فصلنامه مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار
دوره شانزده، شماره شصت و سه، تابستان ۱۴۰۴
نوع مقاله: علمی پژوهشی
صفحات: ۱۳۷-۱۱۳

بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری با پارامترهای فازی با در نظر گرفتن ارزش در معرض ریسک و تناسب با شاخص‌های تحمل ریسک و تمایل به ریسک برای سرمایه‌گذاران حقیقی

علی نمکی[۱]
سعید شیرکوند[۲]
امیرسینا جیرفتی[۳]

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۳/۰۵/۲۹ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۴/۰۱/۱۴

چکیده

پژوهش حاضر به مسئله بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری پرداخته و هدف از آن به دست آوردن مدلی برای در نظر گرفتن هم‌زمان موضوع بهینگی و تناسب با شاخص‌های تحمل و تمایل به ریسک برای سرمایه‌گذاران حقیقی در یک محیط غیرقطعی می‌باشد، به‌طوری‌که علاوه بر ریسک و بازده تمامی محدودیت‌های مورد اهمیت برای سرمایه‌گذار را در مدل‌سازی لحاظ نماید. به‌منظور در نظر گرفتن عدم قطعیت در داده‌های ورودی، از نظریه اعدادZ که از مباحث نوین منطق فازی می‌باشد، در مدل‌سازی مسئله بهره گرفته‌شده است. هر عددZ شامل یک جفت عدد فازی بوده که جزء اول محدودیت روی متغیر بازده انتظاری دارایی‌ها و جزء دوم قابلیت اطمینان جزء اول را نشان می‌دهد. همچنین، از سنجه ارزش در معرض ریسک که از سنجه‌های قدرتمند سنجش ریسک می‌باشد، جهت اندازه‌گیری ریسک پرتفوی استفاده‌شده و رابطه‌ای جهت محاسبه این سنجه از طریق نظریه اعتبار فازی توسعه داده‌شده است؛ اما به‌منظور در نظر گرفتن ملاحظات تناسب با شاخص‌های تحمل و تمایل به ریسک، روشی نوآورانه مبتنی بر استفاده از شاخص‌های جمعیت شناختی سرمایه‌گذاران حقیقی از یک‌سو و خوشه‌بندی دارایی‌ها با استفاده از روش K-میانگین از سوی دیگر مورداستفاده قرارگرفته است. به‌منظور پیاده‌سازی و تست مدل نیز از داده‌های ۵۰ شرکت فعال‌تر بورس اوراق بهادار تهران حدفاصل ابتدای سال ۱۳۹۹ تا انتهای سال ۱۴۰۲ بهره گرفته‌شده است. نتایج حاصل از پیاده‌سازی مدل حاکی از آن است که اضافه نمودن موضوع تناسب به‌عنوان محدودیت به مدل می‌تواند سطح ریسک پرتفوی سرمایه‌گذار حقیقی را با توجه به ویژگی‌های جمعیت شناختی او کاملاً شخصی‌سازی نماید. همچنین، استفاده از سایر روش‌های خوشه‌بندی دارایی‌ها و در نظر گرفتن مدل به‌صورت چند دوره‌ای می‌تواند موضوع تحقیقات آتی باشد.

کلمات کیدی

بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری، ارزش در معرض ریسک، ملاحظات تناسب در سرمایه‌گذاری، منطق فازی در مدیریت سرمایه‌گذاری

۱-گروه مدیریت مالی، دانشکده مدیریت، دانشگاه تهران، تهران، ایران. (نویسنده مسئول) alinamaki@ut.ac.ir
۲-گروه مدیریت مالی، دانشکده مدیریت، دانشگاه تهران، تهران، ایران. shirkavnd@ut.ac.ir
۳-گروه مهندسی مالی، پردیس بین‌المللی کیش، دانشگاه تهران، تهران، ایران.amirsina.jirofti@ut.ac.ir

مقدمه

انتخاب و بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری ازجمله مسائل مهم و اساسی در حوزه مدیریت سرمایه‌گذاری محسوب می‌گردد. یکی از رویکردهای مهم در مدل‌سازی مسئله انتخاب سبد سرمایه‌گذاری در نظر گرفتن عدم قطعیت در بازده آتی دارایی‌ها می‌باشد. بدین منظور دو رویکرد وجود دارد؛ رویکرد اول مدل‌سازی مسئله در یک محیط احتمالی بر اساس توابع توزیع احتمال می‌باشد؛ اما رویکرد دوم استفاده از منطق فازی و به‌کارگیری توابع عضویت فازی بوده که نسبت به رویکرد اول دارای مزیت‌هایی می‌باشد چراکه به دست آوردن تابع توزیع احتمال بازده دارایی‌ها با دشواری‌های زیادی همراه است. مدل‌های انتخاب سبد سرمایه‌گذاری اغلب دو فاکتور ریسک و بازده را به‌عنوان اجزای اصلی مدل در نظر می‌گیرند. بااین‌وجود، در نظر گرفتن سایر عوامل مهم برای سرمایه‌گذاران و همچنین انتخاب سنجه مناسب برای اندازه‌گیری ریسک از مهم‌ترین چالش‌های مدل‌سازی مسئله می‌باشد. در سالیان اخیر سنجه ارزش در معرض ریسک[۱] به‌طور گسترده‌ای در بازارهای مالی بکار گرفته‌شده است. این سنجه که از سنجه‌های اندازه‌گیری ریسک نامطلوب می‌باشد، اولین بار توسط بانک سرمایه‌گذاری جی پی مورگان[۲] در دهه ۹۰ میلادی بکار گرفته شد و بیانگر حداکثر زیان انتظاری سبد سرمایه‌گذاری در یک درجه اطمینان مشخص برای یک دوره زمانی معین می‌باشد. موضوع دیگری که در مسئله انتخاب سرمایه‌گذاری اهمیت بسیاری دارد و در پژوهش‌هایی که تاکنون صورت گرفته است مغفول باقی‌مانده است، در نظر گرفتن ملاحظات تناسب می‌باشد. این موضوع به‌تناسب پرتفوی انتخاب‌شده با شاخص‌های مربوط به تحمل ریسک[۳] و تمایل به پذیرش ریسک[۴] سرمایه‌گذاران حقیقی اشاره دارد. ملاحظات تناسب یکی از ارکان مهم در ربات‌های مشاور[۵] سرمایه‌گذاری می‌باشد. در مشاوره رباتیک اولویت‌های مربوط به ریسک و بازده سرمایه‌گذار از طریق سؤالات جمعیت شناختی سرمایه‌گذار به سیستم وارد می‌شود و سپس نرم‌افزار مشاور رباتیک بر اساس قوانین الگوریتمی و داده‌های تاریخی بازار، اقدام به توصیه یک پرتفوی شخصی‌سازی‌شده بر اساس اولویت‌های سرمایه‌گذار می‌نماید.

همان‌گونه که عنوان شد، پژوهش‌های صورت گرفته در زمینه بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری عموماً بر روی ریسک و بازده سرمایه‌گذاری تمرکز کرده و به دنبال حداقل نمودن ریسک در سطح مشخصی از بازده و یا حداکثر نمودن بازده در سطح مشخصی از ریسک می‌باشند؛ اما در دنیای واقعی عوامل دیگری برای سرمایه‌گذار اهمیت دارد. در پژوهش حاضر سعی شده است که در کنار ریسک و بازده، سایر عوامل دیگری که برای سرمایه‌گذار اهمیت دارد، در مدل‌سازی مسئله در نظر گرفته شود. همچنین برای در نظر گرفتن عدم قطعیت دارایی‌ها از نظریه اعداد $Z^{۶}$ که از رویکردهای نوین در منطق

فازی می‌باشد، استفاده گردیده و بازده دارایی‌ها بر اساس اعدادZ در نظر گرفته می‌شود. هر عددZ شامل یک جفت عدد فازی بوده که جزء اول محدودیت متغیر و جزء دوم میزان قابلیت اطمینان جزء اول را نشان می‌دهد. ازاین‌رو در نظر گرفتن اعدادZ برای بازده دارایی‌ها به مدل‌سازی بهتر عدم اطمینان در مسئله انتخاب سبد سرمایه‌گذاری کمک شایانی می‌نماید. همچنین برای اندازه‌گیری ریسک پرتفوی از سنجه ارزش در معرض ریسک که یکی از سنجه‌های قدرتمند در ارزیابی ریسک می‌باشد، استفاده‌شده است و رابطه‌ای نوآورانه برای تخمین این سنجه با توجه به بازده غیرقطعی دارایی‌ها با استفاده از نظریه‌های موجود در منطق فازی توسعه داده‌شده است؛ اما مهم‌ترین نوآوری پژوهش حاضر نسبت به پژوهش‌های موجود، لحاظ نمودن ملاحظات تناسب با شاخص‌های تحمل و تمایل ریسک می‌باشد. بر این اساس، مدل‌های موجود انتخاب سبد سرمایه‌گذاری اغلب یک پرتفوی بهینه را به سرمایه‌گذاران مختلف با پروفایل ریسک متفاوت پیشنهاد می‌دهد؛ اما پژوهش حاضر به دنبال شخصی‌سازی پرتفوی بر اساس ویژگی‌های جمعیت شناختی سرمایه‌گذاران همچون سن، جنسیت، درآمد و... می‌باشد. بدین منظور رویکردی نوآورانه برای در نظر گرفتن ویژگی‌های جمعیت شناختی سرمایه‌گذاران حقیقی در مدل انتخاب سبد سرمایه‌گذاری از یک‌سو و خوشه‌بندی دارایی‌ها با استفاده از روش K-میانگین از سوی دیگر پیشنهاد خواهد گردید که می‌تواند مدل انتخاب سبد سرمایه‌گذاری را برای سرمایه‌گذاران حقیقی با ویژگی‌های مختلف شخصی‌سازی نماید.

با توجه به جمیع موارد فوق، هدف اصلی از پژوهش حاضر توسعه مدلی کاملاً کاربردی برای انتخاب سبد سرمایه‌گذاری بوده به‌طوری‌که اولاً به‌جز ریسک و بازده، تمام عواملی که می‌تواند برای سرمایه‌گذار مهم باشد را در مدل‌سازی لحاظ نماید. ثانیاً بتواند قابلیت اطمینان پارامترهای فازی منتسب به بازده دارایی‌ها را در مدل لحاظ نموده و بر اساس آن رابطه‌ای را برای اندازه‌گیری ارزش در معرض ریسک معرفی نماید. ثالثاً با لحاظ نمودن ویژگی‌های جمعیت شناختی سرمایه‌گذاران حقیقی، مدل انتخاب سبد سرمایه‌گذاری را برای سرمایه‌گذاران متفاوت شخصی‌سازی نماید. همچنین ارائه روشی برای خوشه‌بندی دارایی‌های موجود در بازار سرمایه بر اساس میزان ریسک آن‌ها را می‌توان هدف فرعی پژوهش دانست.

مبانی نظری و مروری بر پیشینه پژوهش

مسئله انتخاب سبد سرمایه‌گذاری با مطالعات هری مارکوویتز (۱۹۵۲) شکل گرفت. درواقع مارکوویتز اولین فردی بود که به کمینه‌سازی ریسک و بیشینه‌سازی بازده به‌عنوان یک مسئله بهینه‌سازی توجه نمود و از انحراف معیار بازده دارایی‌ها به‌عنوان شاخص اندازه‌گیری ریسک استفاده

کرد. پس‌ازاین پژوهش که از آن به‌عنوان مدل نوین در مدیریت سرمایه‌گذاری نیز نام‌برده می‌شود، پژوهش‌های زیادی در این زمینه صورت گرفت. ازجمله خود مارکوویتز (۱۹۹۱) که به‌منظور مدل‌سازی بهتر پیشنهاد نمود تا از سنجه نیم-واریانس (نیم-انحراف معیار) به‌جای واریانس (انحراف معیار) استفاده گردد تا صرفاً نوسانات منفی سهام به‌عنوان ریسک تلقی گردد. بااین‌وجود به‌کارگیری سنجه مناسب برای اندازه‌گیری ریسک سبد سرمایه‌گذاری یکی از موضوعات اصلی مسئله انتخاب سرمایه‌گذاری در بین پژوهشگران در سالیان بعد نیز بوده است. پس از پژوهش مارکوویتز، کونو و یامازاکی (۱۹۹۱) سنجه قدر مطلق انحراف از میانگین را در مدل انتخاب سبد سرمایه‌گذاری استفاده نمودند و آن را بر روی داده‌های بورس اوراق بهادار توکیو پیاده‌سازی کردند. در پژوهش‌های اخیرتر نیز یو و همکاران (۲۰۱۹) از این سنجه برای بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری چندمعیاره فازی بهره جستند. مقدم و همکاران (۲۰۲۰) نیز یک مدل چند دوره‌ای را با در نظر گرفتن فاکتورهای رفتاری بر اساس نیم قدر مطلق انحراف از میانگین بهینه نمودند. علاوه بر این منگ و شان (۲۰۲۱) نیز در مدل فازی سبد سرمایه‌گذاری خود از همین سنجه ریسک برای بهینه‌سازی مدل خود با در نظر گرفتن هزینه معاملاتی استفاده نمودند. دنگ و همکاران (۲۰۲۲) نیز یک مدل چندهدفه برای بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری برای دارایی‌های پرریسک با در نظر بازده دارایی‌ها بر اساس متغیرهای فازی و سنجه نیم قدر مطلق انحراف از میانگین پیشنهاد نمودند که از الگوریتم ژنتیک برای بهینه‌سازی آن استفاده گردید. همچنین منگ و رن (۲۰۲۴) با استفاده از یک الگوریتم بهبودیافته ازدحام ذرات چندهدفه یک مدل انتخاب سبد سرمایه‌گذاری تک دوره‌ای را با سنجه ریسک نیم قدر مطلق انحراف از میانگین بهینه نمودند که در آن عواملی همچون سود تقسیمی و هزینه مالیاتی نیز در نظر گرفته‌شده بود؛ اما همان‌گونه که عنوان شد استفاده از سنجه ارزش در معرض ریسک که از سنجه‌های قدرتمند اندازه‌گیری ریسک محسوب می‌شود، می‌تواند به کارایی بیشتر مسئله انتخاب سبد سرمایه‌گذاری کمک بسزایی نماید. در پژوهش‌های اخیر، بهرا و همکاران (۲۰۲۳) با استفاده از ارزش در معرض ریسک مدل انتخاب سبد سرمایه‌گذاری خود را به‌وسیله الگوریتم رگرسیون یادگیری ماشین برای بازارهای سهام چندملیتی بهینه نمودند. علاوه بر این، سیلاهلی و همکاران (۲۰۲۱) از ارزش در معرض ریسک برای اندازه‌گیری ریسک سبد سرمایه‌گذاری در بازار رمز ارزها بهره جستند. شایک و پدماکوماری (۲۰۲۲) از سه مدل مختلف برای تخمین ارزش در معرض ریسک برای بازار سهام کشورهای مختلف شامل ایالات‌متحده و کشورهای عضو بریکس در دوره‌های زمانی مختلف شامل دوره بحران مالی آمریکا و همچنین دوره فراگیری کووید پرداخته و به تحلیل و مقایسه نتایج پرداختند. همچنین قولام و جو

(۲۰۲۳) به تخمین ارزش در معرض ریسک با استفاده از شبیه‌سازی تاریخی در یک دوره ۲۶ ساله برای بازار سهام کشورهای عضو یورو پرداختند که نتایج آن‌ها حاکی از سطوح ریسک متفاوت در دوره‌های عادی و بحرانی در کشورهای مختلف بوده است. علاوه بر این دمیردوگن (۲۰۲۴) ارزش در معرض ریسک را برای ۴ بانک بزرگ ترکیه با سه روش تاریخی، پارامتری و شبیه‌سازی مونت کارلو برای ۱۲۶ دوره با فواصل ۱۰ روزه محاسبه نموده و نتایج حاصل از روش‌های مختلف را مقایسه نمود که نتایج حاکی از بهتر بودن روش پارامتری بوده است.

یکی دیگر از موضوعات با اهمیت در مرور ادبیات مسئله انتخاب سبد سرمایه‌گذاری استفاده از منطق فازی برای مدل‌سازی مسئله می‌باشد. منطق فازی که اولین بار توسط لطفی‌زاده (۱۹۶۵) مطرح گردید به‌صورت گسترده‌ای در بسیاری از علوم مالی ازجمله مسئله انتخاب سبد سرمایه‌گذاری بکار گرفته شد. دلیل استفاده گسترده منطق فازی در این‌گونه مسائل این است که نسبت به مباحث احتمالی دارای مزیت‌هایی می‌باشد. به‌عنوان‌مثال در بسیاری از پژوهش‌های مالی که از مباحث احتمالی استفاده می‌گردد، فرض نرمال بودن بازده دارایی‌ها از مفروضات اساسی مسئله می‌باشد درحالی‌که بسیاری از پژوهش‌های صورت گرفته ازجمله پژوهش مندلبورت (۱۹۶۳)، فاما (۱۹۶۵) و هاسکینگ و همکاران (۲۰۰۰) نشان می‌دهد که بازده دارایی‌ها در بازارهای مختلف مالی از توزیع نرمال پیروی نمی‌کند. براین اساس استفاده از منطق فازی می‌تواند مشکلات مربوط به به‌دست‌آوردن توزیع احتمال بازده دارایی‌ها را حل نماید. در پژوهش‌های صورت گرفته در این زمینه کارلسون و همکاران (۲۰۰۲) از تئوری امکان[۷] فازی برای مدل‌سازی مسئله انتخاب سبد سرمایه‌گذاری استفاده نمودند. در سال‌های بعد نیز گوپتا و همکاران (۲۰۱۳) از تئوری اعتبار[۸] فازی که نسبت به تئوری امکان دارای مزیت‌هایی می‌باشد در مدل‌سازی مسئله استفاده کردند. لیو و ژانگ (۲۰۱۵) نیز مدل بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری چند دوره‌ای فازی خود را با در نظر گرفتن هزینه معاملاتی ارائه نمودند. ژانگ و همکاران (۲۰۲۲) نیز یک سیستم معاملاتی اتوماتیک را بر اساس بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری فازی با فرض امکان فروش استقراضی توسعه دادند. علاوه بر این، پیکانی و همکاران (۲۰۲۱) یک مدل بهینه‌سازی پورتفوی چند دوره‌ای چندهدفه فازی با سه هدف شامل ثروت نهایی، ریسک و نقدینگی و همچنین محدودیت‌های عملی توسعه داده و برای داده‌های واقعی بورس اوراق بهادار تهران پیاده‌سازی نمودند که نتایج حاکی از آن بود که مدل پیشنهادی در یک محیط فازی به کاربردی و مؤثر بودن مدل کمک می‌نماید. همچنین رسول‌زاده و همکاران (۲۰۲۲) نیز از تحلیل پوششی داده‌ها به‌منظور بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری فازی استفاده نموده و آن را برای شاخص ۵۰ شرکت فعال‌تر بورس اوراق بهادار

تهران پیاده‌سازی نمودند که نتایج حاکی از مؤثر بودن استفاده از منطق فازی در مسئله بهینه‌سازی سبدسرمایه‌گذاری بوده‌است. وانگ و همکاران (۲۰۲۳) نیزیک مدل بهینه‌سازی سبدسرمایه‌گذاری فازی چند دوره‌ای پیشنهادنموده واز الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام‌ذرات بهبودیافته به‌منظورحل مسئله استفاده نمودند که نتایج حاصل از پیاده‌سازی آن نشان داد که مدل پیشنهادی انتخاب پورتفوی در مقایسه با مدل‌های سنتی، امکان کاهش ریسک تصمیم‌گیری در فرآیند سرمایه‌گذاری را فراهم می‌نماید.

اما یکی از نظریه‌های نوین مبحث فازی نظریه اعدادZ می‌باشد که اولین بار توسط لطفی‌زاده (۲۰۱۱) مطرح گردید. این نظریه برای توصیف اعدادی که از عدم قطعیت بالا برخوردارند، به کار می‌رود. تفاوت این نظریه با سایر نظریه‌های متداول فازی در این است که برای نشان دادن عدم قطعیت از یک جفت عدد فازی استفاده می‌کند. به‌طوری‌که عامل اول عددZ، یک محدودیت برای مقدار متغیر غیرقطعی از طریق یک عدد فازی ایجاد می‌کند. ولی عامل دوم عددZ، میزان قابلیت اطمینان عامل اول یا به‌عبارت‌دیگر امکان درست بودن عامل اول را از طریق یک عدد فازی دیگر بیان می‌نماید. این نظریه به‌صورت گسترده در حوزه‌های مختلف مورداستفاده قرار می‌گیرد. آلام و همکاران (۲۰۲۳) به بررسی کاربرد این نظریه در تصمیم‌گیری پرداخته و نشان دادند که تصمیم‌گیری مبتنی بر اعدادZ ، قابلیت اطمینان اطلاعات تصمیم‌گیری را بهبود می‌بخشد و آن را معنادارتر می‌کند. همچنین موحمدیوا و همکاران (۲۰۲۲) رویکردی را برای تبدیل اعدادZ به اعداد فازی کلاسیک پیشنهاد نمودند تا استفاده از این نظریه را سهل‌تر نماید. بااین‌وجود در یکی از معدود پژوهش‌هایی که از این نظریه در دنیای سرمایه‌گذاری استفاده‌شده است، جیرفتی و نجفی (۲۰۱۸) از نظریه اعدادZ برای بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری با استفاده از الگوریتم سیمپلکس تعمیم‌یافته استفاده نمودند که نتایج حاکی از مؤثر بودن استفاده از این نظریه در کاربردی شدن مدل‌های انتخاب سبد سرمایه‌گذاری می‌گردد.

یکی دیگر از موضوعات حائز اهمیت در مدیریت سرمایه‌گذاری ملاحظات تناسب[۹] می‌باشد. تناسب به معنی سازگاری شرایط پرتفوی سرمایه‌گذاری با شاخص‌های تحمل و تمایل به ریسک برای هر سرمایه‌گذار حقیقی می‌باشد. بر این اساس گوپتا و همکاران (۲۰۰۵) در یک پژوهش مبسوط به گونه‌شناسی[۱۰] سرمایه‌گذاران بر اساس شاخص‌های مختلف مربوط به شرایط زندگی پرداختند و تأثیر معیارهایی ازجمله میزان درآمد، نرخ پس‌انداز، سن، جنسیت و غیره در آستانه ریسک سرمایه‌گذاران را تخمین زدند. همچنین گوپتا و همکاران (۲۰۱۴) با در نظر گرفتن ملاحظات تناسب برای داده‌های مربوط به بورس اوراق بهادار بمبئی اقدام به بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری به‌وسیله فرآیند واکاوی سلسله مراتبی[۱۱] نمودند. در پژوهش‌های داخلی نیز ابراهیمی سرو علیا و صابونچی (۱۳۹۸) تأثیر عوامل

جمعیت شناختی همچون جنسیت، وضعیت شغل، سن، وضعیت تأهل، درآمد و آموزش را بر میزان تحمل ریسک و رفتار ریسک‌پذیری سرمایه‌گذاران حقیقی بررسی نمودند. جالوتا و همکاران (۲۰۲۳) در رویکردی نوآورانه ترجیحات سرمایه‌گذاران را به‌صورت عدد فازی در نظر گرفته و با استفاده از تئوری اعتبار فازی اقدام به بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری نمودند که نتایج آن حاکی از کارایی بالاتر مدل پیشنهادی با رعایت ترجیحات سرمایه‌گذار نسبت به مدل‌های سنتی داشت. علاوه بر این لاکشمی و کومارا (۲۰۲۴) از رویکرد تکنیک مرتب‌سازی اولویت‌ها بر اساس شباهت به راه‌حل ایده‌آل[۱۲] و فرآیند واکاوی سلسله مراتبی فازی برای مدل‌سازی اولویت‌های سرمایه‌گذار استفاده نموده و به تجزیه‌وتحلیل حساسیت برای ارزیابی عملکرد پرتفوی در شرایط مختلف بازار سهام پرداختند که نتایج نشان داد، مدل پیشنهادی در ساخت پرتفوی‌های سهامی از نظر بازده تعدیل‌شده با ریسک، از رویکردهای سنتی بهتر عمل می‌کند.

روش‌شناسی پژوهش

نظریه اعتبار فازی

فرض کنید Θ یک مجموعه غیر تهی (نشان‌دهنده فضای نمونه) و $P(\Theta)$ مجموعه توانی Θ (یعنی تمام زیرمجموعه‌های ممکن از Θ) باشند. هر عنصر از $P(\Theta)$ یک رویداد نامیده می‌شود. به‌منظور ارائه یک تعریف بدیهی از اعتبار، لازم است به رویداد A مقدار $Cr\{A\}$ نسبت داده شود که نشان‌دهنده اعتبار رخ دادن رویداد A می‌باشد. بر این اساس برای به دست آوردن اعتبار $Cr\{\xi \le r\}$ برای عدد فازی مثلثی از قضیه معکوس اعتبار کمک می‌گیریم.

$$Cr(\xi \le r) = \begin{cases} ۰, & r \le a, \\ \dfrac{r-a}{۲(b-a)}, & a \le r \le b, \\ \dfrac{c-۲b+r}{۲(c-b)}, & b \le r \le c, \\ ۱, & c \le r. \end{cases} \quad \text{رابطه (۱)}$$

$$Cr(\xi \ge r) = \begin{cases} ۱, & r \le a, \\ \dfrac{۲b-a-r}{۲(b-a)}, & a \le r \le b, \\ \dfrac{c-r}{۲(c-b)}, & b \le r \le c, \\ ۰, & c \le r. \end{cases} \quad \text{رابطه (۲)}$$

ارزش مورد انتظار متغیر فازی

ارزش مورد انتظار متغیر فازی[۱۳] ξ به‌وسیله لیو و لیو (۲۰۰۲) از طریق نظریه اعتبار به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$E[\xi] = \int_{۰}^{+\infty} Cr\{\xi \ge r\}\, dr - \int_{-\infty}^{۰} Cr\{\xi \le r\}\, dr \quad \text{رابطه (۳)}$$

با این شرط که حداقل یکی از انتگرال‌های فوق مقداری متناهی اختیار کند. اگر $\xi = (a, b, c)$ یک متغیر فازی مثلثی باشد، به‌طوری‌که $a < b < c$. بنابراین $E[\xi]$ به‌صورت زیر محاسبه می‌گردد:

$$E[\xi] = \frac{a+۲b+c}{۴} \qquad \text{رابطه (۴)}$$

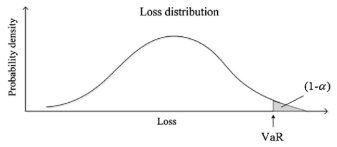
حال فرض کنید $\xi = (a, b, c, d)$ با $a < b < c < d$ یک متغیر فازی ذوزنقه‌ای باشد، $E[\xi]$ به‌صورت زیر محاسبه می‌گردد:

$$E[\xi] = \frac{a+b+c+d}{۴} \qquad \text{رابطه (۵)}$$

ارزش در معرض ریسک

ارزش در معرض ریسک حداکثر زیان انتظاری یک سبد سرمایه‌گذاری را برای یک افق زمانی مشخص با توجه به یک‌فاصله اطمینان معین بیان می‌کند. بر این اساس ارزش در معرض ریسک را می‌توان با رابطه زیر تعریف نمود:

$$P(L > VaR_{\alpha}) = ۱ - \alpha \qquad \text{رابطه (۶)}$$



شکل ۱- نمایش گرافیکی ارزش در معرض ریسک بر اساس توزیع زیان دارایی‌ها

حال اگر بازده انتظاری دارایی به شکل یک عدد فازی مثلثی $\xi = (a, b, c)$ باشد، می‌توان ارزش در معرض ریسک را برای متغیر فازی مثلثی به شکل زیر محاسبه نمود (ابراهیمی و جیرفتی (۱۳۹۵)):

$$\xi_{VaR}(\alpha) = \begin{cases} ۲(a-b)\ (-a, & \alpha \leq ۰.۵ \\ ۲(b-c)\alpha + c - ۲\ (, & \alpha > ۰.۵ \end{cases} \qquad \text{رابطه (۷)}$$

در رابطه بالا $۱ - \alpha$ برابر سطح اطمینان می‌باشد.

نظریه اعداد Z

هر عدد Z از یک جفت عدد فازی تشکیل‌شده است. به‌عنوان‌مثال یک عدد Z را می‌توان به شکل $Z = (\tilde{A}, \tilde{B})$ نشان داد، به‌طوری‌که عامل $\tilde{A}$ یک عدد فازی برای توصیف مقدار امکان یک متغیر

حقیقی همچون X است. ام؛ عامل $\tilde{B}$ میزان قابلیت اطمینان عامل $\tilde{A}$ را به‌صورت یک عدد فازی دیگر نشان می‌دهد. با تبدیل اعداد Z به اعداد فازی کلاسیک، هر دو عامل فازی عدد Z با هم ترکیب می‌شوند و یک عدد فازی جدید را به وجود می‌آورد. برای تبدیل عدد Z به یک عدد فازی کلاسیک بر اساس رویکرد جیرفتی و نجفی (۱۳۹۶) به ترتیب مراحل زیر را انجام می‌دهیم :

۱- ابتدا جزء دوم عدد Z را با استفاده از رابطه زیر به یک عدد نرمال تبدیل می‌کنیم:

$$\alpha = \frac{\int x\mu_{\tilde{R}}(x)\,dx}{\int \mu_{\tilde{R}}(x)\,dx}$$ رابطه (۸)

رابطه (۸) برای اعداد فازی مثلثی به شکل $\tilde{B} = (m, n, p)$ به‌صورت رابطه (۹) ساده می‌شود:

$$\alpha = \frac{m+n+p}{3}$$ رابطه (۹)

۲- وزن جزء دوم را با جزء اول ترکیب می‌کنیم. عدد Z وزنی به شکل زیر به دست می‌آید:

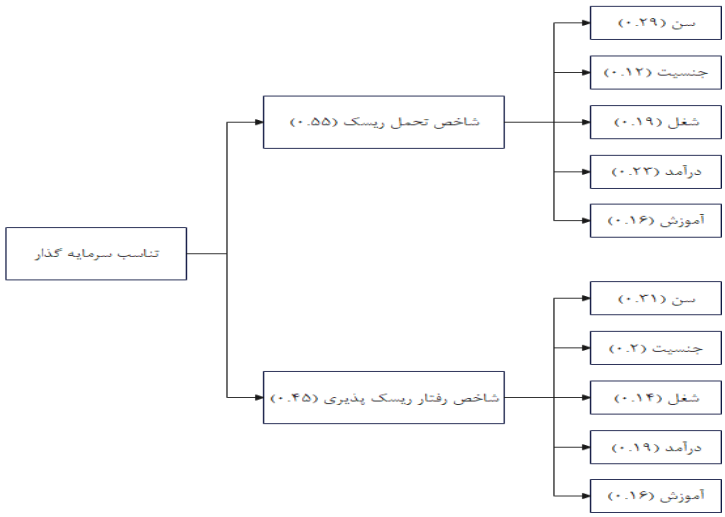
$$\tilde{Z}^{\alpha} = \{x, \mu_{\tilde{A}^{\alpha}}(x) | \mu_{\tilde{A}^{\alpha}}(x) = \alpha\mu_{\tilde{A}}(x),\ x\epsilon[0,1]\}$$ رابطه (۱۰)

۳- حال عدد فازی غیرمعمول (محدودیت وزنی) را به اعداد فازی معمول تبدیل می‌کنیم. مجموعه فازی به‌دست‌آمده را می‌توان به شکل $\tilde{Z}' = \left\{x, \mu_{\tilde{z}'}(x) | \mu_{\tilde{z}'}(x) = \mu_{\tilde{A}}\left(\frac{x}{\sqrt{\alpha}}\right), x \in [0,1]\right\}$ نشان داد. می‌توان اثبات نمود که $\tilde{Z}'$ دارای انتظار فازی یکسانی با $\tilde{Z}^{\alpha}$ می‌باشد.

بنابراین برای تبدیل یک عدد $Z = (\tilde{A}, \tilde{R})$ به یک عدد فازی کلاسیک کافی است ابتدا مقدار α را از طریق رابطه (۸) برای عامل دوم عدد Z یعنی $\tilde{R}$ به دست آورده، از آن جذر گرفته و در هریک از پارامترهای عامل اول عدد Z یعنی $\tilde{A}$ ضرب کنیم.

ملاحظات تناسب

ملاحظات تناسب از این موضوع نشأت می‌گیرد که هیچ دو سرمایه‌گذار حقیقی شبیه به هم نیستند. تنوع سرمایه‌گذاران ناشی از عوامل مختلف مربوط به فاکتورهای جمعیت‌شناختی نظیر سن، وضعیت درآمدی، جنسیت و ... می‌باشد. بر این اساس، کارشناسان سرمایه‌گذاری، به‌منظور ارزیابی اولویت‌های سرمایه‌گذاران، هر یک از آن‌ها را با متغیرهای عنوان‌شده به‌منظور تشخیص دو موضوع تطبیق می‌دهند. موضوع اول تمایل در پذیرش ریسک یا رفتار ریسک‌پذیری سرمایه‌گذار و موضوع دوم توانایی در پذیرش ریسک یا سطح تحمل ریسک می‌باشد. بر این اساس تأثیر فاکتورهای جمعیت شناختی بر روی سطح تحمل ریسک و ریسک‌پذیری سرمایه‌گذاران حقیقی بر اساس پژوهش ابراهیمی سروعلیا و صابونچی (۱۳۹۸) در شکل زیر نشان داده‌شده است:



شکل ۲- نمایش سلسله مراتبی ملاحظات تناسب برای سرمایه‌گذار حقیقی

در شکل بالا اعداد داخل پرانتز برابر وزن هر فاکتور می‌باشد. لازم به ذکر است تأثیر فاکتور سن بر روی هر دو شاخص منفی می‌باشد. بدین معنی که با افزایش سن میزان هر دو شاخص تحمل ریسک و رفتار ریسک‌پذیری کاهش می‌یابد. همچنین ازآنجاکه میزان تأثیر فاکتور وضعیت تأهل بر روی هر دو شاخص معنادار نمی‌باشد، این فاکتور از فاکتورهای تأثیرگذار حذف گردیده است. دسته‌بندی فاکتورها بر اساس پژوهش ابراهیمی سروعلیا و صابونچی (۱۳۹۸) بر اساس جدول زیر می‌باشد:

جدول ۱- دسته‌بندی شاخص‌های مربوط به فاکتورهای ریسک‌پذیری و تحمل ریسک برای سرمایه‌گذار

شاخص	متغیر شاخص	نوع تأثیر در ریسک‌پذیری و تحمل ریسک
سن	کمتر از ۳۵	+
	بیشتر از ۳۵	-
جنسیت	مرد	+
	زن	-
وضعیت شغلی	شاغل شخصی	+
	حقوق‌بگیر	-
درآمد سالیانه*	کمتر از ۳۵۶ میلیون تومان	-
	بیشتر از ۳۵۶ میلیون تومان	+
آموزش حرفه‌ای	دیدن آموزش	+
	عدم آموزش	-

*: درآمد سالیانه بر اساس نرخ تورم اعلامی بانک مرکزی برای سال ۱۴۰۲ تعدیل‌شده است.

الگوریتم خوشه‌بندی K-میانگین

الگوریتم خوشه‌بندی k-میانگین ازجمله الگوریتم‌های خوشه‌بندی تفکیکی می‌باشد. معمولاً الگوریتم‌های تفکیکی بر مبنای بهینه‌سازی یک تابع هدف عمل می‌کنند. این کار بر اساس تکرار مراحلی از الگوریتم‌های بهینه‌سازی انجام می‌شود. درنتیجه الگوریتم‌های مختلفی بر این مبنا ایجادشده‌اند. برای مثال الگوریتم «k-میانگین» با تعیین تابع هدف بر اساس میانگین فاصله اعضای هر خوشه نسبت به میانگین‌شان، عمل می‌کند و به شکلی اشیاء را در خوشه‌ها قرار می‌دهد تا میانگین مجموع مربعات فاصله‌ها در خوشه‌ها، کمترین مقدار را داشته باشد. اگر مشاهدات را با x نشان دهیم، تابع هدف الگوریتم «k-میانگین» را می‌توان به‌صورت زیر نوشت:

$$E = \sum_{j=1}^{k} \sum_{x \in c_j} dist(x, \mu_{c_j}) \qquad \text{رابطه (۱۱)}$$

که در آن μ_{c_j} میانگین خوشه c_j و dist نیز مربع فاصله اقلیدسی است.

به‌این‌ترتیب با استفاده از روش‌های مختلف بهینه‌سازی می‌توان به جواب مناسب برای خوشه‌بندی تفکیکی رسید. ولی ازآنجایی‌که تعداد خوشه‌ها یا مراکز اولیه باید به الگوریتم داده شود، ممکن است با تغییر نقاط اولیه نتایج متفاوتی در خوشه‌بندی به دست آید.

مدل مفهومی و متغیرهای پژوهش

به‌منظور مدل‌سازی مسئله در ابتدا بازده انتظاری دارایی‌ها بر اساس اعدادZ تخمین زده می‌شود. بدین منظور از سه فاکتور استفاده می‌کنیم؛ عملکرد تاریخی دارایی، روند بازده دارایی، صورت‌های مالی و تحلیل بنیادی. در مرحله دوم به تخمین ارزش مورد انتظار فازی برای بازده انتظاری دارایی‌ها و همچنین ارزش در معرض ریسک با استفاده از نظریه اعتبار فازی می‌پردازیم. در مرحله بعدی مدل‌سازی، سایر محدودیت‌ها به مدل مفهومی مسئله افزوده خواهد شد. به‌منظور در نظر گرفتن نقدشوندگی دارایی‌ها از اعداد فازی ذوزنقه‌ای استفاده‌شده است؛ بنابراین، می‌توان مدل مفهومی زیر را بیان نمود:

$$min \sum_{i=1}^{n} x_i \sqrt{\beta_i} [۲(r_{i1} - \ _{(i2)})\alpha - r_{i1}] \qquad \text{رابطه (۱۲)}$$

Subject to:

$$\sum_{i=1}^{n} x_i \sqrt{\beta_i} [\frac{r_{i1} + ۲r_{i2} + r_{i3}}{۴}] \geq R \qquad \text{رابطه (۱۳)}$$

$$\sum_{i=1}^{n} x_i[\frac{a_i + b_i + c_i + d_i}{۴}] \geq L$$ رابطه (۱۴)

$$\sum_{i=1}^{n} y_i = h$$ رابطه (۱۵)

$$x_i \leq u_i y_i, \quad i = 1,2,\dots,n$$ رابطه (۱۶)

$$x_i \geq l_i y_i, \quad i = 1,2,\dots,n$$ رابطه (۱۷)

$$\sum_{i=1}^{n_1} x_i = w_1$$ رابطه (۱۸)

$$\sum_{i=n_1}^{n_2} x_i = w_2$$ رابطه (۱۹)

$$x_i \geq 0, \quad i = 1,2,\dots,n$$ رابطه (۲۰)

$$y_i \in \{0,1\}, \quad i = 1,2,\dots,n$$ رابطه (۲۱)

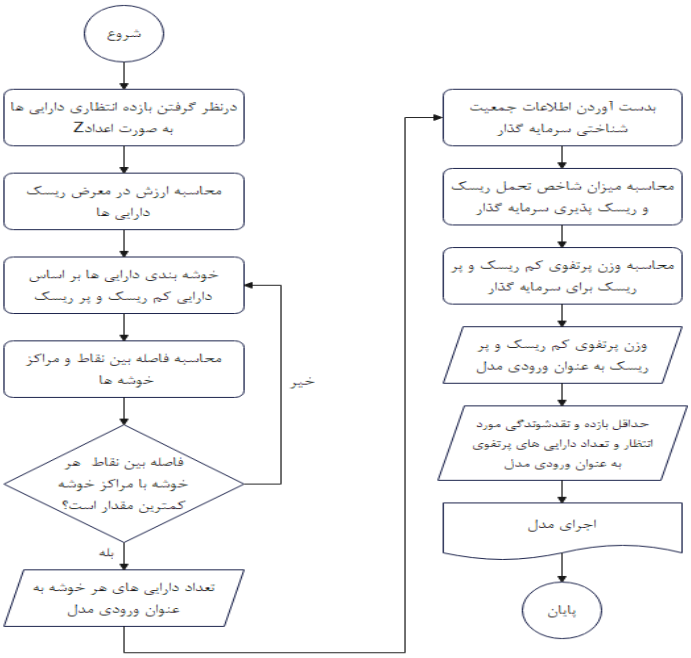
$$w_i \geq 0, \quad i = 1,2$$ رابطه (۲۲)

در روابط بالا $((r_{i1}, r_{i2}, r_{i3}), (m_i, n_i, p_i))$ نشان‌دهنده عددZ مربوط به بازده مورد انتظار دارایی i-ام است که هر دو عامل آن از اعداد فازی مثلثی پیروی می‌کند. β_i برابر عدد نرمال حاصل از عامل دوم عددZ بازده مورد انتظار دارایی i-ام می‌باشد. y_i برابر یک متغیر دودویی که نشان می‌دهد دارایی i-ام در سبد سرمایه‌گذاری قرار دارد یا خیر.

$$y_i = \begin{cases} 1, & \text{اگر دارایی در سبد سرمایه‌گذاری باشد} \\ 0, & \text{در غیر صورت این} \end{cases}$$ رابطه (۲۳)

(a_i, b_i, c_i, d_i) برابر عدد فازی ذوزنقه‌ای نشان‌دهنده نرخ نقدشوندگی برای دارایی i-ام. R برابر حداقل بازده مورد انتظار پرتفوی. L برابر حداقل نقدشوندگی مورد انتظار سرمایه‌گذار از پرتفوی. $1 - \alpha$ برابر سطح اطمینان در تخمین ارزش در معرض ریسک. u_i برابر حداکثر نسبتی از سرمایه کل که می‌توان به دارایی i-ام تخصیص داد. l_i برابر حداقل نسبتی از سرمایه کل که می‌توان به دارایی i-ام تخصیص داد. H برابر تعداد دارایی‌هایی که در سبد سرمایه‌گذاری نگهداری می‌شود. n_1 برابر تعداد دارایی‌های کم ریسک (سهام‌های کم ریسک حاصل از مدل K-میانگین). $n_2 - n_1$ برابر تعداد دارایی‌های پرریسک (سهام‌های پرریسک حاصل از مدل K-میانگین). w_1 برابر وزن دارایی‌های کم ریسک در پرتفوی سرمایه‌گذار (بر اساس شاخص‌های تناسب). w_2 برابر وزن دارایی‌های پرریسک در

پرتفوی سرمایه‌گذار (بر اساس شاخص‌های تناسب). می‌توان الگوریتم پیاده‌سازی مدل را در شکل زیر نشان داد:



شکل ۳- نمایش الگوریتم چگونگی پیاده‌سازی مدل توسعه داده‌شده

یافته‌های پژوهش

به‌منظور پیاده‌سازی مدل از شرکت‌های حاضر در شاخص ۵۰ شرکت فعال‌تر بورس اوراق بهادار بهره گرفته‌شده است. دلیل استفاده از این شاخص آن است که شاخص ۵۰ شرکت فعال‌تر (که می‌توان آن را معادل شاخص داوجونز در بورس نیویورک در نظر گرفت) متشکل از سبدی با سهام ۵۰ شرکت منتخب از صنایع گوناگون بورسی بوده که عملاً بیش از ۷۰ درصد ارزش کل بازار بورس را به خود اختصاص می‌دهد. بدین منظور بازده انتظاری دارایی‌ها بر اساس اعداد Z به‌وسیله داده‌های ابتدای سال ۱۳۹۹ تا انتهای سال ۱۴۰۱ تخمین زده‌شده (در ادامه از داده‌های سال ۱۴۰۲ برای تست مدل استفاده خواهد شد) و سپس به محاسبه ارزش در معرض ریسک هر دارایی بر اساس بازده انتظاری آن‌ها پرداخته‌شده است. همچنین برای محاسبه پارامترهای نرخ نقد شوندگی دارایی‌ها به‌صورت عدد فازی ذوزنقه‌ای از نسبت حجم معاملات روزانه به‌کل سهام شناور در طول سه سال مذکور بهره گرفته‌شده است.

جدول ۲- اطلاعات دارایی‌های موردبررسی

نماد	نرخ بازده فازی (عامل اول عددZ)			میانگین اعتبار نقدشوندگی	ارزش در معرض ریسک (در سطح اطمینان ۹۵٪)	قابلیت اطمینان بازده (عامل دوم عددZ)		
اخابر	٪۷۸.۲۳	٪۴۱.۲۴	-٪۶۹.۵۸	٪۰.۴۰	٪۴۷.۷۶	۰.۸۰	۰.۷۰	۰.۵۰
افق	٪۶۲.۱۵	٪۵۰.۶۶	-٪۲۵.۰۸	٪۱.۱۱	٪۱۶.۶۰	۱.۰۰	۰.۹۰	۰.۸۰
بفجر	٪۱۰۹.۹۵	٪۹۵.۴۹	-٪۲۷.۹۸	٪۰.۴۴	٪۱۳.۹۸	۰.۹۰	۰.۸۰	۰.۷۰
پارس	٪۹۵.۸۲	٪۶۳.۱۹	-٪۲۵.۰۸	٪۰.۳۹	٪۱۳.۹۲	۰.۹۰	۰.۷۰	۰.۶۰
پارسان	٪۱۱۴.۹۵	٪۵۴.۵۵	-٪۲۰.۰۲	٪۰.۱۵	٪۱۰.۷۵	۰.۹۰	۰.۷۰	۰.۶۰
پاکشو	٪۳۵.۲۸	-٪۲.۲۶	-٪۱۰.۰۸	٪۰.۲۷	٪۷.۵۹	۰.۸۰	۰.۷۰	۰.۵۰
تاپیکو	٪۹۶.۴۳	٪۷۵.۵۴	-٪۳۷.۴۷	٪۰.۵۸	٪۲۱.۸۹	۰.۸۰	۰.۷۰	۰.۶۰
تاصیکو	٪۱۰۷.۸۴	٪۹۲.۱۲	-٪۳۰.۲۷	٪۰.۳۱	٪۱۵.۰۸	۰.۸۰	۰.۷۰	۰.۶۰
تیپیکو	٪۱۰۶.۵۵	٪۷۱.۷۴	-٪۳۰.۰۷	٪۰.۱۵	٪۱۵.۴۱	۰.۷۰	۰.۶۰	۰.۵۰
ثشاهد	٪۸۳.۲۶	٪۶۰.۱۳	-٪۱۳.۹۰	٪۱.۹۸	٪۵.۸۱	۰.۹۰	۰.۸۰	۰.۷۰
جم پیلن	٪۱۰۵.۱۰	٪۵۳.۶۳	-٪۰.۷۴	٪۰.۵۶	-٪۴.۲۰	۰.۹۰	۰.۸۰	۰.۷۰
جم	٪۹۳.۱۶	٪۴۵.۶۰	-٪۲۷.۰۴	٪۰.۱۴	٪۱۶.۹۴	۰.۹۰	۰.۷۰	۰.۶۰
حکشتی	٪۱۱۷.۳۴	٪۱۰۲.۹۹	-٪۳۶.۵۷	٪۰.۳۴	٪۱۹.۳۶	۰.۹۰	۰.۷۰	۰.۶۰
خبهمن	٪۸۳.۷۳	٪۲۱.۷۲	-٪۴۹.۵۱	٪۱.۴۶	٪۳۴.۶۱	۰.۸۰	۰.۷۰	۰.۵۰
خساپا	٪۹۶.۹۴	٪۴۴.۰۳	-٪۵۳.۶۳	٪۱.۴۰	٪۳۵.۸۲	۰.۸۰	۰.۷۰	۰.۵۰
خگستر	٪۹۳.۰۴	٪۷۷.۳۰	-٪۶۵.۷۲	٪۲.۸۵	٪۴۳.۰۲	۰.۸۰	۰.۷۰	۰.۶۰
خودرو	٪۹۹.۱۷	٪۴۶.۴۶	-٪۵۷.۳۱	٪۰.۸۲	٪۳۸.۳۲	۰.۸۰	۰.۷۰	۰.۵۰
دعبید	٪۱۰۰.۸۷	٪۸۱.۹۹	-٪۴۷.۲۹	٪۰.۱۷	٪۲۸.۰۵	۰.۸۰	۰.۷۰	۰.۵۰
رمپنا	٪۷۱.۱۴	٪۵۷.۵۹	-٪۴۶.۹۹	٪۰.۳۵	٪۳۲.۶۸	۰.۹۰	۰.۸۰	۰.۷۰
شبریز	٪۱۱۷.۷۹	٪۵۳.۶۳	-٪۶۰.۲۹	٪۰.۲۳	٪۴۰.۹۱	۰.۸۰	۰.۷۰	۰.۶۰
شبندر	٪۱۰۱.۸۶	٪۶۳.۴۵	-٪۲۴.۰۹	٪۰.۲۹	٪۱۳.۷۱	۰.۹۰	۰.۸۰	۰.۷۰
شپدیس	٪۱۴۵.۳۴	٪۲۴.۲۴	٪۰.۰۲	٪۰.۳۰	-٪۲.۰۴	۰.۸۰	۰.۷۰	۰.۶۰
شپنا	٪۱۱۹.۴۵	٪۹۳.۰۸	-٪۴۴.۰۷	٪۰.۲۹	٪۲۷.۱۵	۰.۹۰	۰.۸۰	۰.۷۰
شتران	٪۹۵.۲۹	٪۴۹.۲۰	-٪۵۲.۶۴	٪۰.۲۳	٪۳۷.۹۷	۰.۹۰	۰.۸۰	۰.۷۰
شیراز	٪۱۱۲.۵۳	٪۵۲.۳۳	-٪۱۶.۴۶	٪۰.۴۴	٪۸.۰۱	۰.۸۰	۰.۷۰	۰.۶۰
شیران	٪۷۸.۶۳	٪۶۱.۷۶	-٪۵۹.۷۲	٪۰.۲۲	٪۳۹.۸۰	۰.۸۰	۰.۷۰	۰.۶۰
فارس	٪۱۰۶.۵۷	٪۶۷.۲۳	-٪۱۱.۴۷	٪۰.۰۵	٪۳.۰۱	۰.۸۰	۰.۷۰	۰.۶۰
فخوز	٪۱۲۲.۹۴	٪۳۶.۴۲	-٪۲۶.۳۰	٪۰.۲۷	٪۱۷.۱۵	۰.۹۰	۰.۷۰	۰.۶۰

فملی	٪۱۵۱.۹۱	٪۶۹.۶۸	٪۸.۱۶-	٪۰.۰۶	٪۰.۳۲	۰.۹۰	۰.۷۰	۰.۶۰
فولاد	٪۱۱۲.۸۳	٪۶۵.۳۲	٪۷.۹۹-	٪۰.۱۰	٪۰.۵۷	۰.۹۰	۰.۷۰	۰.۶۰
فولاژ	٪۱۲۱.۸۸	٪۴۱.۸۳	٪۹.۴۲-	٪۰.۱۶	٪۳.۵۹	۰.۸۰	۰.۷۰	۰.۶۰
کاوه	٪۱۳۱.۶۶	٪۹۵.۱۴	٪۲۸.۴۶-	٪۰.۳۸	٪۱۳.۴۷	۰.۸۰	۰.۷۰	۰.۶۰
کچاد	٪۱۲۵.۱۵	٪۲۲.۰۲	٪۴.۶۷-	٪۰.۰۸	٪۱.۶۳	۰.۸۰	۰.۷۰	۰.۵۰
ککل	٪۱۱۸.۲۰	٪۴۹.۱۷	٪۲۱.۲۱-	٪۰.۰۸	٪۱۱.۵۷	۰.۸۰	۰.۷۰	۰.۵۰
مبین	٪۱۲۴.۹۲	٪۷۱.۲۳	٪۲۰.۰۶-	٪۰.۰۶	٪۸.۴۷	۰.۷۰	۰.۶۰	۰.۵۰
نوری	٪۱۵۱.۳۰	٪۵۲.۶۳	٪۷.۲۶-	٪۰.۹۲	٪۱.۰۶	۰.۸۰	۰.۷۰	۰.۶۰
همراه	٪۵۱.۹۱	٪۱۵.۸۴	٪۲۹.۰۹-	٪۰.۲۶	٪۲۰.۵۸	۰.۸۰	۰.۷۰	۰.۶۰
وامید	٪۶۶.۴۵	٪۱۳.۸۳	٪۱۸.۲۲-	٪۰.۳۸	٪۱۳.۱۵	۰.۹۰	۰.۸۰	۰.۶۰
وبصادر	٪۹۱.۰۴	٪۱۷.۰۱	٪۵۵.۹۰-	٪۰.۳۸	٪۴۳.۴۷	۰.۹۰	۰.۸۰	۰.۷۰
وبملت	٪۸۳.۳۳	٪۵۶.۴۷	٪۲۷.۸۴-	٪۰.۳۲	٪۱۷.۳۶	۰.۹۰	۰.۸۰	۰.۷۰
وپاسار	٪۷۳.۰۶	٪۱۰.۰۸	٪۲۱.۶۶-	٪۰.۱۰	٪۱۶.۵۳	۰.۹۰	۰.۸۰	۰.۷۰
وتجارت	٪۸۱.۷۹	٪۲۱.۲۸	٪۳۹.۷۰-	٪۰.۴۶	٪۳۰.۰۵	۰.۹۰	۰.۸۰	۰.۷۰
وصندوق	٪۹۹.۱۳	٪۷۴.۸۳	٪۲۶.۷۱-	٪۰.۲۲	٪۱۴.۵۰	۰.۹۰	۰.۸۰	۰.۶۰
وغدیر	٪۱۲۴.۹۸	٪۸۱.۱۸	٪۱۷.۲۶-	٪۰.۱۷	٪۶.۴۹	۰.۹۰	۰.۸۰	۰.۶۰
ومعادن	٪۱۱۰.۰۲	٪۲۳.۹۱	٪۴۴.۱۶-	٪۰.۲۴	٪۳۰.۵۰	۰.۸۰	۰.۷۰	۰.۵۰

حال می‌بایست به طبقه‌بندی دارایی‌ها به دو طبقه پر ریسک و کم ریسک بر اساس ارزش در معرض ریسک پرداخت. بدین منظور از روش K-میانگین استفاده‌شده است. نتایج حاصل از پیاده‌سازی این روش در ۱۰ تکرار توسط نرم‌افزار SPSS حاکی از آن است که ۱۴ دارایی در طبقه دارایی‌های پر ریسک و ۳۱ دارایی در طبقه دارایی‌های کم‌ریسک جای می‌گیرند. به‌منظور بررسی معنادار بودن طبقه‌بندی دارایی‌ها می‌توان از آزمون ANOVA استفاده نمود. نتایج این آزمون در جدول زیر نشان داده‌شده است:

جدول۳- نتایج حاصل از آزمون *ANOVA* در طبقه‌بندی دارایی‌ها

	Cluster		Error			
	Mean Square	df	Mean Square	df	F	Sig.
Risk	.654	1	.005	43	137.803	<.001

نتایج مربوط به جدول فوق حاکی از آن است که فرض صفر مبنی بر برابری میانگین دو طبقه دارایی‌ها در سطح اطمینان بالای ۹۹ درصد رد شده و بین میانگین دو گروه تفاوت معناداری وجود دارد؛ بنابراین می‌توان ادعا نمود که طبقه‌بندی دارایی‌ها پس از ۱۰ تکرار از لحاظ آماری معنی‌دار می‌باشد. حال برای پیاده‌سازی مدل می‌بایست اطلاعات جمعیت شناختی سرمایه‌گذار حقیقی جهت به

دست آوردن شاخص‌های تحمل ریسک و ریسک‌پذیری استخراج گردد. بر این اساس فرض شده است که یک سرمایه‌گذار با اطلاعات زیر تمایل به تشکیل سبد سرمایه‌گذاری دارد:

- سرمایه‌گذار حقیقی مرد با سن بیش از ۳۵ سال، دارای شغل کارمند و درآمد سالانه ۴۰۰ میلیون تومان که آموزش تخصصی در خصوص بازارهای مالی ندیده است می‌باشد. بر این اساس اطلاعات مربوط به ملاحظات تناسب برای این سرمایه‌گذار در زیر نشان داده‌شده است:

جدول۴- اطلاعات مربوط به‌تناسب سرمایه‌گذار و وزن‌های شاخص‌ها

شاخص اصلی	وزن شاخص	زیر شاخص	وزن زیر شاخص	میزان ریسک	وزن نهایی
شاخص تحمل ریسک	۰.۵۵	سن	۰.۲۹	کم ریسک	۰.۱۶
		جنسیت	۰.۱۲	پرریسک	۰.۰۷
		وضعیت شغلی	۰.۱۹	کم ریسک	۰.۱۰
		درآمد سالانه	۰.۲۳	پرریسک	۰.۱۳
		آموزش حرفه‌ای	۰.۱۶	کم ریسک	۰.۰۹
شاخص ریسک‌پذیری	۰.۴۵	سن	۰.۳۱	کم ریسک	۰.۱۴
		جنسیت	۰.۲۰	پرریسک	۰.۰۹
		وضعیت شغلی	۰.۱۴	کم ریسک	۰.۰۶
		درآمد سالانه	۰.۱۹	پرریسک	۰.۰۹
		آموزش حرفه‌ای	۰.۱۶	کم ریسک	۰.۰۷

بر اساس جدول۴ مجموع وزن زیرشاخص‌ها برای‌سرمایه‌گذار فوق برابر ۶۲٪ وزن پرتفوی کم‌ریسک و ۳۸٪ وزن پرتفوی پرریسک می‌باشد. مفروضات مربوط به مدل نیز در جدول۵ نشان داده‌شده است:

جدول۵- مفروضات مربوط به پیاده‌سازی مدل برای سرمایه‌گذاری حقیقی

تعداد دارایی‌ها در هر طبقه از ریسک	$n_1 = 31$ $n_2 - n_1 = 14$
حداقل نسبت سرمایه‌گذاری روی هر دارایی	$l_i = 5\%$
حداکثر نسبت سرمایه‌گذاری روی هر دارایی	$u_i = 30\%$
تعداد دارایی‌های داخل پرتفوی	$h = 8$
حداقل بازده مورد انتظار (برابر میانه بازدهی دارایی‌ها)	$R = 38\%$
حداقل نقدشوندگی مورد انتظار (برابر میانگین نقدشوندگی دارایی‌ها)	$L = 0.46\%$
وزن دارایی‌ها با سطوح ریسک مختلف	$w_1 = 62\%$ $w_2 = 38\%$

پس از پیاده‌سازی مدل برای سرمایه‌گذار مذکور و همچنین سرمایه‌گذار کاملاً تهاجمی و کاملاً محافظه‌کار، نتایج به ترتیب در جداول۶، ۷ و ۸ خلاصه‌شده است:

جدول۶- نتایج حاصل از پیاده‌سازی مدل برای سرمایه‌گذار فرضی

نماد	دعبید	شپنا	وتجارت	ثشاهد	جم‌پیلن	شپدیس	فملی	نوری
درصد سرمایه‌گذاری	٪۵	٪۲۸	٪۵	٪۵	٪۳۰	٪۱۷	٪۵	٪۵
نوع دارایی	پرریسک			کم ریسک				
تابع ریسک	۹.۲۶							

جدول۷- نتایج حاصل از پیاده‌سازی مدل برای سرمایه‌گذار کاملاً تهاجمی (ریسک‌پذیر)

نماد	دعبید	شپنا	وتجارت	خبهمن	خساپا	خودرو	رمپنا	ومعادن
درصد سرمایه‌گذاری	٪۳۰	٪۳۰	٪۱۱.۰۵	٪۸.۹۵	٪۵	٪۵	٪۵	٪۵
نوع دارایی	پرریسک							
تابع ریسک	۲۹.۸۴							

جدول۸- نتایج حاصل از پیاده‌سازی مدل برای سرمایه‌گذار کاملاً محافظه‌کار (ریسک‌گریز)

نماد	ثشاهد	جم‌پیلن	شپدیس	فملی	نوری	فارس	فولاد	کچاد
درصد سرمایه‌گذاری	٪۵	٪۳۰	٪۳۰	٪۱۰.۷۶	٪۹.۲۴	٪۵	٪۵	٪۵
نوع دارایی	کم‌ریسک							
تابع ریسک	-۱.۱۹							

مدل پیشنهادی بر اساس ملاحظات تناسب سرمایه‌گذاران مختلف، نسبت سرمایه‌گذاری برای هر طبقه از ریسک را رعایت نموده است به‌طوری‌که ضمن کمینه نمودن ارزش در معرض ریسک سرمایه‌گذار، سایر محدودیت‌ها را برآورده نماید. همان‌گونه که مشاهده می‌شود تابع ریسک برای سرمایه‌گذار کاملاً محافظه‌کار کمتر از سرمایه‌گذار فرضی و همچنین سرمایه‌گذار کاملاً پرریسک می‌باشد. لازم به ذکر است پرتفوی سرمایه‌گذار کاملاً محافظه‌کار در واقع با حالتی که محدودیت‌های تناسب به‌طورکلی از مدل حذف گردند، تفاوتی ندارد. همچنین برای ارزیابی بهتر نتایج از داده‌های مربوط به سال ۱۴۰۲ به‌منظور تست مدل استفاده گردیده است:

جدول۹- نتایج حاصل از تست مدل پیشنهادی

عنوان	شاخص کل	شاخص ۵۰ شرکت فعال‌تر	پرتفوی سرمایه‌گذار فرضی	پرتفوی کاملاً تهاجمی	پرتفوی کاملاً محافظه‌کار
بازدهی سال ۱۴۰۲	٪۱۱.۹۷	٪۱۱.۱۵	٪۲۶.۸۴	٪۳۰.۸۳	٪۲۰.۱۱

برای تحلیل بهتر نتایج می‌بایست بازدهی را نسبت به ریسک پرتفوی در نظر گرفت. بدین منظور می‌توان از نسبت شارپ که از نسبت‌های ارزیابی پرتفوی می‌باشد، بهره گرفت. نتایج در جدول زیر خلاصه‌شده است.

جدول۱۰- مقایسه انحراف معیار و نسبت شارپ برای پرتفوی‌های پیشنهادی

عنوان	شاخص کل	شاخص ۵۰ شرکت فعال‌تر	پرتفوی سرمایه‌گذار فرضی	پرتفوی کاملاً تهاجمی	پرتفوی کاملاً محافظه‌کار
انحراف معیار بازده ۱۴۰۲	٪۷.۹۵	٪۸.۱۸	٪۱۱.۲۴	٪۱۳.۰۴	٪۹.۶۶
نسبت شارپ	-۱.۰۱	-۱.۰۸	۰.۶۱	۰.۸۳	۰.۰۱

همان‌طور که در جدول فوق نشان داده‌شده است به دلیل شرایط نابسمان بازار سرمایه در سال ۱۴۰۲ نسبت شارپ برای شاخص کل و شاخص ۵۰ شرکت فعال‌تر منفی شده است (بازده شاخص‌ها کمتر از نرخ بازده بدون ریسک بوده است)؛ اما این نسبت برای پرتفوی سرمایه‌گذار فرضی و سرمایه‌گذار کاملاً تهاجمی عدد قابل قبولی می‌باشد. علاوه بر این، این نسبت برای پرتفوی سرمایه‌گذار کاملاً محافظه‌کار نزدیک به صفر می‌باشد چراکه بازده پرتفوی کاملاً محافظه‌کار نزدیک به نرخ بازده بدون ریسک می‌باشد. همچنین با مقایسه انحراف معیار بازده سال ۱۴۰۲ می‌توان نتیجه گرفت که به‌کارگیری محدودیت تناسب با شاخص‌های تحمل ریسک و تمایل به ریسک برای سرمایه‌گذار حقیقی می‌تواند ریسک پرتفوی را برای سرمایه‌گذار حقیقی با توجه با شاخص‌ها مذکور شخصی‌سازی نماید چراکه انحراف معیار بازده سال ۱۴۰۲ برای پرتفوی کاملاً تهاجمی بیشتر از پرتفوی سرمایه‌گذار فرضی (که بخشی از پرتفوی آن به دارایی‌های پرریسک و بخشی به دارایی‌های کم‌ریسک اختصاص داده‌شده است) و سرمایه‌گذار کاملاً محافظه‌کار می‌باشد.

نتیجه‌گیری و پیشنهادهای آتی

در پژوهش حاضر موضوع بهینگی و تناسب با شاخص‌های تحمل ریسک و ریسک‌پذیری سرمایه‌گذار حقیقی در مسئله انتخاب سبد سرمایه‌گذاری به‌صورت هم‌زمان موردبررسی قرار گرفت. بر این اساس، ابتدا بازده انتظاری دارایی‌ها بر اساس اعدادZ در نظر گرفته‌شده و به برآورد ارزش در معرض ریسک به‌عنوان سنجه ریسک مدل با استفاده از نظریه اعتبار فازی پرداخته شد. سپس محدودیت‌هایی همچون محدودیت نقدشوندگی دارایی‌ها، محدودیت کاردینالیتی و حداقل و حداکثر نسبت سرمایه‌گذاری بر روی هر دارایی به مدل اضافه گردید. در مرحله بعد به موضوع اضافه نمودن محدودیت تناسب با شاخص تحمل ریسک و تمایل به ریسک که مهم‌ترین نوآوری این پژوهش می‌باشد

پرداخته شد. بدین منظور شاخص‌های جمعیت شناختی همچون سن، جنسیت، درآمد و... که در تحمل ریسک و تمایل به ریسک برای سرمایه‌گذار حقیقی تأثیرگذار هستند و وزن هر یک از آن‌ها از پژوهش‌های پیشین استخراج گردیده و وزن دارایی‌های کم ریسک و پر ریسک بر اساس شرایط هر سرمایه‌گذار حقیقی به‌عنوان محدودیت به مدل اضافه گردید. موضوع دیگری که به‌عنوان ورودی می‌بایست به مدل اضافه گردد تعداد و نوع دارایی‌های کم ریسک و پر ریسک بوده که مدل توسعه داده‌شده بتواند از بین آن‌ها بخش کم ریسک و پرریسک پرتفوی را تشکیل دهد. بدین منظور از طریق روش خوشه‌بندی K-میانگین به خوشه‌بندی دارایی‌ها پرداخته‌شده و دارایی‌های کم ریسک و پرریسک مشخص می‌گردند. درنهایت پس از توسعه مدل، این مدل با استفاده از داده‌های واقعی از بورس اوراق بهادار تهران پیاده‌سازی گردید. مدل مذکور برای یک سرمایه‌گذار فرضی، یک سرمایه‌گذار کاملاً تهاجمی و یک سرمایه‌گذار کاملاً محافظه‌کار پیاده‌سازی گردید. نتایج حاصل از پیاده‌سازی مدل و مقایسه با شاخص‌های ۵۰ شرکت فعال‌تر بازار حاکی از آن است که اگرچه اضافه نمودن محدودیت تناسب به مدل موجب کاهش بهینگی مدل و افزایش تابع ریسک آن می‌شود، اما می‌تواند سطح ریسک پرتفوی سرمایه‌گذار حقیقی را با توجه به ویژگی‌های جمعیت شناختی او کاملاً شخصی‌سازی نماید.

موضوع در نظر گرفتن ملاحظات تناسب در مسئله انتخاب سبد سرمایه‌گذاری و به‌تبع آن مدل توسعه داده‌شده در پژوهش حاضر تابه‌حال در هیچ پژوهش دیگری برای کشور ایران مورداستفاده قرار نگرفته است. ازاین‌رو نمی‌توان آن را با پژوهش‌های داخلی مقایسه نمود. بااین‌وجود می‌توان آن را با سایر پژوهش‌های خارجی مقایسه نمود که مهم‌ترین پژوهش‌ها از این منظر، پژوهش‌های صورت گرفته توسط گوپتا و همکاران (۲۰۱۴)، جالوتا و همکاران (۲۰۲۳) و لاکشمی و کومارا (۲۰۲۴) می‌باشد. از تفاوت‌های پژوهش حاضر با پژوهش‌های مذکور می‌توان به ارائه رویکردی به‌منظور خوشه‌بندی دارایی‌ها با استفاده از روش k-میانگین در مدل توسعه داده‌شده، اشاره نمود. تفاوت دیگر مدل‌های توسعه داده‌شده در پژوهش حاضر، استفاده از سنجه ریسک ارزش در معرض ریسک و ارائه رویکردی برای محاسبه آن برای اعداد فازی می‌باشد. درحالی‌که پژوهش‌های دیگر از سنجه‌های ریسک سنتی‌تر همچون واریانس و نیم‌قدرمطلق انحراف از میانگین استفاده نموده‌اند. تفاوت دیگر مدل‌های توسعه داده‌شده در پژوهش حاضر نسبت به مدل‌های دیگر این است که این پژوهش از شاخص‌های جمعیت شناختی سرمایه‌گذاران در کشور ایران استفاده نموده است. درحالی‌که سایر پژوهش‌ها، این شاخص‌ها را برای کشور موردمطالعه خود استخراج نموده‌اند. همچنین استفاده از نظریه اعدادZ برای در نظر

گرفتن عدم قطعیت زیاد در داده‌های ورودی در سایر پژوهش‌ها مغفول باقی‌مانده است. علاوه بر این، موضوعات که در ادامه تشریح می‌گردد می‌تواند در پژوهش‌های آتی استفاده گردد.

- در پژوهش حاضر از روش K-میانگین به‌منظور خوشه‌بندی دارایی‌ها بهره گرفته شد. استفاده از سایر روش‌های یادگیری ماشین و مقایسه نتایج آن‌ها می‌تواند موضوع سایر پژوهش‌ها باشد.
- پژوهش حاضر بر اساس یک مدل بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری تک دوره‌ای با در نظر گرفتن ارزش در معرض ریسک به‌عنوان سنجه ریسک شکل‌گرفته است. ازاین‌رو می‌توان ازیک‌طرف از سایر سنجه‌های ریسک ازجمله ارزش در معرض ریسک مشروط و یا نیم قدر مطلق انحراف معیار استفاده نموده و از طرف دیگر مدل به‌صورت چند دوره‌ای لحاظ گردد.

منابع

۱) ابراهیمی سروعلیا، محمدحسن، صابونچی، امین. (۱۳۹۸). نقش عوامل جمعیت شناختی در تبیین تحمل ریسک‌سرمایه‌گذاران حقیقی و رفتارریسک‌پذیری آنان. دانش‌سرمایه‌گذاری،۸ (۳۲)، ۲۱۷-۲۳۴.

۲) ابراهیمی، سیدبابک، جیرفتی، امیرسینا. (۱۳۹۵). بررسی استفاده از نظریه اعتبار فازی در سنجش ارزش در معرض ریسک .فصلنامه علمی پژوهشی اقتصاد مقداری، ۱۳ (۳)،۱-۲۴.

۳) جیرفتی، امیرسینا، نجفی، امیرعباس (۱۳۹۶). بهینه‌سازی سبدسرمایه‌گذاری‌به‌وسیله‌ارزش‌در معرض ریسک تحت نظریه اعتبار با رویکرد اعداد*Z*. مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار، ۳۰(۸)،۹۵-۱۱۳.

4) Alam, N. M. F. H. N. B., Ku Khalif, K. M. N., Jaini, N. I., & Gegov, A. (2023). The application of Z-numbers in fuzzy decision making: the state of the art. Information, 14(7), 400.

5) Behera, J., Pasayat, A. K., Behera, H., & Kumar, P. (2023). Prediction based mean-value-at-risk portfolio optimization using machine learning regression algorithms for multi-national stock markets. Engineering Applications of Artificial Intelligence, 120, 105843.

6) Carlsson, C., Fullér, R., & Majlender, P. (2002). A possibilistic approach to selecting portfolios with highest utility score. Fuzzy sets and systems, 131(1), 13-21.

7) Chen, L. H., & Huang, L. (2009). Portfolio optimization of equity mutual funds with fuzzy return rates and risks. Expert Systems with Applications, 36(2), 3720-3727.

8) Demirdöğen, Y. (2024). Market risk analysis with value at risk models using machine learning in bist-30 banking index. Journal of Social Sciences, 14(1), 63-89.

9) Deng, X., Chen, J., Wang, X., & Geng, F. (2022). Non-dominated sorting genetic algorithm-II for possibilistic mean-semiabsolute deviation-Yager entropy portfolio model with complex real-world constraints. Mathematics and Computers in Simulation, 202, 59-78.

10) Fama, E., (1965). The behavior of stocks market prices. J. Bus, 38, 34–105.

11) Ghulam, Y. A., & Joo, B. A. (2023). Quantifying downside risk in euro area stock markets: a value at risk study. Review of Economics and Development Studies, 9(2), 99-109.

12) Gupta, Pankaj, et al. (2014). Suitability Considerations in Multi-criteria Fuzzy Portfolio Optimization-I. Fuzzy Portfolio Optimization: Advances in Hybrid Multi-criteria Methodologies: 187-222.

13) Gupta, L.C., Jain, N., Choudhury, U.K., Gupta, S., Sharma, R., Kaushik, P., Chopra, M., Tyagi, M.K., Jain, S.)2005): Indian Household Investors Survey. Society for Capital Market Research & Development, New Delhi.

14) Gupta, P., Inuiguchi, M., Mehlawat, M. K., & Mittal, G. (2013). Multiobjective credibilistic portfolio selection model with fuzzy chance-constraints. Information Sciences, 229, 1-17.

15) Hosking, J.R.M., Bonti, G., Siegel, D. (2000), Beyond the lognormal Risk. 13 (5), 59–62.

16) Jalota, H., Mandal, P. K., Thakur, M., & Mittal, G. (2023). A novel approach to incorporate investor's preference in fuzzy multi-objective portfolio selection problem using credibility measure. Expert Systems with Applications, 212, 118583.

17) Jirofti, A., & Najafi, A. A. (2018). Portfolio selection using Z-number theory: two solution methodologies. International Journal of Fuzzy Systems, 20(8), 2484-2496.

18) Kamil, A. A., & Ibrahim, K. (2007). Mean-absolute deviation portfolio optimization problem. Journal of Information and Optimization Sciences, 28(6), 935-944.

19) Konno, H., & Yamazaki, H. (1991). Mean-absolute deviation portfolio optimization model and its applications to Tokyo stock market. Management science, 37(5), 519-531.

20) Lakshmi, K. V., & Kumara, K. U. (2024). A novel randomized weighted fuzzy AHP by using modified normalization with the TOPSIS for optimal stock portfolio selection model integrated with an effective sensitive analysis. Expert Systems with Applications, 243, 122770.

21) Lindquist, W. B., Rachev, S. T., Hu, Y., & Shirvani, A. (2022). Advanced REIT Portfolio Optimization: Innovative Tools for Risk Management (Vol. 30). Springer Nature.

22) Liu, B., & Liu, Y. K. (2002). Expected value of fuzzy variable and fuzzy expected value models. IEEE transactions on Fuzzy Systems, 10(4), 445-450.

23) Mandelbrot, B. (1972). Certain speculative prices. The Journal of Business, 45(4), 542-543.

24) Markowitz, H. (1952). Portfolio selection. The journal of finance, 7(1), 77-91.

25) Markowitz, H. M. (1991). Foundations of portfolio theory. The journal of finance, 46(2), 469-477.

26) Meng, X., & Ren, F. (2024, July). A study of plausible mean-semi-absolute bias-skewness portfolio selection model considering dividends and taxes. In 2024 43rd Chinese Control Conference (CCC) (pp. 2647-2654). IEEE.

27) Meng, X., & Shan, Y. (2021, July). A fuzzy mean semi-absolute deviation-semi-variance-proportional entropy portfolio selection model with transaction costs. In 2021 40th Chinese Control Conference (CCC) (pp. 8673-8678). IEEE.

28) Moghadam, M. A., Ebrahimi, S. B., & Rahmani, D. (2020). A constrained multi-period robust portfolio model with behavioral factors and an interval semi-absolute deviation. Journal of Computational and Applied Mathematics, 374, 112742.

29) Muhamediyeva, D., & Tagbayev, B. (2022). METHOD OF CONVERTING Z-NUMBER TO CLASSIC FUZZY NUMBER. Scientific Collection «InterConf+», (21 (109)), 348-352.

30) Muganda, B. W., & Kasamani, B. S. (2023, June). Parallel programming for portfolio optimization: A robo-advisor prototype using genetic algorithms with recurrent neural networks. In 2023 International Conference on Intelligent Computing, Communication, Networking and Services (ICCNS) (pp. 167-176). IEEE.

31) Peykani, P., Nouri, M., Eshghi, F., Khamechian, M., & Farrokhi-Asl, H. (2021). A novel mathematical approach for fuzzy multi-period multi-objective portfolio optimization problem under uncertain environment and practical constraints. Journal of fuzzy extension and applications, 2(3), 191-203.

32) Puelz, D., Carvalho, C. M., & Hahn, P. R. (2015). Optimal ETF selection for passive investing. arXiv preprint arXiv:1510.03385.

33) Rasoulzadeh, M., Edalatpanah, S. A., Fallah, M., & Najafi, S. E. (2022). A multi-objective approach based on Markowitz and DEA cross-efficiency models for the intuitionistic fuzzy portfolio selection problem. Decision Making: Applications in Management and Engineering, 5(2), 241-259.

34) Shaik, M., & Padmakumari, L. (2022). Value-at-risk (VAR) estimation and backtesting during COVID-19: Empirical analysis based on BRICS and US stock markets. Investment Management and Financial Innovations, 19(1), 51-63.

35) Silahli, B., Dingec, K. D., Cifter, A., & Aydin, N. (2021). Portfolio value-at-risk with two-sided Weibull distribution: Evidence from cryptocurrency markets. Finance Research Letters, 38, 101425.

36) Wang, X., Wang, B., Li, T., Li, H., & Watada, J. (2023). Multi-criteria fuzzy portfolio selection based on three-way decisions and cumulative prospect theory. Applied Soft Computing, 134, 110033.

37) Yue, W., Wang, Y., & Xuan, H. (2019). Fuzzy multi-objective portfolio model based on semi-variance–semi-absolute deviation risk measures. Soft Computing, 23, 8159-8179.

38) Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. Information and control, 8(3), 338-353.

39) Zhang, Y., Liu, W., & Yang, X. (2022). An automatic trading system for fuzzy portfolio optimization problem with sell orders. Expert Systems with Applications, 187, 115822.

یادداشت‌ها:

1 Value at Risk (VaR)
2 JP Morgan Investment Bank
3 Ability to take risk
4 Willingness to take risk
5 Robo-advice
6 Z-number theory
7 Possibility theory
8 Credibility theory
9 Suitability
10 Typology
11 Analytical Hierarchy Process (AHP)
12 Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS)
13 Expected value of fuzzy variable

Investment Portfolio Optimization with Fuzzy Parameters Considering Value at Risk and Suitability with Risk Tolerance and Risk-taking Indices for Retail Investors

Ali Namaki[1]
Saeid Shirkound[2]
Amirsina Jirofti[3]

Receipt: 19/08/2024 **Acceptance: 03/04/2025**

Abstract

The present study addresses the issue of portfolio optimization problem, aiming to develop a model that simultaneously considers optimality and suitability with the risk tolerance and risk-taking indices for retail investors in an uncertain environment. The model is designed to incorporate, in addition to risk and return, all constraints deemed important by the investor. To account for uncertainty in input data, the study employs the theory of Z-numbers, a novel concept in fuzzy logic. Each Z-number consists of a pair of fuzzy numbers, where the first component represents a constraint on the expected return of assets, and the second component indicates the reliability of the first component. Moreover, the Value at Risk (VaR) measure, a powerful risk assessment metric, is utilized to quantify portfolio risk, and a formula for calculating this metric is developed through the fuzzy credibility theory. However, to integrate considerations of alignment with risk tolerance and risk-taking indices, an innovative approach is adopted. This approach incorporates demographic indicators of retail investors on one hand and asset clustering using the K-means method on the other. For the implementation and testing of the model, data from the 50 most active companies listed on the Tehran Stock Exchange between the beginning of 1399 and the end of 1402 were used. The results of the model's implementation indicate that incorporating the suitability consideration can fully personalize the investor's portfolio risk level based on their demographic characteristics. Furthermore, exploring alternative asset clustering methods and extending the model to a multi-period framework could be promising directions for future research.

Keywords

Investment Portfolio Optimization, Value at Risk, Suitability Consideration in Investment, Fuzzy Logic in Investment Management

1-Department of Financial Management, Faculty of Management, University of Tehran, Tehran, Iran. (Corresponding Author) alinamaki@ut.ac.ir
2-Department of Financial Management, Faculty of Management, University of Tehran, Tehran, Iran. shirkavnd@ut.ac.ir
3-Department of Financial Engineering, Kish International Campus, University of Tehran, Tehran, Iran. amirsina.jirofti@ut.ac.ir