فصلنامه مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار
شماره چهل و هفتم / تابستان ۱۴۰۰

طراحی مدل بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری چند دوره‌ای با رویکردی جدید در عدم قطعیت فازی

زهرا خندان بارکوسرائی[۱]
عمران محمدی[۲]
فرزاد موحدی سبحانی[۳]

تاریخ دریافت مقاله : ۹۹/۰۴/۲۹ تاریخ پذیرش مقاله : ۹۹/۰۷/۲۲

چکیده

بهینه‌سازی و انتخاب سبد سرمایه‌گذاری یکی از مهم‌ترین مسائل دنیای مالی است، بدین جهت سرمایه‌گذاران در تلاش برای اتخاذ تصمیماتی با بیش‌ترین تطابق با دنیای واقعی هستند. اما از یک سو عدم قطعیت موجود در داده‌ها و پارامترها و از سوی دیگر تضاد موجود در اهداف سرمایه‌گذار، بر پیچیدگی مسئله بهینه‌سازی سبد سهام می‌افزاید. از جهت دیگر با توجه به فرض کارا بودن بازار سهام، باید از مدل‌های چند دوره‌ای که برخلاف مدل‌های تک دوره‌ای، اجازه بازنگری سرمایه را در ابتدای هر دوره برای سرمایه‌گذار فراهم می‌کند؛ استفاده نمود. در این مقاله رویکرد جدیدی برای بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری چند دوره‌ای مبتنی بر اندازه عمومی فازی و استفاده از درخت سناریو به منظور مقابله با عدم قطعیت‌ها معرفی می‌گردد که علاوه بر درنظر گرفتن تمامی محدودیت‌های فوق، این امکان را فراهم نموده تا با تغییر پارامتری تحت عنوان خوش‌بینانه- بدبینانه، سرمایه‌گذار بتواند سلیقه خود را اعمال نموده و نیازی به مدل‌سازی در حالت اعتباری، الزام و امکان نیست. سپس به منظور تک هدفه نمودن، مدل ارائه شده با روش محدودیت اپسیلون حل می‌گردد. در پایان نیز با استفاده از داده‌های ۱۷ شرکت از صنایع مختلف فعال در بازار بورس اوراق بهادار تهران در سال ۱۳۹۸ به بررسی اعتبار مدل وکارایی آن می‌پردازیم.

کلمات کلیدی

سبد سرمایه‌گذاری، بهینه‌سازی چند دوره‌ای، عدم قطعیت، اندازه عمومی فازی، درخت سناریو، محدودیت اپسیلون

۱-گروه مهندسی صنایع، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. z.khandan96@gmail.com
۲-گروه مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه علم وصنعت، تهران، ایران. (نویسنده مسئول) e_mohammadi@iust.ac.ir
۳-گروه مهندسی صنایع، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. Fmovahedi@iau.ac.ir

مقدمه

بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری روشی است برای کمی کردن گزینه‌های مختلف سرمایه‌گذاری، به گونه‌ای که در سطح مشخصی از ریسک، بازدهی حداکثر شود و یا در سطح مشخصی از بازدهی، ریسک حداقل گردد. برای طراحی سبد سرمایه‌گذاری بهینه توابع هدف مختلف و رویکردهای متفاوتی را می‌توان در نظر گرفت. اما نکته حائز اهمیت در ارائه مدل بهینه، درنظر گرفتن عدم قطعیت‌های موجود در طی زمان، محدودیت‌های قانونی و سیاست‌گذاری و موارد دیگر می‌باشد لذا طراحی سبد سهام باید به گونه‌ای صورت پذیرد که ترکیبی از دارایی‌ها را با توجه شرایط موجود در جهت رسیدن به اهداف، در نظر بگیرد. از جهت دیگر با توجه به پویایی و تغییر عوامل تاثیر گذار بر ارزش دارایی‌ها می‌بایست از روش‌هایی استفاده نمود و سیاست‌هایی را در نظر گرفت که در دوره‌های خاص زمانی به بازنگری در ترکیب سبد سرمایه‌گذاری بپردازد. یعنی برخلاف سبدهای سهام تک دوره‌ای، سرمایه‌گذار اجازه دارد که در روش تخصیص سرمایه خود تجدید نظر کند. پس این مدل از سرمایه‌گذاری روشی است که تنها یک دوره را در نظر نمی‌گیرد و با در نظر گرفتن چند دوره به بروزرسانی اطلاعات می‌پردازد.

تحقیقات زیادی در زمینه انتخاب مجموعه سبد سرمایه‌گذاری چند دوره‌ای انجام شده است، که اکثر آنها مدل‌های منفرد مبتنی بر نظریه احتمالی را ارائه می‌دهند و صرف نظر از عدم اطمینان بازار می‌باشند؛ اما از آنجایی که داده های تاریخی حاوی اطلاعات کمی در رابطه با ورودی مدل‌ها هستند و از طرفی دیگر این فاکتورهای تاثیر با نوعی ابهام ارزیابی می‌شوند؛ زیرا معمولا غیر آماری هستند و علت آن هم موانع عملی کسب داده ها، ماهیت عدم دقت در اندازه گیری و ابهام در برداشت‌های انسانی می‌باشد که در بسیاری از موارد دنیای واقع وجود دارد؛ بنابراین تصادفی بودن تنها نوع عدم قطعیت در واقعیت نمی‌باشد و باید از دانش حرفه ای برای ایجاد دقت در پیش‌بینی بهره گرفت چرا که در دنیای واقعی با با داده‌های غیرقطعی، نامعلوم و مبهم سروکار داریم.

پیروی از نظریه فازی گسترده (زاده،۱۹۶۵) و استفاده از رویکرد فازی در مدل‌سازی تنها روش عملی برای برخورد با اطلاعات غیر دقیق، گنگ و مبهم می‌باشد. تئوری‌های مختلفی جهت گسترش اصل توسعه فازی زاده مطرح گردیده که از جمله می‌توان به تئوری امکان (زاده، ۱۹۷۸)، اندازه‌های فازی[۱] همچون اندازه امکان[۲]، اندازه لزوم[۳]، اندازه اعتبار[۴] اشاره نمود. اندازه‌های امکان و لزوم در مواجهه با مسائل واقعی دارای عدم قطعیت محدود عمل می‌کنند و تنها بیانگر حدود غایی در یک نگرش کاملا خوش‌بینانه یا بدبینانه هستند. لذا نیاز به یک اندازه عمومی‌تر برای تصمیم‌گیری در مسائل فازی احساس می‌شود. [۲۵و ۲۶] .

در اغلب موارد، در یک موقعیت تصمیم‌گیری واقع‌گرایانه تحت عدم قطعیت، تصمیم‌گیرندگان نگرش‌های مختلفی داشته و بر اساس تجارب و قضاوت‌های خود تحت نگرشی کاملا خوش‌بینانه و بدبینانه تصمیم می‌گیرند. به‌عبارت دیگر، اگر پیش‌بینی‌های خوبی داشته باشند، به وقایع فازی خوش‌بین هستند (و بالعکس). بنابراین، نیاز به درنظر گرفتن پارامتر قابل تنظیمی وجود دارد که از حدود غایی دور باشد و نگرش میانه‌ای را دنبال کند تا اندازه‌گیری فازی با انعطاف‌پذیری بیش‌تری صورت گیرد. بدین ترتیب، اندازه بدبینانه (اندازه لزوم) به عنوان مرجع در نظر گرفته می‌شود و با اضافه کردن فاکتور قابل تنظیمی از فاصله بین مقدار خوش‌بینانه و بدبینانه به آن اندازه عمومی فازی[۵] شکل می‌گیرد. [۲۴] لذا هدف کلی پژوهش پیش‌رو حداکثر کردن ارزش انتظاری ثروت و کمینه کردن ریسک با درنظر گرفتن شرایط فوق با استفاده از سنجه‌ی ارزش در معرض ریسک (VaR)[۶] با اندازه‌های فازی ذوزنقه‌ای[۷] می‌باشد.

پیشینه پژوهش

اولین بار مارکویتز(۱۹۵۲) در مقاله‌ای تحت عنوان ((انتخاب سبد سرمایه‌گذاری)) مدل میانگین- واریانس را برای انتخاب سبد سهام معرفی نمود. مارکویتز در ابتدا هدف حداکثر کردن بازده مورد انتظار را درنظر گرفت. در ادامه مارکویتز بازده مورد انتظار را مطلوب و واریانس حاصل از بازده (ریسک) را نامطلوب درنظر گرفت و سپس مسئله را با فرض به حداکثر رساندن بازده مورد انتظار برای سطح معینی از ریسک یا به حداقل رساندن ریسک مورد انتظار در سطح معینی از بازده مورد انتظار پیش برد. [۱۵]

بلک و لیترمن (۱۹۹۲) در مقاله‌ی ((بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری جهانی)) به این موضوع پرداختند که بهینه‌سازی واریانس می‌تواند وزن شدید و یا غیر بصری برای برخی از دارایی در سبد سهام ایجاد کند. [۶]

راعی(۱۳۸۲) در مقاله‌ای تحت عنوان ((تشکیل سبد سهام برای سرمایه‌گذار مخاطره‌پذیر)) با در نظر گرفتن هدف حداکثرسازی بازده سهام، مبنای مقایسه را مدل مارکویتز قرار داده به ایجاد مدل‌هایی با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی پرداخته و در نهایت سبد بهینه تک دوره‌ای را ارائه می‌دهد. [۲]

رهنمای رودپشتی و ملائی (۱۳۹۱) در مقاله‌ای با نام ((مدیریت ریسک سبد با استفاده از مدل‌های تجدیدنظ شده ارزش در معرض ریسک (VaR) با استفاده از بسط کورنیش فیشر و استفاده از ضرایب توزیع بیضوی به محاسبه کامل ریسک و آن‌چه ارزش در معرض ریسک پارامتریک (نرمال) حساب نمی‌کند، پرداختند. [۳]

محمدی و محمدی (۲۰۱۸) در مقاله‌ای با عنوان ((بهینه‌سازی استوار سبد سرمایه‌گذاری مبتنی بر رویکرد پشیمانی minimax در بورس اوراق بهادار تهران)) ابزارهای تجزیه و تحلیل سبد سرمایه‌گذاری را با تکنیک استواری تجهیز کرده و فرمول مرسوم را برای معیار minimax پشیمانی در مسائل چند هدفه گسترش دادند. [۱۶]

میرغفاری و رهنمای رودپشتی در پژوهشی با عنوان ((ارزیابی عملکرد پرتفوی در بورس اوراق بهادار تهران: کاربرد ارزش در معرض خطر(Value at Risk))) به شاخص جدیدی بنام شارپ تجدید نظر شده، مبتنی بر ارزش در معرض خطر که از جمله شاخص های قابل قبول جهت ارزیابی عملکرد شرکت های فعال در بازار سرمایه است، پرداخته و سپس این شاخص را با روش شارپ مقایسه نمودند. [۴]

نوری و محمدی (۱۳۹۷) در مقاله‌ای با نام ((بهینه‌سای سبد سهام با استفاده از برنامه‌ریزی توافقی با محدودیت شانسی)) به بهینه‌سازی سبد سهام در حالت عدم قطعیت پرداخته و از رویکرد برنامه‌ریزی تصادفی برای تبدیل عدم قطعیت به حالت قطعیت و برنامه‌ریزی توافقی برای تک هدفه شدن، استفاده می‌نمایند. [۵]

پیکانی و همکاران (۲۰۱۹) در مقاله‌ای تحت عنوان ((ارزیابی سهام تحت عدم قطعیت‌های مختلط با استفاده از مدل استوار DEA)) به ارائه یک مدل جدید تجزیه و تحلیل پوششی داده استوار که قابلیت استفاده در حضور عدم قطعیت‌های گسسته و مداوم را دارد، می‌پردازند. [۱۹]

در پژوهش‌های ذکر شده مدل‌سازی‌های انجام شده تک دوره‌ای می‌باشد در حالی‌که در دنیای واقعی اغلب تصمیم‌گیر با رشته‌ای از تصمیمات در دوره‌های مختلف زمانی مواجه است به طوری‌که هر تصمیم بر تصمیم مرحله بعد نیز تاثیر می‌گذارد.

توبین (۱۹۶۵) در مقاله‌ای تحت عنوان (تئوری انتخاب سبد سهام)) به بررسی سبدهای سهام چند دوره‌ای با فرض افق سرمایه‌گذاری دوره‌های برابر، مساوی است و فرآیند تولید تصادفی تغییر قیمت ثابت است و تغییرات پی در پی قیمت به صورت متقابل، مستقل و پس از آن بازده دارایی نیز مانند دوره‌ها مستقل است، پرداخت. [۲۲]

لی و انجی (۲۰۰۰) در مقاله‌ای با عنوان ((انتخاب سبد سهام بهینه پویا: فرمول میانگین- واریانس چند دوره‌ای)) یک راه‌حل بهینه تحلیلی برای فرمول میانگین- واریانس در انتخاب سبد سهام چند ساله درنظر گرفتند. به طور خاص، سیاست بهینه سبد سرمایه‌گذاری تحلیلی و بیان تحلیلی از مرز و میانگین و مرز کارا در این مقاله برای فرمول چند متغیره میانگین واریانس بیان و یک الگوریتم کارآمد نیز برای یافتن سیاست بهینه سبد سهام برای به حداکثر رساندن یک عملکرد مطلوب از ارزش مورد انتظار و

واریانس ثروت نهایی ارائه کردند. [۱۱]

وی و یه (۲۰۰۷) در مقاله‌ی ((بهینه‌سازی سبد سهام چند دوره‌ای با کنترل ورشکستگی در بازار تصادفی)) یک مدل انتخاب سبد سهام با واریانس چند دوره‌ای تحمیل شده، توسط یک محدودیت ورشکستگی در یک بازار تصادفی را درنظر گرفتند. بازده تصادفی دارایی‌های باریسک، همه به وضعیت بازار تصادفی وابسته بوده که فرض می‌شود زنجیره مارکوف را دنبال می‌کند. سپس یک طرح راه حل ایجاد می‌شود، برنامه‌نویسی پویا برای حل یک مسئله کمکی مورد استفاده قرار می‌گیرد که به نوبه خود برای دستیابی به یک سیاست بهینه سبد سهام ارائه می‌دهند. سیاست سرمایه‌گذاری حاصل از این مدل می‌تواند به سرمایه‌گذاران کمک کند که نه تنها به بازده بهینه از نظر معامله متوسط واریانس دست یابند بلکه کنترل ریسک خوبی نیز در مورد ورشکستگی داشته باشند. [۲۳]

گوپینار و راستم (۲۰۰۷) در مقاله‌ای تحت عنوان ((مدل بدترین تصمیمات استوار برای بهینه‌سازی سبد سهام میانگین- واریانس چند دوره‌ای)) چارچوب بهینه‌سازی میانگین- واریانس چند دوره ای را به طراحی بدترین حالت با سناریوهای بازگشت رقیب و ریسک چندگانه گسترش داده، رویکرد ارائه دادند که شامل یک الگوریتم min-max و یک چارچوب بهینه‌سازی میانگین- واریانس چند دوره‌ای برای جنبه‌های تصادفی از درخت سناریو است. [۸]

کالیفوره (۲۰۰۸) در مقاله‌ای با عنوان ((بهینه‌سازی سبد سهام چند دوره‌ای با سیاست‌های کنترل خطی)) به مسائل تصمیم‌گیری متوالی چند دوره‌ای برای تخصیص دارایی‌های مالی می‌پردازد. مدلی ارائه شده است که در آن تنظیمات بهینه پرتفوی چند دوره‌ای با هدف به حداقل رساندن یک ریسک تجمعی در افق سرمایه‌گذاری ضمن برآوردن محدودیت‌های تنوع پرتفوی در هر دوره و دستیابی به ثروت مورد انتظار نهایی تعیین می‌شود و از سیاست‌های کنترل خطی استفاده می‌شود. [۷]

نجفی و موشخیان (۲۰۱۵) در مقاله‌ای با نام ((مدل بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری چند دوره‌ای تصادفی میانگین- نیم‌واریانس- ارزش در معرض خطر شرطی با درنظر گرفتن هزینه معاملات)) با استفاده از ترکیبی از الگوریتم ژنتیک و بهینه‌سازی ذرات طراحی شده به حل مدل پرداخته و از آنجا که کارایی الگوریتم‌ها به انتخاب صحیح پارامتر بستگی دارد، از روش تاگوچی[۸] برای تنظیم پارامتر الگوریتم استفاده می‌شود. [۱۸]

سان و همکاران (۲۰۱۶) در مقاله‌ی ((بهینه‌سازی چند دوره‌ای سبد سهام تحت ریسک احتمالی)) یک مدل مینیماکس را برای یک مسئله انتخاب سبد سهام چند دوره‌ای ایجاد می‌کنند. یک راه‌حل تحلیلی به‌دست آمده است و شبیه‌سازی عددی برتری مدل چند دوره‌ای نسبت به دوره یکم مربوطه و

همچنین نسبت به شاخص بازار را نشان می دهند. [۲۱]

حسنلو (۲۰۱۷) در مقاله‌ی ((انتخاب سبد سهام چند دوره‌ای با استفاده از برنامه‌ریزی محدودیت شانس)) یک مدل جدید چند دوره‌ای انتخاب سبد سهام را با نرخ استقراض و وام‌های مختلف بر اساس مفهوم برنامه‌نویسی تصادفی پیشنهاد کرده است. در این مدل پیشنهادی برای ارزیابی عدم قطعیت و ماهیت تصادفی انتخاب سبد سهام فرض شده است که نرخ بازگشت و نرخ وام گرفتن و وام دادن، به طور مستقل و به نرمال توزیع شده و الگوریتم ژنتیکی برای حل برنامه‌نویسی غیرخطی ارائه کردند. [۱۰]

محبی و نجفی (۲۰۱۷) در مقاله‌ای تحت عنوان ((بهینه‌سازی اعتباری سبد سهام چند دوره‌ای مبتنی بر درخت سناریو)) مدل سبد سهام چند دوره‌ای با در نظر گرفتن هزینه‌های معامله و امکان سرمایه‌گذاری بدون ریسک پیشنهاد می‌کنند و عدم قطعیت بازار مالی را از طریق ادغام درخت سناریو و نظریه اعتبار فازی در این مقاله مدل‌سازی می‌کنند. همچنین مدل پیشنهادی به عنوان یک مسئله دو بعدی میانگین-VaR با استفاده از قیاس پذیری، آستانه، نقدینگی، و محدودیت‌های کلاس به منظور ایجاد مدل واقعی‌تر، در این پژوهش فرموله می‌شود. [۱۷]

لیاگوراس و متاکسیوتیس (۲۰۱۸) در مقاله‌ی با عنوان ((مدل بهینه‌سازی میانگین- واریانس سبد سهام چند دوره‌ای فازی با هزینه‌های معاملاتی)) الگوریتم تکاملی چند وجهی (MOEA)[۹] برای پرداختن به مسائل بهینه‌سازی سبد سهام چند دوره‌ای فازی با هزینه‌های معاملاتی پیشنهاد می‌کنند. [۱۲]

لیو و ژانگ (۲۰۱۸) در مقاله‌ای تحت عنوان ((مدل‌های لحظه‌ای امکانی برای انتخاب سبد سهام چند دوره‌ای با بازده فازی)) یک مسئله انتخاب سبد سهام چند دوره‌ای در محیط فازی را مورد بحث قرار می‌دهند، که در آن بازده دارایی‌های مخاطره آمیز در هر دوره با اعداد فازی نشان داده شده است. میانگین و واریانس امکانی ضرب اعداد چندگانه فازی می‌باشد. بر اساس این تعاریف، سه مدل انتخاب سبد سهام فازی چند دوره‌ای با درنظر گرفتن برخی از محدودیت‌های واقع‌گرایانه از جمله چند دوره‌ای بودن، بودجه، دور رفت و برگشت، کاردینال بودن و محدودیت‌های مرزی پیشنهاد می‌شود. برای حل مدل‌های پیشنهادی، الگوریتم تکامل دیفرانسیل مبتنی بر رویکرد برنامه‌نویسی فازی توسعه داده می‌شود. علاوه بر این، از یک مثال عددی برای نشان دادن کاربرد مدل‌های پیشنهادی و اثربخشی الگوریتم طراحی شده استفاده می‌کنند. [۱۳]

ژانگ و لی (۲۰۱۹) در مقاله‌ی ((مدل میانگین- نیمه آنتروپی اعتباری برای انتخاب سبد سهام چند دوره‌ای با پس زمینه ریسک)) یک مدل میانگین-نیم آنتروپی چند منظوره معتبر با ریسک زمینه برای

انتخاب سبد سهام چند دوره‌ای ارائه کردند. علاوه بر این، محدودیت‌های واقع‌گرایانه مانند نقدینگی، محدودیت‌های کاردینالیتی، هزینه معاملات و آستانه خرید در نظر گرفته شده است. [۲۷]

لیو و همکاران (۲۰۱۹) در مقاله‌ای تحت عنوان ((مدل ارزیابی عملکرد سبد سهام چند دوره‌ای بر اساس تئوری امکان)) یک مسئله بهینه‌سازی سبد سهام چند دوره‌ای را در نظر گرفته و با الهام از نسبت شارپ[۱] یا نسبت "تغییر پاداش به تغییرپذیری"، نسبت پاداش و نوسانات پایین و بالقوه احتمالی برای انتخاب سبد سهام با اندازه‌گیری اثرات نوسانات منفی و مثبت در انتخاب سبد سرمایه‌گذاری می‌پردازند. بر اساس دو تعریف جدید، یک مدل ارزیابی عملکرد سبد سهام چند دوره‌ای فازی ارائه می‌کنند. سپس، با استفاده از رویکرد مجموع وزنی مدل پیشنهادی به یک مسئله برنامه‌نویسی واحد تبدیل شده و یک الگوریتم PSO[۱۰] با مکانیسم محدودیت دستیابی به امکان‌سنجی برای راه حل طراحی می‌دهند. [۱۴]

گوپتا و همکاران (۲۰۲۰) در مقاله‌ی ((مدل‌های شهودی فازی خوش‌بینانه و بدبینانه بهینه‌سازی سبد سهام چند دوره‌ای)) از فازی شهودی برای برخورد با عدم قطعیت موجود در بازار استفاده کرده و درجه عضویت و درجه عدم عضویت و درجه‌ای از تردید را در مدل خود در نظر می‌گیرند و به معرفی مدل خوش‌بینانه و مدل بدبینانه و بررسی نتایج حاصل از آن می‌پردازند. [۹]

با توجه به مرور ادبیات انجام شده و با توجه به جدول ارائه شده از آنجایی که در اغلب مسائل واقعی، مفهوم و نوع اطلاعات (از لحاظ میزان دقت و قطعیت) بسیار مهم‌تر از میزان و حجم اطلاعات است لذا استفاده از رویکردهای احتمالی که بر پایه فراوانی داده‌ها می‌باشد و به تعداد مشاهدات بستگی دارد، و مسائل به‌روزی همچون تحریم‌ها، استفاده از نظرات خبرگان و... را در نظر نمی‌گیرد . از سوی دیگر، استفاده از سنجه‌های گروه تلاطم که سنجه‌هایی همچون واریانس، انحراف معیار، نسبت شارپ و... از کارایی لازم برخوردار نبوده و در برخی موارد سبب ترغیب سرمایه‌گذار به انتخاب سبد سهام پرریسک‌تر می‌شوند به عنوان مثال واریانس تفاوت حاصل از سود مثبت و سود منفی را به یک اندازه در نظر می‌گیرد، لذا استفاده از سنجه‌ی ریسک درست می‌تواند، یکی از عوامل کمک‌کننده در بهینه‌سازی سبد سهام می‌باشد ارزش در معرض ریسک به عنوان یکی از سنجه‌های اندازه‌گیری ریسک می‌باشد که بسیاری از محدودیت‌های سایر سنجه‌ها هم‌چون فرض نرمال بودن توزیع بازده، عدم توجه به افق زمانی و... ندارد.

از جمله دیگر نکاتی که ذکر آن ضروری می‌رسد استفاده از تابع عضویت ذوزنقه‌ای به جای تابع عضویت‌های خطی، مثلثی و... می‌باشد چرا که برای مثال اعداد فازی مثلثی برای مفاهیمی مناسب هستند که تنها یک عدد با قطعیت متعلق به یک مجموعه باشد، در حالیکه اعداد فازی ذوزنقه‌ای بازه‌ای از اعداد

را در نظر می‌گیرد. لذا با توجه به محدودیت‌های ذکر شده نیاز به طراحی مدلی است که برآورد قوی‌تری را ارائه دهد.

روش‌شناسی تحقیق

پژوهش حاضر از لحاظ نتایج پژوهش کاربردی و توسعه‌ای است. همچنین از نظر هدف توصیفی و از نظر فرآیند اجرا کمی، از نظر منطق اجرا استقرایی و از نظر زمان طولی می‌باشد. برای پردازش داده‌ها از نرم‌افزار اکسل و ره‌آورد نوین و برای حل مدل از نرم‌افزار گمز استفاده گردیده است.

مدل پژوهش

همانطور که پیش‌تر ذکر گردید اندازه‌های امکان و لزوم در مواجهه با مسائل واقعی دارای عدم قطعیت محدود عمل کرده و نیاز به یک اندازه عمومی‌تر برای تصمیم‌گیری در حالات فازی می‌باشد که در این پژوهش از اندازه عمومی فازی[11] و یا همان Me measure به شرح زیر برای مدل‌سازی مسئله استفاده شده است:

اگر A یک مجموعه فازی در فضای امکان $P(\Theta)$ باشد، اندازه عمومی فازی A به صورت زیر تعریف می‌گردد:

$$Me(A) = N(A) + \lambda\left[\pi(A) - N(A)\right]$$

اگر $\lambda = 1$ باشد، اندازه عمومی فازی برابر اندازه امکان خواهد بود که نشان‌دهنده خوش‌بینی کامل تصمیم‌گیر به وقوع پیشامد فازی موردنظر است.

اگر $\lambda = 0$ باشد، اندازه عمومی فازی برابر اندازه لزوم خواهد بود که نشان‌دهنده بدبینی کامل تصمیم‌گیر به رخداد پیشامد فازی موردنظر است.

اگر $\lambda = 0.5$ باشد، اندازه عمومی فازی برابر اندازه اعتبار خواهد شد و نشان‌دهنده نگرش متعادل تصمیم‌گیر است.[۱]

از مزایای استفاده از این رویکرد این است که مدل تنها در صورت کاملا خوش‌بینانه و بدبینانه درنظر گرفته نشده و هر سه حالت امکانی، الزام و اعتبار را می‌توان در یک مدل خلاصه نمود، لذا استفاده از این رویکرد در مدل‌سازی‌های مختلف، سبب انعطاف‌پذیر نمودن مدل و اجرای یک مدل تحت شرایط مختلف می‌شود. که در این مقاله این رویکرد انعطاف‌پذیر را برای مسائل بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری چند دوره‌ای در شرایط عدم قطعیت استفاده نمودیم.

مدل‌سازی پژوهش مبتنی بر ۴ گام انجام است: گام اول اهداف و شاخص‌های مسئله بهینه‌سازی با توجه به پیشیه پژوهش و اهداف کاربردی مورد بررسی قرار می‌گیرد. سپس هریک از اهداف و محدودیت‌ها را در حالت عدم قطعیت فازی مبتنی بر رویکرد Me measure با درنظر گرفتن نرخ بازده و نرخ در گردش فازی ذوزنقه‌ای، در گام سوم یک مدل چند هدفه طراحی کرده و در نهایت در گام چهارم به حل مدل می‌پردازیم.

ارزش مورد انتظار فازی

در ادبیات موضوع روش‌ها و رویکردهای متفاوتی برای تخمین ارزش انتظاری بازده برای موجود است، (سو وژو، ۲۰۱۳) یک رویکرد کاربردی به سبب آن می‌توان سلیقه‌ی سرمایه‌گذار را نیز در بازده دخیل نمود، را معرفی کردند که در آن (r_1, r_2, r_3, r_4) اعداد فازی ذوزنقه‌ای مربوط به بازده می‌باشند: [۲:۲۴]

رابطه (۱)

$$E^{Me}[\xi] = \int_0^{+\infty} Me\{\xi \geq x\}\, dx - \int_{-\infty}^{0} Me\{\xi \leq x\}\, dx = \frac{1-\lambda}{2}(r_1 + r_2) + \frac{\lambda}{2}(r_3 + r_4)$$

ارزش در معرض خطر مبتنی بر رویکرد Me measure

در این قسمت تعاریف ارزش در معرض خطر فازی با رویکرد معرفی شده، ارائه می‌گردد:

تعریف ۴-۲- فرض کنید ξ یک متغیر فازی و $\alpha \in (0,1]$ سطح اطمینان مربوط به پارامتر ریسک باشد. در این‌صورت ارزش در معرض ریسک با رویکرد Me measure به شرح ذیل به‌دست می‌آید:

رابطه (۲):

$$\xi_{VaR}(\alpha) = -\inf\{x \,|\, Me\{\xi \leq x\} \geq \alpha\}$$
$$\xi_{VaR}(\alpha) = -\inf\{x \,|\, \phi(x) \geq \alpha\} = -\phi^{-1}(\alpha)$$

(پیکانی و همکاران، ۲۰۱۹) تابع عضویت اعداد $(\xi_1, \xi_2, \xi_3, \xi_4)$ که به صورت ذوزنقه‌ای می‌باشد را به شرح رابطه (۳) تعریف نمودند: [۲۰]

رابطه (۳):

$$GF\{\tilde{\xi} \leq \varpi\} = \begin{cases} 0 & if\ \xi_1 \geq \varpi \\ \Delta \dfrac{\varpi - \xi_1}{\xi_2 - \xi_1} & if\ \xi_1 \leq \varpi \leq \xi_2 \\ \Delta & if\ \xi_2 \leq \varpi \leq \xi_3 \\ \Delta + (1-\Delta)\dfrac{\varpi - \xi_3}{\xi_4 - \xi_3} & if\ \xi_3 \leq \varpi \leq \xi_4 \\ 1 & if\ \xi_4 \leq \varpi \end{cases}$$

لذا با توجه به روابط (۲) و (۳) تابع ارزش در معرض ریسک به شرح زیر می‌باشد:

$$GF\left(\xi_{VaR}(\alpha)\right)=\begin{cases} -a_{it}^{s}+\left(\left(a_{it}^{s}-b_{it}^{s}\right)\dfrac{\alpha}{\Delta F}\right) & \alpha\le\Delta \\ -d_{it}^{s}-\left(\left(d_{it}^{s}-c_{it}^{s}\right)\dfrac{\alpha-\Delta F}{(1-\Delta F)}\right) & \alpha\ge\Delta \end{cases} \qquad \text{رابطه (۴)}$$

مدل‌سازی سبد سرمایه‌گذاری با رویکرد Me measure

در این بخش به ابتدا به معرفی مفروضات مدل ، پارامترها و متغیرهای مربوط به آن و در نهایت ارائه مدل چند هدفه پرداخته می‌شود:

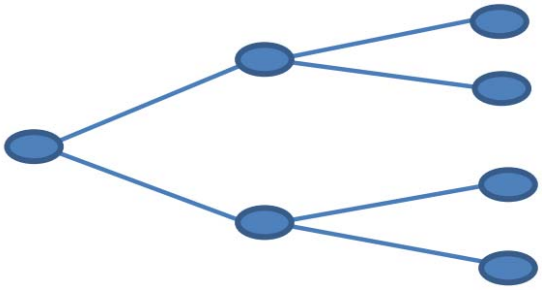
مفروضات مدل

- کارا بودن بازار سهام
- بازده سبد سهام با قیمت پایانی اندازه‌گیری می‌شود.
- نقدینگی سبد سهام با نرخ گردش دارایی‌ها اندازه‌گیری می‌شود.
- پارامترهای موجود در مدل همچون نرخ بازگشت بازده دارایی‌های باریسک و نرخ گردش آن‌ها فازی ذوزنقه‌ای می‌باشد.
- نرخ بازده دارایی‌های بدون ریسک ثابت فرض می‌شود.

تشریح مسئله و نمادهای آن

بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری چند دوره‌ای به عنوان یک مسئله پویا در نظر گرفته می‌شود که در آن معاملات در زمان‌های گسسته رخ می‌دهد. در این مطالعه، یک مسئله سبد سرمایه‌گذاری چند دوره‌ای با n اوراق بهادار و یک دارایی بدون ریسک طی T دوره (که T از دقیقه تا سال تغییر می‌کند) مورد بررسی قرار می‌گیرد. فرض می‌شود سرمایه‌گذاران در ابتدای دوره‌ی اول با ثروت اولیه W_1، قصد دارند مجموعه‌ی چند دوره‌ای را ایجاد کنند و قادر خواهد بود در ابتدای هر دوره بر روی ثروت خود تجدیدنظر کند، لذا ارزش انتظاری ثروت در دوره بعد از حاصل‌ضرب مجموع بازده‌های انتظاری و مقدار سرمایه گذاری در دارایی باریسک به‌دست می‌آید و در هر دوره و سناریو هزینه‌های معاملاتی نیز کسر می‌شود. پس از محاسبه ارزش انتظاری ثروت سنجه‌ی ریسک با توجه به رویکرد پیشنهادی مدل‌سازی می‌شود. بعد از تابع هدف، محدودیت‌های مسئله که شامل محدودیت نقدینگی، محدودیت کاردینالیتی و محدودیت سقف و کف سرمایه‌گذاری می‌باشد، مدل‌سازی شده و از درخت سناریو برای مدل‌سازی عدم اطمینان‌ها استفاده می‌کنیم. درخت سناریو یک رشته‌ای از تصمیم‌گیری می‌باشد که در ابتدای هر دوره

تصمیم‌گیرنده می‌تواند بر روی تصمیمات خود تجدیدنظر کند و هر سناریو احتمال رخ دادن تمام پارامترهای نامعین مدل را برآورد می‌کند که مجموع احتمالات نیز برابر یک می‌باشد. برای دو دوره درخت سناریو به شرح زیر می‌باشد:



شکل ۱. درخت سناریو دو مرحله‌ای

برای درک بهتر این مطالعه، ابتدا تمام نشانه‌های مورد استفاده بیان می‌شود:

پارامترها و متغیرها

x_{it}^{s} نسبت سرمایه‌گذاری دارایی با ریسک i در دوره t تحت سناریو s؛

x_{ft}^{s} : نسبت سرمایه‌گذاری دارایی های بدون ریسک در دوره t تحت سناریو s؛

$\tilde{r}_{it}^{s}$: نرخ بازگشت فازی دارایی با i در دوره t تحت سناریو s؛ $\tilde{r}_{it}^{s}=\left(a_{it}^{s},b_{it}^{s},c_{it}^{s},d_{it}^{s}\right)$

r_{ft}^{s} :نرخ بازگشت بدون ریسک سرمایه در دوره t تحت سناریو s؛

: r_{pt}^{s} نرخ بازگشت سبد سهام x_t^s در دوره t تحت سناریو s؛

$\tilde{r}_{Nt}^{s}$: نرخ بازگشت خالص سبد سهام x_t^s در دوره t تحت سناریو s؛

W_t : ثروت در آغاز دوره t ؛

C_{it}^{s}: هزینه معامله واحد دارایی با ریسک i در دوره زمانی t تحت سناریوs؛

π^s: احتمال وقوع سناریوs؛ بنابراین $\sum_{s=1}^{S}\pi^{s}=1$

$\tilde{L}_{it}^{s}$: نرخ گردش فازی دارایی با ریسک i در دوره زمانی t تحت سناریوs ؛ $\tilde{l}_{it}^{s}=\left(l_{it}^{s},l_{it}^{s},l_{it}^{s},l_{it}^{s}\right)$

β: حداقل سطح اعتماد و اعتبار قابل قبول برای رضایت از محدودیت شانس مربوط به نقدینگی سبد سرمایه‌گذاری

α: سطح اطمینان مربوط به پارامتر ریسک

Δ و Δf و λ: پارامتر خوش-بینانه- بدبینانه

z_{it}^{s}: یک متغیر باینری نشان می دهد که دارایی با ریسک در سبد سرمایه‌گذاری وجود دارد، جایی که

$$z_{it}^{s}:\begin{cases}1 & if risky\ asset\ i\ contained in portfolio\\ 0 & otherwise\end{cases}$$

K : تعداد دلخواه دارایی های موجود درسبد سرمایه‌گذاری در دوره t؛

l_{it}^{s}: حداقل کسری بودجه اختصاص یافته به دارایی با ریسک i در دوره زمانی t تحت سناریوs؛

u_{it}^{s}: حداکثر کسری از ثروت اختصاص یافته به دارایی با ریسک i در دوره زمانی t تحت سناریو

CL_{it}^{s}: کمترین مقدار ثروت اختصاص‌یافته jام به صنعت در دوره زمانی t تحت سناریوs؛

CU_{it}^{s}: حداکثر کسری از ثروت اختصاص یافته به jام به صنعت در دوره زمانی t تحت سناریوs؛

مدل کلی مسئله به شرح زیر است

$$Max\left(\sum_{s=1}^{S}\pi^{s}\left[W_1\prod_{t=1}^{T}\left(1+\left(\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{1-\lambda}{2}(r_1+r_2)+\frac{\lambda}{2}(r_3+r_4)\right)x_{it}^{s}+r_{ft}^{s}\left(1-\sum_{i=1}^{n}x_{it}^{s}\right)-\sum_{i=1}^{n}c_{it}^{s}\left|x_{it}^{s}-x_{it-1}^{s}\right|\right)\right)\right]\right) \quad (1)$$

$$Min\left(\underset{s}{Max}\left(\xi_{VaR}(\alpha)\right)\right) \quad (2)$$

$$GF\left(\xi_{VaR}(\alpha)\right)=\sum_{i=1}^{n}\left(\begin{cases}-a_{it}^{s}+\left(\left(a_{it}^{s}-b_{it}^{s}\right)\dfrac{\alpha}{\Delta F}\right) & \alpha\le\Delta\\ -d_{it}^{s}+\left(\left(d_{it}^{s}-c_{it}^{s}\right)\dfrac{\alpha-\Delta F}{(1-\Delta F)}\right) & \alpha\ge\Delta\end{cases}\right)$$

Subject to:

$$GF\left(\sum_{i=}^{n}\tilde{L}_{it}^{s}x_{it}^{s}\ge L\right)=\sum_{i=1}^{n}\left(\begin{cases}\left(\dfrac{\beta_0-\Delta}{1-\Delta}\right)L_{a_{it}}^{s}+\left(1-\dfrac{\beta_0-\Delta}{1-\Delta}\right)L_{b_{it}}^{s}\ if\ \beta_0\succ\Delta\\ \left(\dfrac{\beta_0}{\Delta}\right)L_{c_{it}}^{s}+\left(1-\dfrac{\beta_0}{\Delta}\right)L_{d_{it}}^{s}\ if\ \beta_0\le\Delta\end{cases}\right) \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^{n}Z_{it}^{s}=K \quad (4)$$

$$l_{it}^{s} \le x_{it}^{s} \le u_{it}^{s} \quad (۵)$$

$$z_{it}^{s} : \begin{cases} 1 & if risky\ asset\ i\ contained in portfolio \\ 0 & otherwise \end{cases} \quad (۶)$$

$$i = 1,...,n, t = 1,...,T, s = 1,...,S, j = 1,...,J \quad (۷)$$

شرح توابع هدف و محدودیت‌های مدل

توابع هدف

(۱) هدف اول: حداکثرسازی ارزش انتظاری ثروت

(۲) هدف دوم: حداقل‌سازی ارزش در معرض ریسک(ابتدا بیش‌ترین عدد در هر سناریو انتخاب شده سپس به حداقل‌سازی آن پرداخته می‌شود)

تعریف عملیاتی محدودیت‌های مدل

(۳) محدودیت نقدینگی: مجموع نقدینگی در حالت عمومی فازی باید از یک حداقلی به نام L بیش‌تر باشد و این مجموع باید از سطح اطمینان β بزرگتر باشد.

(۴) محدودیت کاردینالیتی: بیش‌ترین تعداد دارایی‌های که می‌تواند در سبد سرمایه‌گذاری باشد را معرفی می‌کند.

(۵) محدودیت سقف و کف سرمایه‌گذاری

(۶) متغیر باینری تعیین کننده وجود یا عدم وجود دارایی در سبد سرمایه‌گذاری

(۷) اعدادی که هریک از پارامترها می‌توانند، اختیار کنند.

اجرای مدل

مسئله کلیدی برای سرمایه‌گذاری و کسب سود، انتخاب سهام مناسب می‌باشد. رتبه‌بندی شرکت‌ها یکی از روش‌هایی است که برای انتخاب شرکت‌های مناسب مورد استفاده قرار می‌گیرد. اگرچه روش‌های زیادی برای رتبه‌بندی دارایی‌ها ارائه شده است، اما رتبه‌بندی باتوجه به تحلیل پوششی داده‌ها و عدم قطعیت روش مناسبی می‌باشد. در این تحقیق از ۷۷۸ شرکت فعال در بازار بورس و فرابورس استفاده شده و به رتبه‌بندی شرکت‌ها باتوجه به فاصله با نسبت‌های نقدینگی، نسبت‌های سرمایه‌گذاری و اهرمی،

نسبت‌های فعالیت ونسبت‌های سودآوری به رتبه‌بندی شرکت‌ها با توجه به نرم‌افزار ره‌آورد نوین پرداخته و از بین ۷۷۸ شرکت، تعداد ۵۸ شرکت با رتبه بالای ۱۰۰ درصد انتخاب می‌شوند که از این بین اطلاعات ماهانه مربوط به سال ۱۳۹۸، تعداد ۱۷ شرکت در صنایع مختلف که در بازار بورس ایران فعالیت می‌کنند، جهت اجرای آزمایش‌ها انتخاب شده است. نرخ بازده دارایی‌ها با قیمت پایانی و نقدینگی با حجم معاملات اندازه‌گیری شده است و برای تبدیل اعداد به اعداد ذوزنقه‌ای با استفاده از تلفیقی از نظر افراد خبره و داده‌های تاریخی بهره گرفته شده است.

میانگین، واریانس و انحراف معیار مربوط به نرخ بازده و نقدینگی دارایی‌ها به شرح ذیل می‌باشد:

جدول ۱. میانگین و انحراف معیار نرخ بازده و نرخ بازگشت

نام شرکت	نرخ بازده		نرخ بازگشت	
	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار
شرکت دارویی سبحان	۰,۱۴۵	۰,۱۵۰	۰,۰۰۲۹	۰,۰۰۲۸
شرکت دارویی البرز	۰,۱۵۳	۰,۱۷۸	۰,۰۰۲	۰,۰۰۱
پالایش نفت تهران	۰,۰۵۸	۰,۲۰۴	۰,۰۰۰۵	۰,۰۰۰۵
پتروشیمی شیراز	۰,۱۱۵	۰,۱۴۵	۰,۰۰۰۵	۰,۰۰۰۳
معدنی املاح ایران	۰,۰۸۲	۰,۲۳	۰,۰۰۰۷	۰,۰۰۰۸
صنعتی بهشهر	۰,۱۴۷	۰,۱۸۱	۰,۰۰۱	۰,۰۰۰۷
صنایع غذایی چین چین	۰,۱۲۷	۰,۲۷۳	۰,۰۰۵	۰,۰۰۳
قند و شکر شهد	۰,۰۳۴	۰,۱۷۰	۰,۰۰۱۷	۰,۰۰۱۴
اعتبار ایران	۰,۰۲۹	۰,۱۱۵	۰,۰۱۰۲	۰,۰۰۹۷
مپنا	۰,۱	۰,۱۶۸	۰,۰۰۰۷۱	۰,۰۰۰۷۶
آپ	۰,۰۵۴	۰,۱۱	۰,۰۰۰۷	۰,۰۰۰۶
افق کوروش	۰,۱۱۱	۰,۱۱۸	۰,۰۰۰۹	۰,۰۰۰۵
شیشه و گاز	۰,۱۸۴	۰,۲۷۰	۰,۰۰۵	۰,۰۰۲
فرآوری ذغال سنگ پروده طبس	۰,۱۴۲	۰,۱۵۸	۰,۰۱	۰,۰۰۷
حمل و نقل بین المللی خلیج فارس	۰,۰۴	۰,۳۶۳	۰,۰۱۰	۰,۰۰۵
صنعتی بوتان	۰,۱۷۲	۰,۱۹۲	۰,۰۰۱	۰,۰۰۰۷
سرمایه‌گذاری شاهد	۰,۱۱۵	۰,۱۷۸	۰,۰۰۲۶	۰,۰۰۲۸

ثروت اولیه معادل ۱۰۰۰۰واحد پولی، حداکثر میزان خرید هر سهم ۵۰ درصد و حداقل ۰ درصد، هزینه معاملاتی برابر ۰,۳، نرخ بازده بدون ریسک ۰,۱۲ درصد و حداکثر تعداد سهام انتخابی در هردوره ۵ می‌باشد..

حل با استفاده از الگوریتم محدودیت اپسیلون

برای حل مدل ذکر شده از روش محدودیت اپسیلون[۱۲] استفاده شده است. محدودیت اپسیون یک روش حل برای مسائل چند هدفه می‌باشد که با کاهش تعداد تابع هدف و افزودن آن به محدودیت‌ها به حل می‌پردازد. در این روش آنالیزگر برای حل مسئله نیاز به اطلاعات اولیه از تصمیم‌گیرنده دارد مانند روش‌های وزن‌دهی و لکسیکوگراف با این تفاوت که در روش محدودیت اپسیلون جنس اطلاعات از نوع ترجیحی می‌باشد و تصمیم‌گیر اولویت‌های خود را از تابع هدف به آنالیزگر اعلام می‌نماید.

مثال: فرض می‌کنیم k تابع هدف به صورت زیر داریم:

$$\max Z(x) = \left[Z_1(x), Z_2(x), ..., Z_k(x) \right]$$
$$g_i(x) \le 0 \quad \forall i = 1, 2, ..., m$$

برای حل به روش محدودیت اپسیلون، تابع به شکل زیر می‌شود:

$$\max Z_h(x)$$
$$s.t$$
$$g_i(x) \le 0 \ \forall i = 1, 2, ..., m$$
$$Z_j(x) \ge e_j \ \forall j = 1, 2, ..., h-1, h+1, ..., k$$

یعنی تعدادی محدودیت به محدودیت‌های مسئله اضافه شده‌اند که حدود توابع هدف هستند. به دلیل ماکزیمم‌سازی برای هر تابع هدف به‌جز تابع هدف hام یک حد پایین درنظر گرفته شده است که با e_j نشان داده شده است. هربار که این مسئله حل می‌شود به یک نقطه بهینه در یک مسئله تک هدفه می‌رسیم که این نقطه بهینه یک جواب کارا برای مسئله موردنظر است. برای یافتن سایر نقاط کارا و دست یافتن به جبهه‌ی کارای مورد نظر باید حدود پایین مختلفی را برای j (e_j) تست کنیم تا مجموعه جواب کارا را به‌دست آوریم.

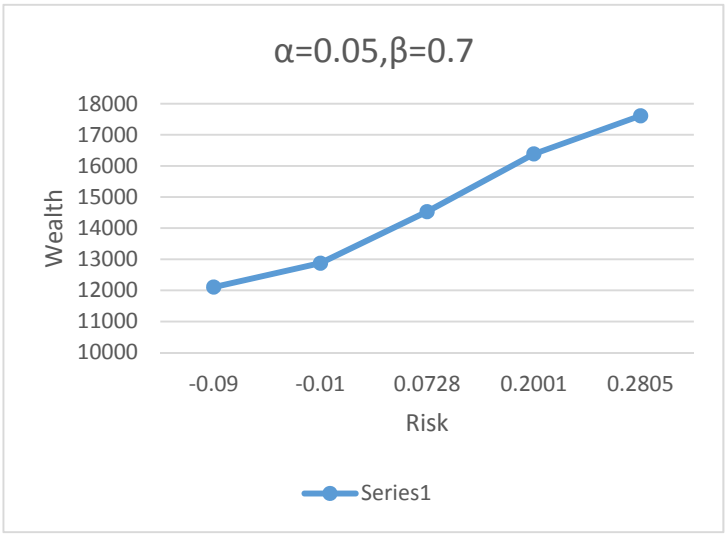
لذا در این پژوهش تابع هدف ثروت را تابع هدف اصلی درنظر گرفته و تابع حداقل‌سازی ریسک را به محدودیت‌ها منتقل می‌کنیم.

یافته‌های پژوهش

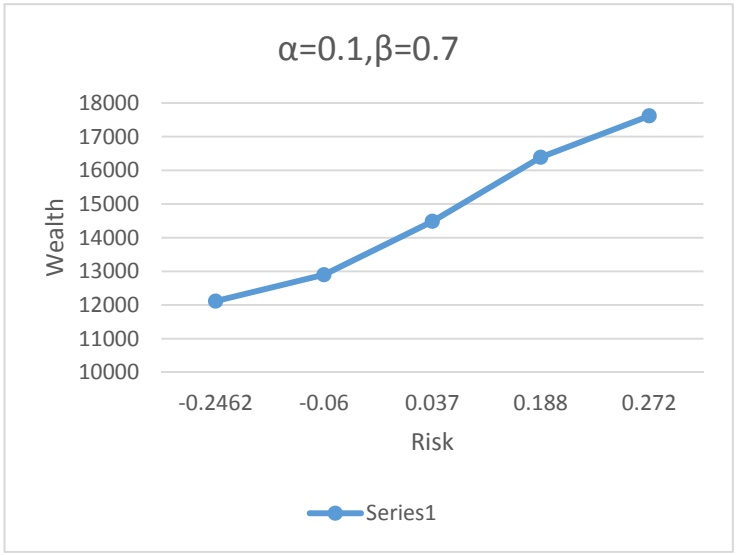
با خطی‌سازی و اجرای مدل در نرم‌افزار گمز میانگین نتایج حاصل از اجرای ده تکرار مدل در نرم‌افزار گمز مطابق در سطح اطمینان‌های مختلف جدول زیر می‌باشد:

جدول ۲. نتایج مربوط به میانگین ده بار تکرار مدل با روش حل اپسیلون برای آلفای ۰,۰۵

پارامتر قابل تنظیم		سطح اطمینان(بتاهای مختلف) به ازای آلفای ۰,۰۵		
		۷۰ درصد	۸۰ درصد	۹۰ درصد
۰,۱	ارزش انتظاری ثروت	۱۲۱۰۶,۱۱۰۵	۱۲۱۱۲۰۱۱۰۴	۱۲۱۱۲,۱۳۵۶
	پارامتر ریسک	-۰,۰۹	-۰,۰۹۶۲	-۰,۰۹۶۲
۰,۲۵	ارزش انتظاری ثروت	۱۲۸۷۵,۷۷۶۶	۱۲۸۷۵,۷۷۶۶	۱۲۸۸۲,۲۷۱۴
	پارامتر ریسک	-۰,۰۱	-۰,۰۱۰۶	-۰,۰۰۹۱
۰,۵۰	ارزش انتظاری ثروت	۱۴۵۳۱,۷۹۴۳	۱۴۴۶۹,۰۷۴۸	۱۴۴۶۹,۰۷۵۳
	پارامتر ریسک	۰,۰۷۲۸	۰,۷۲۸	۰,۷۲۸
۰,۷۵	ارزش انتظاری ثروت	۱۶۳۸۴,۴۸۹۲	۱۶۳۸۴,۴۸۹۱	۱۶۳۸۴,۴۸۹۱
	پارامتر ریسک	۰,۲۰۰۱	۰,۲۰۰۱	۰,۲۰۰۱
۰,۹۰	ارزش انتظاری ثروت	۱۷۶۱۲,۵۳۵۵	۱۷۶۱۲,۵۲	۱۷۶۱۲,۵۲
	پارامتر ریسک	۰,۲۸۰۵	۰,۲۸۰۵	۰,۲۸۰۵
پارامتر قابل تنظیم		سطح اطمینان(بتاهای مختلف) به ازای آلفای ۰,۱		
		۷۰ درصد	۸۰ درصد	۹۰ درصد
۰,۱	ارزش انتظاری ثروت	۱۲۱۱۴,۱۰۵۸	۱۲۱۱۴,۱۰۷۵	۱۲۱۱۴,۰۶۷
	پارامتر ریسک	-۰,۲۴۶۲	-۰,۲۴۶۲	-۰,۲۴۶۲
۰,۲۵	ارزش انتظاری ثروت	۱۲۸۹۸,۷۳۹۲	۱۲۸۹۸,۷۲۹	۱۲۸۹۸,۷۴۲۴
	پارامتر ریسک	-۰,۰۶	-۰,۰۶۶	-۰,۰۶۶
۰,۵۰	ارزش انتظاری ثروت	۱۴۴۸۳,۶۹۳۹	۱۴۴۸۳,۶۹۳۹	۱۴۴۸۳,۶۹۴
	پارامتر ریسک	۰,۰۳۷	۰,۰۳۷	۰,۰۳۷
۰,۷۵	ارزش انتظاری ثروت	۱۶۳۸۷,۶۵۰۶	۱۶۳۸۷,۶۵۰۶	۱۶۳۸۷,۶۵۰۶
	پارامتر ریسک	۰,۱۸۸	۰,۱۸۸	۰,۱۸۸
۰,۹۰	ارزش انتظاری ثروت	۱۷۶۱۶,۴۹۴۳	۱۷۶۱۶,۴۹۴۳	۱۷۶۱۶,۴۹۴۳
	پارامتر ریسک	۰,۲۷۲	۰,۲۷۲	۰,۲۷۲



نمودار ۱.نمودار مرز کارا جدول۲ برای سطح اطمینان ۰،۰۵



نمودار ۲.نمودار مرز کارا جدول۲ برای سطح اطمینان ۰،۱

همانطور که در جدول فوق نیز آمده است پارامترهای خوش‌بینانه – بدبینانه را در حالت‌های مختلف در نظر گرفته‌ایم و به تخمین ارزش انتظاری ثروت در پایان دوره و ریسک پرداختیم و میانگین حاصل از ده بار تکرار را بدست آوردیم. چنانچه در جدول و نمودارهای مرز کارا نیز مشهود است: همزمان با افزایش

درصد پارامتر خوش‌بینانه- بدبینانه ارزش انتظاری ثروت نیز در هر سطح اطمینانی افزایش یافته و با افزایش ارزش در معرض ریسک نیز این مقدار افزایش می‌یابد که این مطلب ثابت‌کننده تئوری سبد سرمایه‌گذاری می‌باشد و سرمایه‌گذاری که قصد افزایش ثروت مورد انتظار خود را دارد باید ریسک بیش‌تری را نیز متحمل شود. از طرف دیگر مقدار ارزش در معرض ریسک موجود نیز، با کاهش سطح اطمینان کاهش می‌یابد. لذا با توجه به جدول فوق مشخص است که فرد تصمیم‌گیرنده با استفاده از مدل بسیار انعطاف‌پذیر مبتنی بر اندازه عمومی ساخته شده قادر خواهد بود از نتایج در حالت بدبینانه، خوش‌بینانه، اعتباری و هر سطح دیگری از خوش‌بینی و بدبینی که مدنظر اوست، مطلع گردد و نیازی به مدل‌سازی هر یک از حالت‌ها به صورت جداگانه نمی‌باشد. مثلا اگر سرمایه‌گذار پارامتر قابل تنظیم را برابر ۰,۵ قرار دهد نتایج را در حالت اعتباری به‌دست می‌آورد و با قرار دادن پارامتر برابر عدد یک به حالت کاملا خوش‌بینانه و با قرار دادن آن به عددی نزدیک صفر حالت کاملا بدبینانه را به‌دست می‌آورد. از دیگر ویژگی‌های مدل ارائه شده این است که با توجه به معرفی کردن و درنظر گرفتن پارامترهای قابل تنظیم متفاوت در هریک از توابع هدف یا محدودیت‌ها سرمایه‌گذار می‌تواند اعداد متفاوتی را بسته به سلیقه خود برای هریک از پارامترها در نظر گرفته و مدل را اجرا نماید.

بحث و نتیجه‌گیری

در این مقاله رویکرد جدید و انعطاف‌پذیری برای بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری چند دوره‌ای در شرایط عدم قطعیت فازی مدل‌سازی و ارائه گردید.

مدل بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری ارائه شده در این مقاله شامل دو تابع هدف بیشینه نمودن ارزش انتظاری ثروت و کمینه سازی ارزش در معرض ریسک می‌باشد. محدودیت‌های مدل شامل: محدودیت نقدینگی، محدودیت کاردینالیتی، محدودیت سقف و کف سرمایه‌گذاری است، همچنین به منظور واقعی نمودن شرایط مدل‌سازی، افق‌های زمانی چند دوره‌ای و هزینه‌های معاملاتی نیز در مدل لحاظ می‌گردد.

برای تخمین ارزش انتظاری ثروت و ارزش در معرض ریسک از رویکرد Me Measure استفاده گردید. استفاده از این رویکرد برای بهینه‌سازی مدل سبب گردید تا دیگر نیازی به مدل‌سازی مسئله در حالت‌های مختلفی هم‌چون اعتباری، الزام و امکان نباشد و اندازه‌گیری فازی با انعطاف‌پذیری بیش‌تری صورت پذیرد و از سوی دیگر امکان بیش‌تری را برای اعمال سلیقه سرمایه‌گذار فراهم نماید. پس از مدل‌سازی به حل مسئله با روش محدودیت اپسیلون و در پایان به منظور بررسی کارایی مدل به ارائه یک مطالعه موردی در بازار بورس اوراق بهادار تهران در شرایط مختلف پرداختیم. برای مطالعات آتی استفاده از روش فازی‌شهودی برای مدل‌سازی عدم قطعیت، استفاده از سنجه‌های ریسک CVar، CDaR، استفاده از اعداد فازی LR و روش‌های حل الگوریتم‌های چندهدفه نظر الگوریتم ژنتیک پیشنهاد می‌گردد.

منابع

۱) ترابی، سیدعلی، توفیقی، سعیده. برنامه ریزی ریاضی فازی. چاپ چهارم.تهران؛ دانشگاه تهران۱۳۹۴

۲) راعی، رضا. (۱۳۸۱)، تشکیل سبد سهام برای سرمایه‌گذار مخاطره پذیر ((مقایسه شبکه عصبی و مارکویتز)). پیام مدیریت. شماره۲.

۳) رهنمای رودپشتی، فریدون. ملائی، مسعود. (۱۳۹۱)، مدیریت ریسک سبد با استفاده از مدلهای تجدید نظر شده ارزش در معرض ریسک (VAR) . مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار. شماره ۱۳. ۱۲۳-۱۵۲

۴) میرغفاری، سیدرضا. رهنمای رودپشتی، فریدون، (۱۳۹۰). ارزیابی عملکرد پورتفوی در بورس اوراق بهادار تهران: کاربرد ارزش در معرض خطر(Value at Risk) . مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار، شماره ۸ .۵۱-۷۶.

۵) نوری، مجتبی. محمدی، عمران، (۱۳۹۷). بهینه‌سای سبد سهام با استفاده از برنامه‌ریزی توافقی با محدودیت شانسی . مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار. شماره۳۵. ۲۲۱-۲۴۱.

6) Black, F. Litterman, R, 1992. Global Portfolio Optimization. Financial Analysts Journal, p. 28.

7) Calafiore, G. C., 2008. Multi-period portfolio optimization with linear control policies. Automatica, Volume 44, pp. 2463-2473.

8) Gulpinar, N. Rustem, B, 2007. Worst-case robust decisions for multi-period mean–variance portfolio optimization. European Journal of Operational, Volume 183, pp. 981-1000.

9) Gupta, P. Mehlawat, M.K, Yadav, S. Kumar, A, 2020. Intuitionistic fuzzy optimistic and pessimistic multi-period portfolio Intuitionistic fuzzy optimistic and pessimistic multi-period portfolio. Soft Computing.

10) Hassanlou, K., 2017. A multi period portfolio selection using chance constrained programming. Decision Science Letters, pp. 221-232.

11) Li, D. NG, W, 2000. Optimal dynamic portfolio selection: Multiperiod mean-variance formulation. Mathematical Finance, Volume 10, pp. 387-406.

12) Liagkouras و K. Metaxiotis, K, 2018. Multi-period mean–variance fuzzy portfolio optimization model with transaction costs. Engineering Applications of Artificial Intelligence, Volume 67, pp. 260-269.

13) Liu, Y. Zhang, W. 2018. Possibilistic moment Models for Multi- period Portfolio Selection With Fuzzy Return. Comptational Economics,Volume 53, pp. 1657-1686

14) Liu, Y. Zhang, W. Gupta, P, 2019. Multi-period Portfolio Performance Evaluation Model Based on Possibility Theory. TRANSACTIONS ON FUZZY SYSTEMS.

15) Markowitz, H., 1952. Portfolio Selection. The Journal of Finance, Volume 7, pp. 77-91.

16) Mohammadi, S.E. Mohammadi, E, 2018. Robust portfolio optimization based on minimax regret approach in Tehran stock exchange market. Journal of Industrial and Systems Engineering, pp. 51-62.

17) Mohebbi, N. Najafi, A.A, 2018. Credibilistic multi-period optimization based on scenario tree. Physica A, Volume 492, pp. 1302-1316.

18) Najafi, A.A. Mushakhian, S, 2015. Multi-stage stochastic mean–semivariance–CVaR portfolio Multi-stage stochastic mean–semivariance–CVaR portfolio. Applied Mathematics and Computation, Volume 256, pp. 445-458.

19) Peykani P. Mohammadi, E, 73-84. Stock evaluation under mixed uncertainties using robus DEA model. Quality Engineering and Production Optimization, Volume 4.

20) Peykani, P. Mohammadi, E. Emrouznejad, A. Pishvaee, M.S, 2019. Fuzzy data envelopment analysis: An adjustable approach. Expert Systems With Applications, Volume 136, pp. 439-452.

21) Sun, Yufei. AW, G. Teo, k. Zhu. Y. Wang, X, 2016. Multi-period Portfolio Optimization Under Probabilistic Risk Measure. Finance Research Letters, Volume 18, pp. 60-66.

22) Tobin, j, 1965. Liquidity preference as behavior toward risk. Risk Averation and Portfolio choice.

23) Wei, Sh. Ye, Zh., 2007. Multi-period optimization portfolio with bankruptcy control in stochastic market. Mathematics and, Volume 186, pp. 414-425.

24) Xu, J. Zhao, X, 2013. Approximation based fuzzy multi- objective models with Approximation based fuzzy multi- objective models with. Information Science, Volume 238, pp. 75-95.

25) Zadeh, L., 1965. Fuzzy Sets. Information and Control, pp. 338-353.

26) Zadeh, L., 1978. Fuzzy sets as basis for theory of possibility. Fuzzy sets and Systems, Volume 1, pp. 3-28.

27) Zhang, J. Li, Q, 2019. Credibilistic Mean-Semi-Entropy Model for Multi-Period Portfolio Selection with Background Risk. Entropy, Volume 21.

یادداشت‌ها

1 Fuzzy measure
2 Possibility measure
3 Necessity measure
4 Credibility measure
5 General Fuzzy measure
6 Value at Risk
7 Trapezoidal Fuzzy
8 Taguchi
9 Multi-objective evolutionary algorithm
10 Particle swarm optimization
11 General Fuzzy
12 Epsilon constraint