی-کشیدگی-آنتروپی شانون (MVSKE_SM)) می باشد. مزیت این معیار نسبت به معیار MSR در نظر گرفتن گشتاور سوم (چولگی) در ارزیابی عملکرد است. در این مدل، آنتروپی عملکرد مدل را تحت تاثیر قرار داده و بهترین مدل‌ها مربوط به اضافه شدن آنتروپی‌های شانون و جینی-سیمپسون می‌باشند.

در مدل قیمت گذاری دارایی سرمایه ای با توزیع نمایی با فرض جزء خطای مستقل بیشترین میزان MSRمتعلق به مدل میانگین-واریانس-چولگی-کشیدگی-آنتروپی جینی-سیمپسون (MVSK E_{G-S} M) است. با توجه به آنکه در بهینه سازی پرتفوی از گشتاورهای بالاتر نیز استفاده شده است، بنابراین بهتر است در ارزیابی عملکرد نیز از روش‌های بهتر و بروزتری استفاده شود. بنابراین مقدار ASR در بین مدل‌های مورد بررسی بیشترین میزان متعلق به مدل میانگین-واریانس-چولگی-کشیدگی-آنتروپی شانون (MVSKE_SM)می‌باشد. مزیت این معیار نسبت به معیار MSR در نظر گرفتن گشتاور سوم (چولگی) در ارزیابی عملکرد است. بنابراین، با اضافه شدن آنتروپی شانون عملکرد مدل بهبود می‌یابد.

نتیجه گیری و جمع بندی

در این پژوهش اهداف متفاوتی را در سر می پروراندیم. در گام نخست، به دنبال ارائه مدلی بودیم تا بتوان در مواقعی که بازارها دچار بحران مالی می‌شوند و توزیع بازده دارایی‌ها از توزیع نرمال تبعیت نمی کند بتوان از توزیع مورد نظر بهره جسته و کمترین اریبی نسبت به داده های واقعی را داشته باشد.بدین منظور ، از داده های بازدهی هفتگی شرکت های پذیرفته شده در بازار سرمایه (بورس و فرابورس) استفاده نمودیم. سپس با استفاده از آزمون کولموگروف – اسمیرنوف، فرض نرمال بودن بازدهی دارایی‌ها را رد کرده و با استفاده از آمار توصیفی به چولگی و کشیدگی غیر نرمال بازده دارایی‌های شرکت‌های مورد بررسی در بازه‌ی زمانی مورد مطالعه رسیدیم. در ادامه‌ی مطالعه، به دنبال

استفاده از گشتاورهای بالاتر بمنظور مدل سازی و بهینه‌تر کردن مدل قیمت گذاری دارایی سرمایه‌ای سنتی(CAPM) بوده و با استفاده از گشتاورهای سوم (چولگی) و چهارم (کشیدگی) به برآورد مدل‌های قیمت گذاری دارایی سرمایه‌ای با فرض جزء خطای مستقل (CAPM-IIAPD) و مدل قیمت‌گذاری دارایی سرمایه‌ای با فرض توزیع نمایی جزء خطای مستقل(CAPM-IAEPD) پرداختیم. سپس، با استفاده از آماره های آکائیک و شوارتز مدل‌های مورد بررسی را طبقه بندی کرده و در نتیجه به برتری مدل قیمت گذاری دارایی سرمایه‌ای با فرض جزء خطای مستقل با توزیع نامتقارن (CAPM-IIAPD) نسبت به دو مدل قیمت گذاری دارایی سرمایه ای سنتی(CAPM) و مدل قیمت گذاری دارایی سرمایه‌ای با فرض توزیع نمایی جزء خطای مستقل و نامتقارن (CAPM-IAEPD) رسیدیم (همچنین مدل قیمت گذاری دارایی سرمایه‌ای سنتی(CAPM) نسبت مدل قیمت گذاری دارایی سرمایه‌ای با فرض توزیع نمایی جزء خطای مستقل(CAPM-IAEPD) برتری داشت.). پس از انتخاب بهترین مدل ها در برآورد بازدهی و ریسک به عنوان متغیرهای ورودی بهینه سازی پرتفوی، بهینه سازی با استفاده از روش برنامه ریزی آرمانی چندمتغیره انجام شد. سپس، با فرض اولویت های (λ_i) باینری در هر تابع هدف میانگین توابع هدف در شش سطح با اضافه کردن گشتاورهای اول تا چهارم و آنتروپی های شانون و جینی-سیمسون با توجه به مدل های قیمت گذاری بهینه سازی بررسی و در توابع هدف در مدل قیمت گذاری دارایی سرمایه ای بهترین مدل ، مدل هم‌وزن(EWM)و در توابع هدف در مدل قیمت گذاری دارایی سرمایه ای با فرض جز خطا با توزیع نامتقارن و مستقل بهترین مدل ،میانگین-واریانس-چولگی-کشیدگی-آنتروپی جینی-سیمپسون (MVSK E_{G-S} M) و در مدل قیمت گذاری دارایی سرمایه‌ای با فرض توزیع نمایی جزء خطای مستقل بهترین مدل، میانگین-واریانس-چولگی-کشیدگی-آنتروپی شانون (MVSKE_SM) می باشند.پس از بهینه سازی با استفاده از گشتاورهای بالاتر ، نوبت به بررسی آزمون فرض های تعیین شده است. نتایج فرض برابری بازدهی تعدیل شده بر حسب ریسک پرتفوی بهینه سازی شده مبتنی بر MVSM با استفاده از رویکرد (CAPM- IIAPD)نسبت به پرتفوی با رویکرد CAPM را پذیرفت و بازدهی تعدیل شده بر حسب ریسک پرتفوی بهینه سازی شده مبتنی بربهینه سازی گشتاور های دوم تا چهارم MVSKM با استفاده از رویکرد (CAPM- IIAPD) نسبت به پرتفوی با رویکرد CAPM رد می کند.همچنین فرض برابری بازدهی تعدیل شده بر حسب ریسک پرتفوی بهینه سازی شده مبتنی بر مدل میانگین-واریانس-چولگی-کشیدگی(MVSM) با استفاده از رویکرد (CAPM-IAEPD)نسبت به پرتفوی با رویکرد CAPM را پذیرش و فرض برابری بازدهی تعدیل شده بر حسب ریسک پرتفوی بهینه سازی

شده مبتنی بر مدل میانگین-واریانس-چولگی-کشیدگی(MVSKM) با استفاده از رویکرد (-CAPM IAEPD) نسبت به پرتفوی با رویکرد CAPM رد می شود. و در آخرین آزمون گشتاور سوم، تفاوت معناداری میان دو رویکرد مدل قیمت گذاری دارایی سرمایه ای با فرض جزء خطای مستقل (-CAPM IIAPD) و مدل قیمت گذاری دارایی سرمایه ای با توزیع نمایی با فرض جزء خطای مستقل (CAPM-IAEPD) وجود ندارد. از طرف دیگر ، فرض برابری بازدهی تعدیل شده بر حسب ریسک پرتفوی بهینه سازی شده مبتنی بر مدل میانگین-واریانس-چولگی-کشیدگی(MVSKM)با استفاده از رویکرد (CAPM-IAEPD) نسبت به پرتفوی با رویکرد (CAPM- IIAPD) رد شده و تفاوت معناداری بین دو رویکرد قیمت گذاری در بهینه سازی گشتاور دوم تا چهارم وجود دارد.در مرحله ی بعد ، با استفاده از معیارهای ارزیابی عملکرد در دو سطح معیار شارپ تعدیل شده ی ایرالسن و شارپ تعدیل شده بوسیله چولگی بهترین مدل‌ها به ترتیب مدل میانگین-واریانس-چولگی-کشیدگی-آنتروپی شانون (MVSKE_SM) با دو رویکرد (CAPM- IIAPD) و (CAPM-IAEPD) و مدل میانگین-واریانس-چولگی-کشیدگی-آنتروپی جینی-سیمپسون (MVSK E_{G-S} M) با استفاده از دو رویکرد (CAPM- IIAPD) و (CAPM-IAEPD) می‌باشند.در مدل‌هایی که گشتاورهای دوم تا چهارم در بهینه سازی آن‌ها نقش داشتند مدل میانگین-واریانس-چولگی-کشیدگی(MVSKM)با استفاده از رویکرد (CAPM- IIAPD)بیشترین میزان شارپ تعدیل شده بوسیله چولگی (ASR) را دارا می‌باشد. بمنظور مطالعات آتی نیز پیشنهاد می‌شود که در مدل‌های قیمت گذاری دارایی سرمایه‌ای نامتقارن می‌توان از معیار ریسک نامطلوب به جای معیار ریسک مطلق (واریانس) در جهت محاسبه ی ریسک استفاده کرد. توصیه می‌شود که هم از لحاظ روش حل مسئله توسعه داده شود و می‌توان از این نظر از الگوریتم‌های فراابتکاری استفاده شود. علاوه بر این ازبر این اساس منطق فازی نیزمدل‌ها بررسی شود تا کارایی مدل‌ها نیز بررسی گردد.

منابع

۱) بیگلری کامی مهدی و همکاران، انتخاب سبد سهام چند دوره ای با استفاده از گشتاورهای مرتبه بالاتر، فصلنامه مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار ،زمستان ۱۳۹۷

۲) رستمی محمدرضا و عادل بهزادی ، گشتاورهای مراتب بالاتر در بهینه سازی سبد سهام در محیط فازی، مجله مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار،پاییز ۱۳۹۴،شماره ۲۴ ،۴۱-۶۱

۳) رهنمای رودپشتی فریدون، میرغفاری سیدرضا ، ارزیابی عملکرد پرتفوی در بورس اوراق بهادار تهران: کاربرد ارزش در معرض خطر ، پاییز ۱۳۹۰

۴) صباغیان امید ، مسعودی مقدم محمد ، مدل میانگین –واریانس-چولگی برای انتخاب سبد سهام بوسیله ی منطق فازی، همایش بین المللی اقتصاد سنجی ، ۱۳۹۱

۵) فلاح میرفیض ، سینا افسانه ، بهینه سازی سبد سرمایه گذاری با رویکرد نظریه ارزش فرین در بورس اوراق بهادار تهران ، فصلنامه مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار ، پاییز ۱۳۹۸

6) Aracioglu ,B., Demircan, F.&Souyer,H.(2011).Mean-Variance-kewness-Kortusis Approach to Portfolio Optimization:An application in Istanbul Stock Exchange.Ege Academic Review ,9-17

7) Aven, T. (2013). On the meaning of a black swan in a risk context. Safety science, 57, 44-51.

8) Bera, A. K., & Park, S. Y. (2008). Optimal portfolio diversification using the maximum entropy

a. principle. Econometric Reviews, 27 (4-6), 484-512.

9) Fama, E. F., Fisher, L., Jensen, M. C., & Roll, R. (1969). The adjustment of stock prices to new information. International economic review, 10(1), 1-21.

10) Hodgson.J.,Linton. O.,Vorkink, k,. (2002), Testing the capital asset pricing mpdel efficiency under ellipiteal symmerty: a semiparametric appoach.J,Appl.Econ.17 , 617-639.

11) Hu, W., & Kercheval, A. (2007). Risk management with generalized hyperbolic distributions. Paper presented at the Proceedings of the Fourth IASTED International Conference on Financial Engineering and Applications.

12) Israelsen , Craig L.(2005) , A refinement to the Sharpe ratio and information ratio , Journal of Asset Management, Vol. 5, 6, 423–427

13) Komunjer, l.,(2007).Asymmetric Power distribution:Theory and applications to risk measurement.J.Appl.Econ.22,891-921.

14) Jana, P.,Roy, T. K.,&MAZUMDER, S. K.(2007),Multi-objective mean-

variance-sekwness model for portfolio optimization.Advanced Modeling and Optimization,9,181-193

15) Li,L.,Lin,M.,(2014).Analysis of French stock Market's CAPM based on asymmetric exponential power distribution.Int. J.Appl.Math.Stat. 52,84-95

16) Liu, Y. (2012). Risk forecasting and portfolio optimization with GARCH, skewed t distributions and multiple timescales: The Florida State University.

17) Luo, C. (2016). Stochastic Correlation and Portfolio Optimization by Multivariate Garch. University of Toronto (Canada).

18) Te Bao, Cees Diks , Hao Li ,(2017). A generalized CAPM with asymmetric power distributed errors with an application to portfolio construction , Economic Modeling, 32-48.

19) Thomas,R., Gup, B.E., (2010) , The valuation handbook:valuation techniques from today's top practitioners.JohnWiley &Sons,Inc., Hoboken, NJ.

20) Xiong, J. X., & Idzorek, T. M. (2011) .The impact of skewness and fat tails on the asset allocation decision. Financial Analysts Journal, 67(2), 23-35.

21) Zhang,X.,Creal, D., Koopman, S.J., Lucas, A., (2011).Modeling dynamic volatilities and correlations under skewness and fat tails.Technical Report.Tinbergen Institute,Amesterdam.Working paper 11-078

22) Zhu,D., Zinde-Walsh, V.,(2009), Properties and estimation of asymmetric exponential power distribution. J. Econ.148.86-99

23) Zinoviy Landsman &Tomer Shushi , (2020). Analytic solution to the portfolio optimization problem in a mean-variance-skewness model , The European Journal of Finance,Volume 2020, 165-178

24) Zhu, D., Galbraith. J.W., (2010). A generalized asymmetric student-t distribution with application to financial econometrics, J. Econ.157,297-305.

یادداشت‌ها :

1 Higher moments

2 Mean-Variance-Skewness-model

3 Mean-Variance-Skewness-Kurtosis model