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

رویکرد محدودیت شانس با امکان تصحیح نسبی در مساله انتخاب سبد سهام در بازار سرمایه ایران

میثم دعائی[۱]
مهسا صابرفرد[۲]

تاریخ دریافت مقاله : ۹۹/۰۵/۰۳ تاریخ پذیرش مقاله : ۹۹/۰۷/۰۷

چکیده

در این پژوهش مساله مدیریت سرمایه‌گذاری در شرکت‌های پذیرفته شده در بازار سرمایه ایران به عنوان یک مساله بهینه‌سازی سبد سهام مورد بررسی قرار گرفته است. این مدل شامل دو تابع هدف شامل کمینه‌سازی ریسک و بیشینه‌سازی بازده است محدودیت‌های مدل شامل محدودیت انتخاب شرکت‌ها به صورت منحصربفرد و همچنین محدودیت بودجه است. جهت برخورد با شرایط عدم قطعیت موجود در پارامترهای مدل، از رویکرد محدودیت شانسی استفاده می‌شود و توابع هدف نیز با استفاده از روش برنامه‌ریزی آرمانی به عنوان یک مساله واحد درنظرگرفته می‌شود. این مساله روی ۴۹۱ شرکت پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران و فرابورس ایران از تاریخ ۵ فروردین ۱۳۹۷ تا ۳۰ مهر ۱۳۹۸ در نظر گرفته شد. جهت حل مساله در حالت دوهدفه از روش محدودیت اپسیلون تقویت شده استفاده شده است. مطابق با نتایج عددی می‌توان مشاهده نمود که حل مساله در حالت دوهدفه قادر به تولید پاسخ‌های پارتویی بوده که در یک ساختار مناسب یکدیگر را مغلوب نمی‌کنند. همچنین در حالت عدم قطعیت استفاده از برنامه‌ریزی آرمانی باعث حصول پاسخ‌های عددی با سطح عملکرد مناسب است و خروجی‌هایی منطبق با واقعیت می‌شود. در حقیقت خروجی‌های مساله در هر دوحالت چندهدفه و تک هدفه قابلیت پیاده‌سازی در شرایط دنیای واقعی را دارد. در حل عددی مساله در حالت عدم قطعیت مشاهده می‌شود که با توجه به محدود بودن حد بالای درصد سهام به مقدار ۰/۰۰۵، برای اکثر شرکت‌ها نیز همین مقدار است. اما برای شرکت‌های چرمش، درهآور و غمهرا به ترتیب مقادیر ۰/۰۳۴، ۰/۰۰۱ و ۰/۰۱۴ می‌باشد. در یک جمع‌بندی می‌توان گفت که استفاده از نتایج محاسباتی این پژوهش می‌تواند به عنوان یک ابزار عملیاتی مورد استفاده قرار گیرد.

کلمات کلیدی

برنامه‌ریزی ریاضی دو هدفه، برنامه‌ریزی آرمانی، ریسک، بازده

طبقه بندی JEL: G32،C61

۱-گروه مدیریت مالی، واحد اسفراین، دانشگاه آزاد اسلامی، اسفراین، ایران (نویسنده مسئول) doaei@iauesf.ac.ir
۲-گروه مهندسی صنایع، موسسه آموزش عالی اسرار، مشهد، ایران. saberfard.m@yahoo.com

مقدمه

اصل ثابتی در فرهنگ سرمایه‌گذاری وجود دارد مبنی بر اینکه سرمایه از ریسک گریزان است و به سوی بازده تمایل دارد. به همین خاطراست که سرمایه‌گذاران ریسک گریز از ورود سرمایه خود به جایی که ریسک وجود دارد یا افق نامشخصی در برابر سود و اصل سرمایه‌شان هست، امتناع می‌کنند [۱]. ریسک، از دست دادن اصل و یا فرع سرمایه است، بعضی سرمایه‌گذاری‌ها پرریسک و برخی کم‌ریسک هستند [۲]. سرمایه‌گذار با توجه به میزان ریسک سرمایه‌گذاری، انتظار بازده متناسب را دارا است. معمولاً سرمایه‌گذاران به‌وسیله تجزیه‌وتحلیل‌های مالی خود به دنبال بازده متناسب با توجه ریسک مربوط می‌باشند. در یک بازار متعارف که در آن عوامل بازار واجد اطلاعات می‌باشند، برای کسب بازده بالا باید ریسک بالاتری را متقبل شود [۳]. اما در ادبیات مالی همیشه به سرمایه‌گذاران توصیه می‌شود برای کسب بازده با حداقل ریسک، سبدی از سهام را در اختیار داشته باشند.

در یک تعریف کلی مساله انتخاب سبد سهام به معنای به حداقل رساندن ریسک موجود در سرمایه‌گذاری با توجه به سطح معینی از بازده می‌باشد [۴]. این مساله را می‌توان به عنوان یک مساله بهینه‌سازی در حیطه علم تحقیق در عملیات درنظرگرفت؛ چراکه همواره تمایل به یافتن بهترین پاسخ از میان مجموعه‌ای از پاسخ‌های موجه با درنظرگرفتن مجموعه‌ای از محدودیت‌ها است [۵]. مساله بهینه‌سازی سبد سهام شامل انتخاب و پایش ترکیبی از سرمایه‌گذاری‌ها و تخصیص وجوه به صورت مناسب است [۶]. این مفهوم به تدریج با تغییراتی در سایر زمینه های اقتصادی و صنعتی مورد استفاده قرار گرفته است [۷]. سرمایه‌گذاران در ایجاد سبد سهام به دنبال بیشینه کردن بازده سبد خود هستند و سهم‌هایی را بر می‌گزینند که بیشترین بازدهی را داشته باشند؛ اما به دست آوردن بازده بیشتر، ریسک بالاتری را به همراه خواهد داشت و سرمایه‌گذاران برای کسب بازده بیشتر ناگزیر از تحمل ریسک بیشتری هستند [۸]. با توجه به گستردگی دامنه سرمایه‌گذاری در بخش‌های مختلف صنعت، مساله مدیریت سبد سهام به تدریج وارد مبحث مدیریت پروژه شده و مورد توجه بسیاری از محققان قرار گرفت؛ بطوریکه امروزه استانداردهایی جهانی در بخش مدیریت سبد سهام پروژه‌ها، مدیریت طرح و مدیریت پروژه‌های سازمانی جهت عنوان مدیریت یکپارچه سبد، طرح‌ها و پروژه‌ها وجود دارد [۹]. در گذشته به دلیل محدود بودن گزینه‌های موجود برای انتخاب، مسئله‌ی انتخاب بهترین سهام برای سرمایه‌گذاری و تشکیل سبد سهام به پیچیدگی امروز نبود. امروزه تشکیل سبد سهام بهینه احتیاج به تخصص و تجربه زیادی دارد و ملزم به بررسی و پژوهش دقیقی می‌باشد [۱۰]. با توجه به اینکه مدیریت و انتخاب صحیح سبد پروژه‌ها یکی از مهمترین گام‌ها در راستای دستیابی به اهداف راهبردی سازمان‌ها است، برخی از محققین مساله

انتخاب سبد پروژه‌ها را به عنوان یک مساله مجزا در علم تصمیم‌گیری و بهینه‌سازی مورد بررسی قرار دادند که در تمام این پژوهش‌ها به دلیل وجود نرخ رشد بالا، تنوع و پیچیدگی محیط سرمایه‌گذاری طیف گسترده‌ای از انتخاب‌ها پیش‌روی سرمایه‌گذاران قرار دارد و ضرورت استفاده از مدل‌های ریاضی، نرم‌افزارها و روش‌های نوین برای بهینه‌سازی سبد سهام مشهود می‌باشد [۸]. این مساله به عنوان یک مشکل مدیریتی در بخش تصمیمات تاکتیکی نیز مورد توجه سرمایه‌گذاران بازار سرمایه قرار گرفته است که همواره به دنبال یافتن ترکیب بهینه سرمایه‌گذاری در شرکت‌های مختلف با توجه به معیارهای مختلفی از جمله ریسک و بازده هستند. این تصمیمات زمانی پیچیده‌تر می‌شود که تعیین مقدار دقیق برخی از پارامترهای موثر در اتخاذ تصمیمات نهایی ممکن نبوده و همواره سطح نامشخصی از عدم قطعیت وجود دارد. در حقیقت سرمایه‌گذاران تمایل دارند پاسخ به این سوال را بیابند که چگونه می‌توان مدلی بهینه به منظور انتخاب سبد بهینه سهام جهت سرمایه‌گذاری در بازار سرمایه ارائه داد تا نتایج حاصله باعث شود کمترین میزان ریسک و همزمان بالاترین میزان بازده لحاظ شود. بنابراین سوال اصلی پژوهش این است که آیا می‌توان رویکردی مبتنی بر محدودیت شانس با امکان تصحیح نسبی در مساله انتخاب سبد سهام بهینه در بازار سرمایه ایران ارائه داد؟

در این پژوهش مساله انتخاب بهینه سبد سهام به عنوان یک مساله بهینه‌سازی چندهدفه مورد بررسی قرار می‌گیرد. در این مدل که دارای ساختاری مبتنی بر برنامه‌ریزی تصادفی است، هزینه ناشی از زیان در بازده سبد سهام به عنوان هزینه تصحیح نسبی درنظرگرفته خواهد شد. همچنین به دلیل وجود ریسک‌های سرمایه‌گذاری که انتخاب نهایی سبد سهام را به چالش‌هایی مواجه خواهند کرد [۱۱]، تابع هدف دوم مساله شامل یک تابع واریانس درجه دوم است که به محاسبه ریسک‌های موجود در سرمایه‌گذاری می‌پردازد. قابل به ذکر است که اساس این تابع مطابق با پژوهش انجام شده توسط پون[۱] [۱۲] خواهد بود. همچنین مدل پژوهش براساس مدل ارائه شده توسط کلنر و یوتز[۲] [۴] فرموله شده است. علاوه بر این به منظور بررسی دقیق‌تر نتایج عددی، مدل پیشنهادی در دو حالت قطعی و عدم قطعیت حل شده است. در حالت قطعی با استفاده از روش محدودیت اپسیلون مجموعه پاسخ‌های نامغلوب تحت عنوان جبهه پارتویی گزارش شده تا مدیران براساس دانش خود از شرایط محیطی، یکی از پاسخ‌های پارتویی را به عنوان پاسخ نهایی درنظر بگیرند. همچنین جهت برخورد با شرایط عدم قطعیت در پارامترهای ورودی، از رویکرد محدودیت‌های شانس استفاده شده و با استفاده از برنامه‌ریزی آرمانی اقدام به حصول نتایج عددی خواهد شد.

در ادامه ساختار مقاله بدین صورت است که در بخش دوم به بررسی مرور ادبیات پژوهش پرداخته

می‌شود. سپس بیان مساله و تشریح مدل ریاضی در بخش سوم بیان خواهد شد. در بخش چهارم نتایج عددی تشریح شده و تجزیه و تحلیل کمی صورت خواهد گرفت. در نهایت در بخش پنجم به جمع‌بندی و نتیجه‌گیری پرداخته شده و پیشنهادات آتی ارائه می‌شود.

ادبیات پژوهش

در این بخش به بررسی پژوهش‌های داخلی و خارجی مرتبط با حوزه پژوهش پرداخته می‌شود. نوری و محمدی (۱۳۹۶) به مدل‌سازی مساله بهینه‌سازی سبد سهام با استفاده از مدل‌برنامه‌ریزی تصادفی از طریق بکارگیری محدودیت شانس پرداختند که در آن بیشینه‌سازی سهم سرمایه‌گذاری و کمینه‌سازی کواریانس بین جفت‌سهم‌ها به عنوان توابع هدف مساله درنظرگرفته شده است. همچنین از سنجه‌های مبتنی بر تابع واریانس برای محاسبه سطح ریسک‌پذیری نیز استفاده شده است. در حل مدل پژوهش، پارامترهای بازده و ریسک در شرایط عدم قطعیت درنظرگرفته شده که به کمک محدودیت‌های شانس فرموله شده است. به منظور بررسی صحت عملکرد مدل مساله، ۲۰ شرکت فعال در بازار سرمایه ایران در زمینه دارو مدنظر قرار گرفته است [۱۳].

مهرگان و همکاران (۱۳۹۸) به بررسی توانمندی روش طبقه-بندی چندمعیاره- ELECTRE-TRI در مسئله انتخاب سبد سهام پرداختند. در این پژوهش چهار رویکرد مختلف روش مورد نظر با هم مقایسه شده است. این رویکردها شامل تخصیص خوش‌بینانه با حد آستانه وتو، تخصیص بدبینانه با حد آستانه وتو، تخصیص خوش‌بینانه بدون حد آستانه وتو و تخصیص بدبینانه بدون حد آستانه وتو است. بدین منظور برای انتخاب سهام از هشت شاخص بازده، بتا، حاشیه سود خالص، ROA، ROE، EPS، P/E و نسبت ارزش بازار به ارزش دفتری استفاده شده است و وزن شاخص‌ها با استفاده از روش بهترین-بدترین به‌دست‌آمده است. این پژوهش در شرکت سرمایه‌گذاری ملی ایران به‌عنوان موردمطالعه انجام‌شده است. نتایج پژوهش نشان داد، در بین رویکردهای مختلف روش ELECTRE-TRI، رویکرد تخصیص بدبینانه، بدون در نظر گرفتن حد آستانه وتو، نتیجه بهتری را ارائه می‌کند. همچنین نتیجه این مطالعه نشان از اهمیت بالای شاخص P/E در انتخاب سبد سهام دارد [۱۴].

تهرانی و همکاران (۱۳۹۸) به بررسی و تشکیل سبد سهامی بهینه با استفاده از روش برنامه‌ریزی آرمانی تصادفی در بورس اوراق بهادار با توجه به معیارهای میانگین و واریانس سهم‌های موجود در اوراق بهادار پرداختند. درواقع، ابتدا با استفاده از روش برنامه‌ریزی آرمانی تصادفی، توابع هدفی تعیین می‌شود که مورد علاقه سرمایه‌گذاران باشد و سپس با توجه به محدودیت‌هایی که در سرمایه‌گذاری وجود دارد به سبدهای بهینه‌ای دست یافته‌شد و درنهایت با روش مارکوویتز به مقایسه‌سبدهای سهام پرداخته شد.

درادامه نشان داده شده است که ضریب شارپ مدل برنامه‌ریزی آرمانی تصادفی از روش ماکوویتز بیشتر است و می‌توان گفت که روش برنامه‌ریزی آرمانی تصادفی کارایی بهتری نسبت به روش ماکوویتز داشته است. در پایان نشان داده شد که میان این دو روش همبستگی معنی‌داری وجود ندارد، همچنین تفاوت چشمگیری بین دو روش مارکوویتز و برنامه‌ریزی آرمانی تصادفی در سطح خطای ۵ درصد وجود دارد.

صفری و آشنا (۱۳۹۸) بیان کردند سرمایه‌گذاران همواره به دنبال دستیابی و بکارگیری استراتژی‌هایی برای کسب بازدهی اضافی و غلبه بر بازار هستند. در این رابطه بکارگیری مدل‌های کمی در سال‌های گذشته مورد توجه بسیاری از فعالان بازار سرمایه بوده است. تاکنون تحقیقات مختلفی سودآوری استراتژی‌های معاملاتی مومنتوم را مورد بررسی قرار داده‌اند، اما مطالعات اندکی درحوزه انتخاب سهام براساس استراتژی مومنتوم قیمت با درنظرداشتن ریسک مربوطه صورت گرفته است. این پژوهش با در نظر گرفتن تغییر جهت قیمت و ریسک، مدل جدیدی را برای انتخاب سهام بر مبنای استراتژی مومنتوم ارائه می‌کند. نتایج نشان می‌دهد که تفاوت معناداری بین بازده سبد سهام بهینه حاصل از انتخاب سهام به وسیله مدل ارائه‌شده و بازده سبد سهام کل بازار (شاخص کل قیمت بورس اوراق بهادار تهران) وجود دارد و سبد سهام بهینه دارای بازده بالاتری در دوره‌های زمانی ۳، ۶، ۹ و ۱۲ ماهه در مقایسه با سبد سهام کل بازار می‌باشد [۱۵].

کنگ و دیگران (۲۰۱۹) یک مدل بهینه‌سازی انتخاب سبد سهام در شرایط عدم قطعیت ارائه دادند و برای حل آن رویکردی مبتنی بر bootstrap توسعه داده شده استفاده کردند [۱۶]. طبق نتایج عددی نشان داده شده است که سبد سهام انتخابی حاصل از درنظرگرفتن معیارهای توسعه پایدار، بازده مورد انتظار و گردش مالی، دارای ساختاری نامغلوب بوده و می‌تواند به عنوان مجموعه پاسخ‌های نهایی درنظرگرفته شود.

سسارون و همکاران (۲۰۱۹) مساله انتخاب سبد سهام را بادرنظرگفتن معیارهای مدیریت ریسک بررسی نمودند[۱۷]. به منظور حل مساله یک رویکرد ترکیبی مبتنی بر روش‌های شبیه‌سازی و بهینه‌سازی ارائه نمودند. در این رویکرد از یک الگوریتم ابتکاری حریصانه کلاسیک تک‌رشته‌ای استفاده شده است که می‌تواند پاسخ‌هایی با کیفیت مناسب تولید نماید. طبق نتایج عددی مشاهده شده است که معیارهای مرتبط با مدیریت ریسک به مراتب تاثیر بیشتری نسبت به معیارهای اقتصادی در خروجی‌های نهایی دارد.

ساتیلو و همکاران (۲۰۱۹) به منظور بهینه‌سازی مساله انتخاب سبد سهام در شبکه‌های بورس روشی مبتنی بر آنالیز کلاسیک میانگین-واریانس با استفاده از یادگیری ماشین ارائه دادند[۱۸]. برای ارزیابی

عملکرد این رویکرد، آزمایشاتی با استفاده از داده‌های واقعی از بورس اوراق بهادار برزیل انجام شد که نشان داد استفاده از پیش‌بینی ارتباط وزن‌دار در شبکه‌های بورس به عنوان ورودی، باعث افزایش چشمگیر عملکرد در بهینه‌سازی سبد سهام و درنتیجه افزایش سرمایه ناخالص در مدت ۸۴ روز به میزان ۴۱ درصد می‌شود.

کاوو (۲۰۱۹) یک مسئله بهینه‌سازی سبد سهام چندهدفه برای انتخاب سبد سهام در محیط فازی را بررسی کرد که در آن نرخ‌های بازده و نرخ گردش مالی با متغیرهای فازی مشخص می‌شوند [۱۹]. آنها به منظور حل مساله از نرم‌افزار GAMS استفاده کردند که طبق نتایج محاسباتی قادر به تولید پاسخ‌هایی منطبق بر نظر مدیران شرکت مورد مطالعه است.

تاموسینین (۲۰۱۹) به منظور انتخاب سبد سهام، مدل میانگین-نیم واریانس را به یک مدل معتبر چندهدفه گسترش دادند که علاوه بر ریسک و بازده، نسبت قیمت به درآمد را نیز برای اندازه‌گیری عملکرد سبد سهام در نظر می‌گیرد[۲۰]. بازده نامشخص در آینده و نسبت PER هر دارایی با استفاده از اعداد فازی L-R تقریب زده شده و علاوه بر این، محدودیت‌های بودجه، محدوده و کاردینالیتی نیز در نظر گرفته شده است. برای حل مسئله بهینه‌سازی سبد سهام محدود، از الگوریتم NSGA-II استفاده شده که این رویکرد در هنگام در نظر گرفتن اهداف متعدد، گزینه مناسبی برای حل مسئله انتخاب سبد سهام است.

وانگ و همکاران (۲۰۱۹) بر اساس مدل میانگین-واریانس مارکوویتز، به بررسی مسئله انتخاب سبد سهام در یک محیط غیرقطعی پرداختند[۲۱]. آنها برای ساختن یک مدل واقعی‌تر و بهینه، مدلی جدید برنامه‌ریزی درجه دوم میانگین-فاصله برای انتخاب سبد سهام با معرفی هزینه‌های معاملات خطی و نقدینگی بازار اوراق بهادار ارائه دادند. با توجه به تخمین برای مدل جدید، یک روش حل عددی مؤثر بر اساس نظریه لاگرانژ و نظریه دوگان پیشنهاد شد که می‌تواند مرزهای بالا و فوق‌العاده مؤثر از عملکرد هدف مدل را بدست آورد. علاوه بر این، صحت روش پیشنهادی با دو مثال نشان داده شده است و نتایج نشان می‌دهد که روش پیشنهادی بهتر و عملی‌تر از روش انتخاب سبد سهام سنتی است.

کای (۲۰۱۹) مسئله بهینه‌سازی سبد سهام میانگین-واریانس چنددوره‌ای با هزینه‌های مدیریتی متناسب را مورد بررسی قرار دادند[۲۲]. به منظور حل مساله، با استفاده از برنامه‌ریزی تصادفی پویا، سیاست سبد سهام بهینه نیمه‌تحلیلی به دست آمد. نتایج حاصله، مزیت و هزینه اتخاذ چنین سیاست‌های پویا را نسبت به هزینه‌های مدیریتی به صورت مشخصی نشان داد.

جدول ۱ : خلاصه‌ای از مطالعات انجام شده در حوزه پژوهش (محقق ساخته، ۱۳۹۹)

نویسنده	سال	موضوع	محیط مسئله				مورد مطالعاتی
			قطعی	غیرقطعی			
				روباست	تصادفی	فازی	
[۱]	۱۳۹۸	انتخاب سبد سهام	ü				ü
[۲]	۱۳۹۸	انتخاب سبد سهام			ü		ü
[۱۴]	۱۳۹۸	انتخاب سبد سهام	ü				ü
[۱۵]	۱۳۹۸	تشکیل سبدسهام بهینه در بورس اوراق بهادار	ü				ü
[۲۳]	۲۰۱۲	مدیریت سبد پروژه			ü		
[۲۴]	۲۰۱۳	انتخاب سبد پروژه			ü		ü
[۲۵]	۲۰۱۴	انتخاب سبد پروژه چند دوره‌ای			ü		
[۲۶]	۲۰۱۵	مدیریت سبد پروژه روزانه			ü		ü
[۲۷]	۲۰۱۶	انتخاب سبد سهام				ü	ü
[۲۸]	۲۰۱۷	انتخاب سبد سهام	ü		ü		ü
[۲۹]	۲۰۱۸	انتخاب سبد سهام				ü	ü
[۳۰]	۲۰۱۸	انتخاب سبد سهام			ü		
[۳۱]	۲۰۱۸	مسئله انتخاب سبد سهام چند دوره‌ای			ü		
[۳۲]	۲۰۱۸	انتخاب سبد سهام	ü				ü
[۳۳]	۲۰۱۹	انتخاب سبد سهام			ü		
[۳۴]	۲۰۱۹	انتخاب سبد سهام				ü	ü
[۳۵]	۲۰۱۹	سرمایه‌گذاری‌های معاملات روزانه در بورس اوراق بهادار	ü				ü
[۳۶]	۲۰۱۹	انتخاب سبد (های) بهینه پروژه				ü	ü
[۳۷]	۲۰۱۹	انتخاب سبد سهام چند دوره‌ای	ü				
[۳۸]	۲۰۲۰	انتخاب سبد سهام شرکتهای تجاری		ü			ü
[۳۹]	۲۰۲۰	سرمایه‌گذاری در حوزه انرژی	ü				ü
[۴۰]	۲۰۲۰	انتخاب سبد سهام شرکتهای تجاری			ü		ü

بررسی شکاف پژوهش

با توجه به مرور ادبیات انجام شده، می‌توان مشاهده نمود که در این حوزه، پژوهش‌های بسیاری، شرایط عدم قطعیت تصادفی را در مدل‌های خود درنظرگرفتند که این موضوع تاییدی بر اهمیت درنظرگرفتن عدم قطعیت در پارامترهای ورودی است. البته رویکردهای ارائه شده برای برخورد با این شرایط عدم قطعیت اغلب در قالب ساختارهای سناریو محور بوده است. در واقع پژوهش کمی شرایط عدم قطعیت با استفاده از برنامه‌ریزی تصادفی را در حالت وجود محدودیت‌های شانسی مدل نموده است [۴۱]. این در حالی است که در بسیاری از شرایط دنیای واقعی این موضوع دارای اهمیت است؛ چراکه همواره وقوع یک محدودیت وابسته به شرایط بسیاری زیادی است و می‌توان برای آن توزیع نرمال درنظر گرفت. بنابراین حل مساله در شرایط عدم قطعیت با استفاده از محدودیت‌های شانسی به عنوان یک نوآوری در این پژوهش مدنظر پژوهشگران است.

روش پژوهش

بر اساس گزارش آماری مرکز پژوهش، توسعه و مطالعات اسلامی سازمان بورس و اوراق بهادار، کل شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران (بازار اول و دوم) و فرابورس ایران (بازار اول، دوم و پایه) در انتهای سال ۱۳۹۷ برابر ۵۹۹ شرکت می‌باشند، در این پژوهش شرکت‌هایی که از فروردین سال ۱۳۹۷ تا مهر ۱۳۹۸ در بازار بورس اوراق بهادار تهران یا فرابورس ایران حضور داشته‌اند و وقفه معاملاتی بیش از ۳ ماه نداشته باشند به عنوان نمونه آماری در نظر گرفته شده است. لذا نمونه مورد نظر برابر ۴۹۱ شرکت می‌باشد.

داده‌های مورد نیاز برای انجام پژوهش حاضر، شامل ریسک و بازده سرمایه‌گذاری در شرکت‌های مورد مطالعه می‌باشد. جهت محاسبه این پارامترهای باید از داده‌های تاریخی موجود در وبگاه مرکز پژوهش، توسعه و مطالعات اسلامی سازمان بورس و اوراق بهادار استفاده کرد که در آن اطلاعات مربوط به قیمت تعدیل شده با افزایش سرمایه برای ۴۹۱ شرکت مورد بررسی از تاریخ ۵ فروردین ۱۳۹۷ تا ۳۰ مهر ۱۳۹۸ به صورت روزانه قابل دسترس است. جهت محاسبه بازده ابتدا بازده روزانه شرکت اندازه‌گیری شده و سپس فرض می‌شود که بازده سالانه شرکت‌ها برابر با میانگین بازده روزانه است که با استفاده از میانگین هندسی محاسبه می‌شود. همچنین میزان ریسک از طریق انحراف معیار بازده در بازه‌های زمانی روزانه محاسبه شده است. فرآیند روش‌های تجزیه و تحلیل داده‌ها به ترتیب عبارت از انتخاب داده‌ها، پاک‌سازی و آماده‌سازی داده‌ها، تعیین تابع هدف، انتخاب سبد سهام بر اساس مدل ریاضی و بررسی شرایط عدم قطعیت است. به صورت کلی می‌توان ساختار کلی مدل پژوهش را به صورت زیر ارائه داد.

x_i مقدار سرمایه‌گذاری در i-امین شرکت

β_i ریسک در i-امین شرکت

r_i بازده در i-امین شرکت

U_i حداکثر مقدار بودجه دردسترس برای i-امین شرکت

$$Min \sum_{i=1} \beta_i x_i \quad (۲)$$

$$Max \sum_{i=1} r_i x_i \quad (۳)$$

$$s.t.$$

$$\sum_{i=1} x_i = 1 \quad (۴)$$

$$0 \le x_i \le U_i \quad (۵)$$

تابع هدف اول به کمینه‌سازی میزان ریسک پرداخته و تابع هدف دوم میزان بازده را بیشینه می‌نماید. محدودیت (۴) تضمین می‌کند که مجموع سهم سهام خریداری شده از تمام شرکت‌های موجود در بازار، برابر با ۱ باشد. محدودیت (۵) نیز تضمین می‌کند که درصد خرید سهام از هر شرکت محدود به مقدار از پیش‌تعیین شده است. به منظور برخورد با شرایط عدم قطعیت پارامترهای ریسک و بازده، مدل مساله در شرایط عدم قطعیت با استفاده از محدودیت‌های شانس فرموله می‌شود. بنابراین مدل زیر ارائه می‌شود.

$$Min \ E[f(x,w) + Q(x,w)] \quad (۶)$$

$$s.t.$$

$$x \in X \quad (۷)$$

که در آن E برابر با ارزش انتظاری و Q به عنوان تابع جریمه وارد مدل می‌شود تا تضمین کند که در نهایت پاسخ‌های حاصله به صورت بهینه خواهد بود. قابل به ذکر است که E برگرفته از پژوهش کال و وانس[۳] (1995) و Q برگرفته از پژوهش واکاپ و وتز[۴] (1967) است. لذا با استفاده از نظریه ارائه شده در مسمودی و عبدالعزیز[۵] [۴۲] می‌توان مدل نهایی پژوهش را به صورت زیر تشریح نمود.

$$Min \ \delta^+ + \delta^- + \varepsilon \quad (۸)$$

$$s.t$$

$$R_0 - \sum_{i=1}^{n} \bar{r}_i x_i - \frac{\varepsilon}{q} + \varphi^{-1}(\alpha) \sum_{i=1}^{n} \sigma_i x_i \le 0 \quad (۹)$$

$$\sum_{i=1}^{n} \beta_i x_i + \delta^+ - \delta^- = 1 \qquad ۱۰$$

$$\sum_{i=1}^{n} x_i = 1 \qquad ۱۱$$

$$0 \le x_i \le u_i \qquad i = 1,2,\dots,n \qquad ۱۲$$

$$\delta^- \ge 0, \delta^+ \ge 0, \varepsilon \ge 0, \qquad ۱۳$$

که در آن δ^+ و δ^- به عنوان متغیرهای اضافی جهت کنترل سطح شدنی بودن محدودیت ۱۰ تعریف شدند. همچنین R_0 یک مقدار از پیش‌تعیین شده است که کل بازده باید از آن بزرگتر باشد. ε نیز به عنوان بدترین هزینه استرداد که سرمایه گذار از عهده پرداخت آن بر می‌آید تعریف می‌شود. اما q به عنوان هزینه قرض گرفتن پول برای پوشش ضرر عدم دستیابی به سطح مطلوب بازده R_0است. در نهایت $\varphi^{-1}(\alpha)$ تابع توزیع احتمال توزیع نرمال استاندارد است.

در نهایت مدل تصادفی با رویکرد محدودیت شانس با امکان تصحیح نسبی به معادل خطی تبدیل شده و قابل حل به کمک حل‌کننده‌های خطی مانند Cplex است.

روش حل

روش محدودیت اپسیلون یکی از رویکردهای شناخته‌شده برای مواجهه با مسائل چندهدفه است که با انتقال تمامی توابع هدف به‌جز یکی از آن‌ها در هر مرحله به محدودیت، به حل این نوع مسائل می‌پردازد [۴۳]. در روش محدودیت اپسیلون کلاسیک، بازه تغییر توابع هدف بر روی جواب‌های مؤثر و تضمین مؤثر بودن جواب‌های به‌دست‌آمده بسیار با اهمیت هستند. به‌منظور به‌کارگیری مناسب روش محدودیت اپسیلون باید دامنه تغییرات توابع هدفی که در محدودیت‌ها استفاده خواهند شد، مشخص باشد. محاسبه این مقادیر کار ساده‌ای نیست؛ زیرا برخلاف بهترین مقادیر تابع هدف که به‌راحتی و با بهینه‌سازی تک هدفه محاسبه می‌شوند، بدترین مقادیر آن‌ها درمجموعه مؤثر به‌راحتی به دست نمی‌آیند. رایج‌ترین روش، استفاده از جدول موازنه است. در صورت وجود جواب بهینه چندگانه تضمینی برای این‌که تمامی جواب‌های تولیدشده از مجموعه مؤثر باشند وجود ندارد. با هدف غلبه بر این ابهام، ماوروتاس[۶] برای تولید جدول موازنه، استفاده از بهینه‌سازی سلسله مراتبی را برای هر تابع هدف پیشنهاد داد [۴۴].

چنانچه جواب بهینه چندگانه‌ای برای حداقل یکی از توابع هدف وجود داشته باشد، جواب حاصل از روش محدودیت اپسیلون معمولی درواقع جواب مؤثر نیست اما یک جواب مؤثر ضعیف نامیده می‌شود. ماوروتاس و فلاریو (۲۰۱۳) پیشنهاد داد تا از تبدیل محدودیت‌های توابع هدف به تساوی توسط متغیرهای

کمکی به‌منظور جلوگیری از تولید مقادیر ضعیف در جواب‌های مؤثر استفاده شود، البته به‌صورت همزمان، مجموع این متغیرهای کمکی به‌عنوان عبارت دوم با وزن کمتری در تابع هدف قرار خواهد گرفت [۴۴].

مسئله (۱۴) را در نظر بگیرید:

$$\begin{aligned} &\max \left(f_1(x), f_2(x), \dots, f_p(x)\right) \\ &s.t \\ &x \epsilon S \end{aligned} \qquad ۱۴$$

که در آن x بردار متغیرهای تصمیم و $f_1(x), f_2(x), \dots, f_p(x)$ توابع هدف و S ناحیه شدنی است. در روش محدودیت اپسیلون یکی از توابع هدف برای بهینه‌سازی انتخاب می‌شود و سایر توابع هدف تبدیل به محدودیت با یک حد بالای ε می‌شوند. مانند:

$$\begin{aligned} &\max \quad f_1(x) \\ &s.t \\ &f_2(x) \geq e_2 \\ &f_3(x) \geq e_3 \\ &\dots \\ &f_p(x) \geq e_p \\ &x \epsilon S \end{aligned} \qquad ۱۵$$

درواقع در روش محدودیت اپسیلون مسئله در حالت تقویت‌شده به این صورت به دست می‌آید:

$$\begin{aligned} &\max \quad \left(f_1(x) + eps \times \left(\frac{s_2}{r_2} + \frac{s_3}{r_3} + \dots + \frac{s_p}{r_p} \right) \right) \\ &s.t \\ &f_2(x) - s_2 = e_2 \\ &f_3(x) - s_3 = e_3 \\ &\dots \\ &f_p(x) - s_p = e_p \\ &x \epsilon S \\ &s_i \epsilon R \end{aligned} \qquad ۱۶$$

که $e_2, e_3, \dots, e_p$ پارامترهای مقادیر سمت راست و $r_2, r_3, \dots, r_p$ محدوده توابع هدف هستند. $s_2, s_3, \dots, s_p$ متغیرهای کمکی محدودیت‌ها است و اپسیلون می‌تواند بین 10^{-6} و 10^{-3} باشد. اما با توسعه‌ای در روش تقویت‌شده محدودیت اپسیلون، تابع هدف این‌گونه تغییر می‌کند:

$$\max \left(f_1(x) + eps \times \left(\frac{s_2}{r_2} + 10^{-1} \times \frac{s_3}{r_3} + \dots + 10^{-(p-2)} \times \frac{s_p}{r_p} \right) \right) \qquad ۱۷$$

این تغییرات اعمال می‌شود تا یک نوع از بهینه‌سازی لکسیکوگراف بر روی بقیه توابع هدف صورت پذیرد، که شاید بهینه‌های دیگری وجود داشته باشند. برای مثال با این فرمول، حل‌کننده جواب بهینه را برای f_1 پیدا می‌کند و سپس تلاش می‌کند که f_2 و سپس f_3 و غیره را بهینه کند. اما با روش فرمول‌سازی قبلی ترتیب بهینه‌سازی f_3 ... f_2 متفاوت بود. درحالی‌که با این روش توابع هدف محدودشده را مجبور به بهینه ترتیبی می‌نماید.

در این روش ابتدا از جدول موازنه، دامنه تغییرات $p-1$ تابع هدفی که در محدودیت استفاده خواهد شد، به دست می‌آید. سپس دامنه k امین تابع هدف به q_k فاصله مساوی تقسیم می‌شود و بنابراین کل نقاط شبکه $(1+q_k)$ است که به‌منظور تغییر پارامتر مقادیر سمت راست e_p از k امین تابع هدف استفاده می‌شود. تعداد کل اجزا $(q_1+1)\times(q_2+1)\times\dots\left(q_p+1\right)$ و r_k دامنه تابع هدف است.

ما برای هر تابع هدف، p ... 2 محدوده تابع هدف را محاسبه می‌کنیم. سپس محدوده k امین تابع هدف را بر فاصله‌های مساوی q_k تقسیم می‌کنیم. r_k محدوده تابع هدف k ام $(k=2,\dots,p)$ می‌شود. گام گسسته‌سازی برای این تابع هدف این‌گونه تعریف می‌شود:

$$step_k = r_k/q_k \qquad ۱۸$$

مقادیر سمت راست برای محدودیت متناظر در t امین تکرار در تابع هدف مشخص اینگونه است:

$$e_{kt} = fmin_k + t\times step_k \qquad ۱۹$$

$fmin_k$ مینیمم تابع و t شمارنده تابع هدف خاص است. پس از بهینه‌سازی، متغیر مازاد به دست می‌آید و ضریب گذر به‌صورت $b = int(s_2/step2)$ محاسبه می‌شود که $int()$ تابع جزء صحیح است. هنگامی‌که متغیر مازاد s_2 از $step2$ بزرگ‌تر باشد، تکرار بعدی همان نتیجه را می‌دهد با این تفاوت که متغیر مازاد مقدار $s_2 - step2$ را به خود می‌گیرد که منجر به زائد بودن تکرار می‌شود؛ به‌این‌ترتیب، ضریب گذر نشان می‌دهد که چگونه می‌توان بسیاری از تکرارهای متوالی را نادیده گرفت. در مسئله پیشنهادی این پژوهش، هدف اول به‌عنوان هدف اصلی و هدف دیگر به‌عنوان هدف فرعی مورد بررسی قرار می‌گیرند. بنابراین بنا بر روش محدودیت اپسیلون، فرمولاسیون اهداف به‌صورت زیر می‌باشد.

$$\text{Min Obj1} \qquad ۲۰$$

$$\text{Obj2} \le \varepsilon 2 \qquad ۲۱$$

رابطه اول بیانگر تابع هدف اصلی مسئله و رابطه بعدی به مجموعه محدودیت‌های مسئله افزوده می‌شود.

نتایج عددی

در این بخش به منظور بررسی صحت عملکرد مدل پیشنهادی یک مثال عددی منطبق بر شرایط دنیای واقعی که برگرفته از اطلاعات موجود برای ۴۹۱ شرکت پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران و فرابورس ایران است، تشریح شده و نتایج عددی مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد. اطلاعات قیمت شرکت‌ها از وبگاه مرکز پژوهش، توسعه و مطالعات اسلامی سازمان بورس و اوراق بهادار گرفته شده است. لازم به ذکر است اطلاعات قیمت شرکت‌ها در آن سایت، بر اساس افزایش سرمایه و سود نقدی تعدیل شده و به عنوان شاخص قیمت مد نظر قرار گرفته است. بنابراین نیاز است که از طریق رابطه زیر بازده هریک شرکت در هر بازه زمانی را محاسبه نمود.

$$Return_t = (\frac{A_t}{A_{t-1}} - 1) \times 100 \qquad ۲۲$$

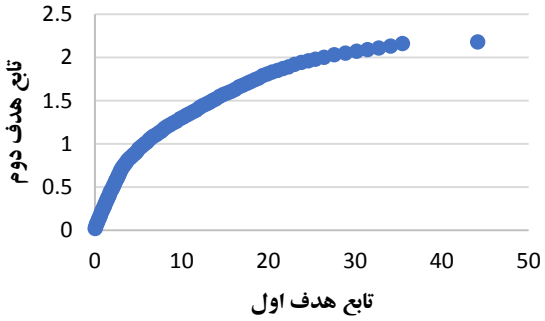
که در آن A_t معرف شاخص قیمت تعدیل شده با افزایش سرمایه و سود نقدی در سال t است. اما این عدد برای هر بازه زمانی بوده و نیاز است که برای هر شرکت نیز به طور انحصاری یک عدد مشخص تولید شود. بدین منظور از میانگین هندسی تعدیل شده استفاده می‌شود. بنابراین بازده هریک از شرکت‌ها به صورت زیر محاسبه می‌شود.

$$FinalReturn_i = geomean(Return + 1) - 1 \qquad ۲۳$$

که در آن در اکسل از تابع $geomean$ به معنای محاسبه میانگین هندسی بوده دلیل اضافه کردن عدد ۱ به هریک از مقادیر بازده در هر بازه زمانی این است که ممکن است بازده یک شرکت در مقطعی منفی شود که در این حالت امکان استفاده از میانگین هندسی وجود ندارد. مطابق با اطلاعات موجود، می‌توان اقدام به حل مدل پژوهش نمود. قابل توجه است که به دلیل انجام تحلیل‌های بیشتر، مساله پژوهش را یکبار در حالت قطعی به صورت دوهدفه و یکبار در حالت عدم قطعیت و با استفاده از برنامه-ریزی آرمانی حل شده است.

نتایج عددی حاصل از حل مدل در شرایط قطعی

همانطور که بیان شد، در حالت قطعی بودن پارامترهای ورودی، مدل به صورت دو هدفه درنظرگرفته شده و با استفاده از روش محدویت اپسیلون حل می‌شود. پس از کدنویسی مدل پژوهش با استفاد از رویه تشریح شده در محیط نرم‌افزار GAMS، می‌توان جبهه پارتویی را به صورت شکل زیر تشریح نمود.



شکل ۱ : جبهه پارتویی حاصل از حل مدل دوهدفه با استفاده از روش محدودیت اپسیلون

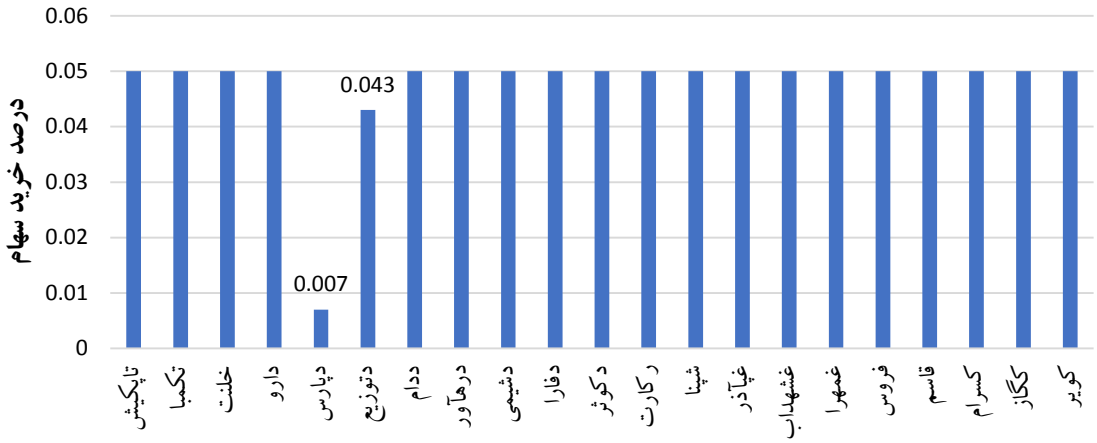
(محقق ساخته، ۱۳۹۹)

مطابق با شکل ۱، جبهه تولید شده دارای ساختار نامغلوب بوده که نشان از کارایی مدل پیشنهادی در تولید پاسخ‌های مطلوب دارد. اما با توجه به اینکه هریک از اعضای پارتویی موجود در شکل فوق، می‌تواند به عنوان یک پاسخ نهایی درنظر گرفته شود، بنابراین نیاز است که تنها یک پاسخ به عنوان جواب نهایی ارائه شود. بدین منظور پاسخ‌های تولید شده توسط یکی از اعضای پارتویی که دارای مقدار تابع هدف اول برابر با ۱۳/۲۱۷ و مقدار تابع هدف دوم برابر با ۱/۴۸۱ است، به صورت جدول ۲ تشریح می‌شود.

جدول ۲ : درصد بهینه خرید سهام از هر شرکت (محقق ساخته، ۱۳۹۹)

نام شرکت	سهم بهینه سهام	نام شرکت	سهم بهینه سهام	نام شرکت	سهم بهینه سهام
تاپکیش	۰,۰۵	درهآور	۰,۰۵	غشهداب	۰,۰۵
تکمبا	۰,۰۵	دشیمی	۰,۰۵	غمهرا	۰,۰۵
خلنت	۰,۰۵	دفارا	۰,۰۵	فروس	۰,۰۵
دارو	۰,۰۵	دکوثر	۰,۰۵	قاسم	۰,۰۵
دپارس	۰,۰۰۷	رکارت	۰,۰۵	کسرام	۰,۰۵
دتوزیع	۰,۰۴۳	شپنا	۰,۰۵	ککاز	۰,۰۵
ددام	۰,۰۵	غپآذر	۰,۰۵	کویر	۰,۰۵

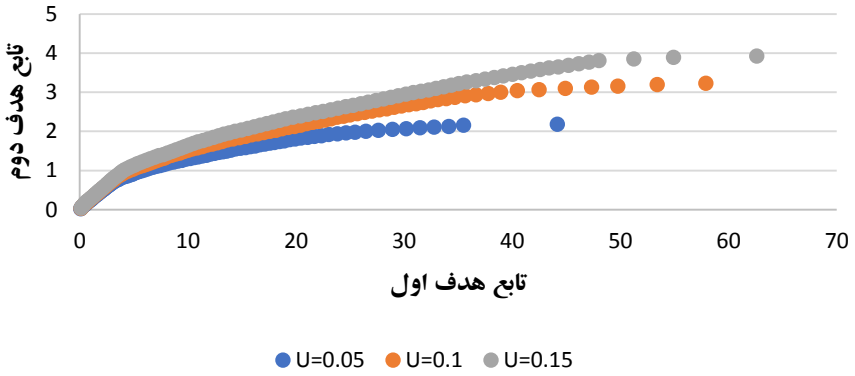
مطابق جدول ۲، تقریبا از تمامی شرکت‌ها سهم ۰,۰۵ درصدی پیشنهاد می‌شود. البته برای شرکت‌های دپارس و دتوزیع به ترتیب درصدهای خرید ۰/۰۰۷ و ۰/۰۴۳ پیشنهاد می‌شود. شکل ۲ سهم خرید سهام از هر شرکت را نشان می‌دهد.



شکل ۲ : درصد بهینه خرید سهام از هر شرکت

(محقق ساخته، ۱۳۹۹)

البته باید توجه داشت که در این مثال حد بالای خرید سهم از هر شرکت برابر با ۰/۰۵ درنظرگرفته شده است. در حقیقت در بسیاری از شرکت‌ها، حداکثر سهم خرید پیشنهاد شده است که نشان دهنده مطلوب بودن این شرکت‌ها نسبت به سایرین است. به منظور بررسی دقیق‌تر رفتار مدل در مقادیر مختلف مقدار U_i، تحلیل حساسیت لازم در تولید جبهه‌های پارتویی مختلف ارائه می‌شود.



شکل ۳- مقایسه جبهه‌های پارتویی به ازای مقادیر مختلف مقدار حداکثر سهم مجاز (محقق ساخته، ۱۳۹۹)

مطابق با شکل ۳، با افزایش مقدار حداکثر سهم مجاز، جبهه پارتویی با کیفیت بالاتری تولید شد و در واقع جبهه پارتویی با درصد سهم کمتر را مغلوب می‌کنند. این موضوع نشان از تاثیر بسیار زیاد

این پارامتر بر پاسخ‌های نهایی است. بنابراین مناسب بنظر می‌رسد که تصمیم‌گیرندگان در صورت امکان درصد سهم خرید سهام از هر شرکت را افزایش داده تا پاسخ‌هایی به مراتب بهتر دریافت نمایند.

با توجه به اینکه مساله اصلی این پژوهش درنظرگرفتن شرایط عدم قطعیت در پارامترهای ورودی و استفاده از برنامه‌ریزی آرمانی جهت حل مدل است، بنابراین در ادامه به تشریح نتایج عددی در حالت عدم قطعیت پرداخته خواهد شد.

نتایج عددی با استفاده از برنامه‌ریزی تصادفی و برنامه‌ریزی آرمانی

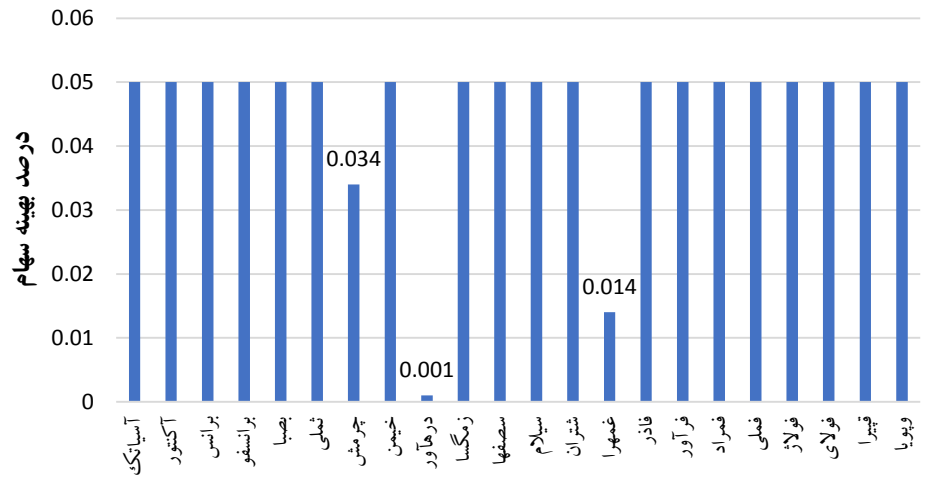
به منظور ایجاد نزدیکی شرایط مساله به شرایط دنیای واقعی، فرض می‌شود که عدم قطعیت مشخصی در پارامترهای ورودی مربوط به بازده وجود دارد. در حقیقت فرض بر این است که اعداد محاسبه شده برای بازده شرکت‌ها دارای عدم قطعیت از جنس تابع توزیع نرمال با میانگین و واریانس مشخص هستند. مطابق با اطلاعات مندرج در مقاله پایه، پارامترهای U_i، $R0$، q، σ_i و α به ترتیب برابر با ۰/۰۰۵، ۰/۰۰۰۱۶، ۱، $(0,1)$ و $(0,1)$ درنظرگرفته شده است. طبق این اطلاعات پس از حل مساله نتایج عددی به صورت جدول ۳ ارائه می‌شود.

جدول ۳ : درصد بهینه خرید سهام از هر شرکت در حالت عدم قطعیت

نام شرکت	درصد بهینه سهام	نام شرکت	درصد بهینه سهام	نام شرکت	درصد بهینه سهام
آسیاتک	۰,۰۵	خیمن	۰,۰۵	فاذر	۰,۰۵
آکنتور	۰,۰۵	درهآور	۰,۰۰۱	فرآور	۰,۰۵
برانس	۰,۰۵	زمگسا	۰,۰۵	فمراد	۰,۰۵
برانسفو	۰,۰۵	سصفها	۰,۰۵	فملی	۰,۰۵
بصبا	۰,۰۵	سیلام	۰,۰۵	فولاژ	۰,۰۵
ثملی	۰,۰۵	شتران	۰,۰۵	فولای	۰,۰۵
چرمش	۰,۰۳۴	غمهرا	۰,۰۱۴	قپیرا	۰,۰۵
				وپویا	۰,۰۵

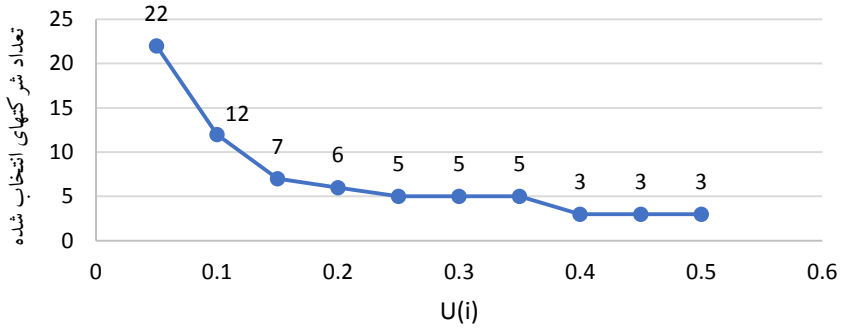
(محقق ساخته، ۱۳۹۹)

بطور مشابه با حالت قطعیت، می‌توان مشاهده نمود که با توجه به محدود بودن حد بالای درصد سهام به مقدار ۰/۰۰۵، برای اکثر شرکت‌ها همین مقدار درنظرگرفته شده است. اما برای شرکت‌های چرمش، درهآور و غمهرا به ترتیب مقادیر ۰/۰۳۴، ۰/۰۰۱ و ۰/۰۱۴ درنظرگرفته شده است. در شکل ۴، این مقایسات به صورت مشخصی‌تری درنظرگرفته شده است.



شکل ۴ : درصد بهینه خرید سهام از هر شرکت در حالت عدم قطعیت (محقق ساخته، ۱۳۹۹)

مطابق با نتایج عددی می‌توان مشاهده نمود که در کل تعداد ۲۲ شرکت جهت سرمایه‌گذاری انتخاب شده که مقدار سهم سرمایه‌گذاری در هریک نیز تعیین شده است. اما در این حالت نیز مقدار حد بالای سرمایه‌گذاری می‌تواند تاثیر مستقیمی در پاسخ‌های نهایی داشته باشد. بدین منظور در ادامه تحلیل حسیاست لازم تعداد شرکت‌های انتخاب شده جهت سرمایه‌گذاری نسبت به مقادیر مختلف U_i محاسبه می‌شود.



شکل ۵- تغییرات تعداد شرکت‌ها جهت سرمایه‌گذاری نسبت به مقدار حدبالای سرمایه‌گذاری

(محقق ساخته، ۱۳۹۹)

مطابق با شکل۵، با افزایش مقدار حدبالای سرمایه‌گذاری، تعداد شرکت‌های انتخابی کاهش می‌یابد. اما این مقدار کاهش در حالتی که U از مقادیر خیلی کم به مقادیر متوسط افزایش یابد، نسبت به حالتی

که U از مقادیر متوسط به مقادیر بالا افزایش یابد، بسیار بیشتر است. بدین ترتیب می‌توان نشان داد که مدل ارائه شده در شرایط مختلف قادر به تولید پاسخ‌های عددی مناسب بوده و بنابراین از این مدل می‌توان در حل مسائل مرتبط با دنیای واقعی نیز به صورت مناسب استفاده نمود.

جمع‌بندی و پیشنهادات آتی

در این پژوهش مساله انتخاب بهینه سبد سهام به عنوان یک مساله بهینه‌سازی ریاضی مورد بررسی قرار گرفته است که در آن مدل ارائه شده دارای ساختاری مبتنی بر برنامه‌ریزی تصادفی است، هزینه ناشی از زیان در بازده سبد سهام به عنوان هزینه تصحیح نسبی درنظرگرفته شده است. همچنین به دلیل وجود ریسک‌های سرمایه‌گذاری که انتخاب نهایی سبد سهام را به چالش‌هایی مواجه خواهند کرد، تابع هدف دوم مساله شامل یک تابع واریانس درجه دوم است که به محاسبه ریسک‌های موجود در سرمایه‌گذاری می‌پردازد. بطور کلی نیز سعی شده است مدل پژوهش براساس مدل ارائه شده توسط [۴] فرموله گردد؛ چراکه پژوهش مذکور شامل تمامی شرایط مدنظر نویسندگان این پژوهش مطابق با ساختار مورد بازار بورس تهران و فرابورس ایران است. در حوزه پژوهش‌های داخلی نیز پژوهش (نوری و محمدی، ۱۳۹۶) بیشترین شباهت را از لحاظ نظری با مساله این پژوهش دارد که البته در پژوهش آن‌ها، تحلیل نتایج عددی در حالت قطعیت و استفاده از روش‌های تولید جبهه پارتویی جهت مقایسه با شرایط عدم قطعیت لحاظ نشده است. در این پژوهش این مساله به عنوان شکاف پژوهش‌های در نظرگرفته شده و از طریق حل مساله در دوحالت مختلف به بررسی و مقایسه نتایج کمی پرداخته شده است. بررسی همه شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادارتهران و فرابورس ایران می‌تواند دامنه تحلیل‌های عملیاتی را افزایش دهد. از منظر روش حل نیز با توجه به وجود رویکردهای مختلف حل عددی مسائل چندهدفه مانند برنامه‌ریزی آرمانی و روش محدویت اپسیلون، رویکردی اتخاذ شده است که دارای بیشتری کاربرد در ادبیات نظری پژوهش باشد. همچنین به منظور برخورد با شرایط عدم قطعیت موجود در مساله در قالب برنامه‌ریزی تصادفی، از ساختاری مبتنی بر محدودیت‌های شانس بهره گرفته شده است. در پژوهش حاضر برای تعیین نمونه آماری به دلیل محدود بودن تعداد شرکت‌های واجد شرایط از روش حذف استفاده گردیده است؛ به عبارت دیگر آن دسته از شرکت‌های جامعه آماری که شرایط زیر را دارا بودند، به عنوان نمونه آماری انتخاب و مابقی حذف شده‌اند. داده‌های مورد نیاز برای انجام پژوهش حاضر، ریسک و بازده شرکت‌ها می‌باشد. فرآیند روش‌های تجزیه و تحلیل داده‌ها به ترتیب عبارت از انتخاب داده‌ها، پاک‌سازی و آماده‌سازی داده‌ها، تعیین تابع هدف، انتخاب سبد سهام بر اساس الگوریتم‌های پیشنهادی و بررسی معنادار بودن فرضیه‌ها است. توابع هدف اصلی این پژوهش شامل کمینه‌سازی میزان ریسک و

بیشینه‌سازی بازده بطور همزمان است. باید توجه داشت که با توجه به غیرقطعی بودن ریسک و بازده، مدل مساله به صورت غیرقطعی ارائه شده است. به منظور بررسی صحت عملکرد مدل پیشنهادی یک مثال عددی منطبق بر شرایط دنیای واقعی که برگرفته از اطلاعات در دسترس شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران و فرابورس ایران است.

به منظور ایجاد فضای مناسب جهت انجام تجزیه و تحلیل‌های عددی مناسب، مساله پژوهش را یکبار در حالت قطعی به صورت دوهدفه و یکبار در حالت عدم قطعیت و با استفاده از برنامه‌ریزی آرمانی حل شده است. طبق نتایج محاسباتی می‌توان مشاهده نمود که جبهه تولید شده دارای ساختار نامغلوب بوده که نشان از کارایی مدل پیشنهادی در تولید پاسخ‌های مطلوب دارد. اما با توجه به اینکه هریک از اعضای پارتویی تولید شده، می‌تواند به عنوان یک پاسخ نهایی درنظر گرفته شود. بنابراین نیاز است که تنها یک پاسخ به عنوان جواب نهایی ارائه شود. بدین منظور پاسخ‌های تولید شده توسط یکی از اعضای پارتویی که دارای مقدار تابع هدف اول برابر با ۱۳/۲۱۷ و مقدار تابع هدف دوم برابر با ۱/۴۸۱ است، تشریح شده است. مطابق با تجزیه و تحلیل‌های عددی، با افزایش مقدار حداکثر سهم مجاز، جبهه پارتویی با کیفیت بالاتری تولید شده و در واقع جبهه پارتویی با درصد سهم کمتر را مغلوب می‌کنند. این موضوع نشان از تاثیر بسیار زیاد این پارامتر بر پاسخ‌های نهایی است. بنابراین مناسب بنظر می‌رسد که تصمیم‌گیرندگان در صورت امکان درصد سهم خرید سهام از هر شرکت را افزایش داده تا پاسخ‌هایی به مراتب بهتر دریافت نمایند. در حل مساله در حالت عدم قطعیت نیز می‌توان مشاهده نمود که با توجه به محدود بودن حد بالای درصد سهام به مقدار ۰/۰۰۵، برای اکثر شرکت‌ها همین مقدار درنظرگرفته شده است. اما برای شرکت‌های چرمش، درهآور و غمهرا به ترتیب مقادیر ۰/۰۳۴، ۰/۰۰۱ و ۰/۰۱۴ درنظرگرفته شده است. طبق تحلیل حساسیت‌های انجام شده، مشاهده می‌شود که با افزایش مقدار حدبالای سرمایه‌گذاری، تعداد شرکت‌های انتخابی کاهش می‌یابد. اما این مقدار کاهش در حالتی که U از مقادیر خیلی کم به مقادیر متوسط افزایش یابد، نسبت به حالتی که U از مقادیر متوسط به مقادیر بالا افزایش یابد، بسیار بیشتر است. بدین ترتیب می‌توان نشان داد که مدل ارائه شده در شرایط مختلف قادر به تولید پاسخ‌های عددی مناسب بوده و بنابراین از این مدل می‌توان در حل مسائل مرتبط با دنیای واقعی نیز به صورت مناسب استفاده نمود. به منظور گسترش ابعاد پژوهش پیشنهاد می‌شود که از روش‌های پیش‌بینی مانند شبکه عصبی به منظور تعیین سطح دقیق پارامترهای مساله به صورت مناسب استفاده شود. همچنین استفاده از سایر تکنیک‌های برنامه‌ریزی تحت شرایط عدم قطعیت مانند برنامه‌ریزی استوار به منظور توسعه نتایج پژوهش می‌تواند به عنوان توسعه پژوهش درنظرگرفته شود.

منابع

۱) رضایی, ا., et al., بهینه‌سازی سبد سهام با استفاده از الگوریتم تجمع ذرات سه هدفه. فصلنامه علمی نظریه های کاربردی اقتصاد, ۲۰۱۹. ۵(۴): 52-31 .p.

۲) سینا, ف. شمس, and میرفیض, بهینه سازی سبد سرمایه گذاری با رویکرد نظریه ارزش فرین در بورس اوراق بهادار تهران. مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار, ۲۰۱۹. ۱۰(۴۰): 200-184 .p.

۳) راموز, ا. آقمشهدی, and ع. دوست, انتخاب پرتفوی بهینه با استفاده از مدل برنامه ریزی توافقی در بورس اوراق بهادار تهران. راهبرد مدیریت مالی, ۲۰۲۰. ۸(۱): 74-54 .p.

۴) نوری, محمدی, and عمران, بهینه‌سازی سبد سهام با استفاده از برنامه‌ریزی توافقی با محدودیت شانسی. مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار (مدیریت پرتفوی), ۲۰۱۸. ۹(۳۵): 241-221 .p.

۵) مهرگان, et al., انتخاب پرتفولیوی سهام با روش ELECTRE-TRI: بررسی توان‌مندی‌ها، مقایسه رویکردها و تحلیل حساسیت. راهبرد مدیریت مالی, ۲۰۱۹. ۷(۲): 32-1 .p.

۶) صفری, ع. and م. آشنا, ارائه مدلی بهینه برای انتخاب سهام براساس استراتژی معاملاتی مومنتوم. دانش مالی تحلیل اوراق بهادار, ۲۰۱۹. ۱۲(۴۱): 153-143 .p.

7) Kellner, F. and S. Utz, Sustainability in supplier selection and order allocation: Combining integer variables with Markowitz portfolio theory. Journal of Cleaner Production, 2019. 214: p. 462-474.

8) Zhou, F., et al., Supplier portfolio of key outsourcing parts selection using a two-stage decision making framework for Chinese domestic auto-maker. Computers & Industrial Engineering, 2019. 128: p. 559-575.

9) Liagkouras, K., A new three-dimensional encoding multiobjective evolutionary algorithm with application to the portfolio optimization problem. Knowledge-Based Systems, 2019. 163: p. 186-203.

10) Dupačová, J. and M. Kopa, Robustness of optimal portfolios under risk and stochastic dominance constraints. European Journal of Operational Research, 2014. 234(2): p. 434-441.

11) Oikonomou, I., E. Platanakis, and C. Sutcliffe, Socially responsible investment portfolios: Does the optimization process matter? The British Accounting Review, 2018. 50(4): p. 379-401.

12) Kalayci, C.B., O. Polat, and M.A. Akbay, An efficient hybrid metaheuristic algorithm for cardinality constrained portfolio optimization. Swarm and Evolutionary Computation, 2020. 54: p. 100662.

13) Di Matteo, M., H.R. Maier, and G.C. Dandy, Many-objective portfolio optimization approach for stormwater management project selection encouraging decision maker buy-in. Environmental modelling & software, 2019. 111: p. 340-355.

14) Quaranta, A.G. and A. Zaffaroni, Robust optimization of conditional value at risk and portfolio selection. Journal of Banking & Finance, 2008. 32(10): p-۲۰۴۶ .

.۲۰۵۶

15) Pun, C.S., Time-consistent mean-variance portfolio selection with only risky assets. Economic Modelling, 2018. 75: p. 281-292.

16) Kang, Z., et al., Data-driven robust mean-CVaR portfolio selection under distribution ambiguity. Quantitative Finance, 2019. 19(1): p. 105.۱۲۱-

17) Cesarone, F., A. Scozzari, and F. Tardella, An optimization–diversification approach to portfolio selection. Journal of Global Optimization, 2019: p. 1-21.

18) Castilho, D., et al. Improving Portfolio Optimization Using Weighted Link Prediction in Dynamic Stock Networks. in International Conference on Computational Science. 2019. Springer.

19) Cao, J.L., Algorithm research based on multi period fuzzy portfolio optimization model. Cluster Computing, 2019. 22(2): p. 3445-3452.

20) García, F., et al ,.A credibilistic mean-semivariance-PER portfolio selection model for Latin America. Journal of Business Economics and Management, 2019. 20(2): p. 225-243.

21) Wang, J., F. He, and X. Shi, Numerical solution of a general interval quadratic programming model for portfolio selection. PloS one, 2019. 14(3): p. e0212913.

22) Cui, X., J. Gao, and Y. Shi, Multi-period mean–variance portfolio optimization with management fees. Operational Research, 2019: p. 1-22.

23) Rocha, P. and D. Kuhn, Multistage stochastic portfolio optimisation in deregulated electricity markets using linear decision rules. European Journal of Operational Research, 2012. 216(2): p. 397-408.

24) Gutjahr, W.J. and K.A. Froeschl, Project portfolio selection under uncertainty with outsourcing opportunities. Flexible Services and Manufacturing Journal, 2013. 25(1-2): p. 255-281.

25) He, F. and R. Qu, A two-stage stochastic mixed-integer program modelling and hybrid solution approach to portfolio selection problems. Information Sciences, 2014 :۲۸۹ .p. 190-205.

26) Gülten, S. and A. Ruszczyński, Two-stage portfolio optimization with higher-order conditional measures of risk. Annals of Operations Research, 2015. 229(1): p. 409-427.

27) Saborido, R., et al., Evolutionary multi-objective optimization algorithms for fuzzy portfolio selection. Applied Soft Computing, 2016. 39: p. 48-63.

28) Bruni, R., et al., On exact and approximate stochastic dominance strategies for portfolio selection. European Journal of Operational Research, 2017. 259(1): p. 32-۲ .۳۲۹

29) Zhou, W. and Z. Xu, Portfolio selection and risk investment under the hesitant fuzzy environment. Knowledge-Based Systems, 2018. 144: p. 21-31.

30) Panadero, J., et al., A variable neighborhood search simheuristic for project portfolio selection under uncertainty. Journal of Heuristics, 2018: p. 1-23.

31) Li, B., et al., Multi-period portfolio selection problem under uncertain environment with bankruptcy constraint. Applied Mathematical Modelling, 2018. 56: p. 539-550.

32) Pätäri, E., et al., Comparison of the multicriteria decision-making methods for equity portfolio selection: The US evidence. European Journal of Operational Research, 2018. 265(2): p. 655-672.

33) Chen, W., Y. Wang, and M.K. Mehlawat, A hybrid FA–SA algorithm for fuzzy portfolio selection with transaction costs. Annals of Operations Research, 2018. 269(1-2): p. 129-147.

34) Kar, M.B., et al., A new bi-objective fuzzy portfolio selection model and its solution through evolutionary algorithms. Soft Computing, 2019. 23(12): p. 4-۳۶۷ .۴۳۸۱

35) Paiva, F.D., et al., Decision-making for financial trading: A fusion approach of machine learning and portfolio selection. Expert Systems with Applications, 2019. 115: p. 635-655.

36) Wu, Y., et al., Portfolio selection of distributed energy generation projects considering uncertainty and project interaction under different enterprise strategic scenarios. Applied energy, 2019. 236: p. 444-464.

37) Ni, Y.-H., et al., Equilibrium solutions of multi-period mean-variance portfolio selection. IEEE Transactions on Automatic Control, 2019.

38) Sehgal, R. and A. Mehra, Robust Portfolio Optimization with Second Order Stochastic Dominance Constraints. Computers & Industrial Engineering, 2020: p. 106396.

39) Leung, M.-F. and J. Wang, Minimax and Biobjective Portfolio Selection Based on Collaborative Neurodynamic Optimization. IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems, 2020.

40) Strumberger, I., et al., Modified Moth Search Algorithm for Portfolio Optimization, in Smart Trends in Computing and Communications. 2020, Springer. p. 445-453.

41) Kalayci, C.B., O. Ertenlice, and M.A. Akbay, A comprehensive review of deterministic models and applications for mean-variance portfolio optimization. Expert Systems with Applications, 2019.

42) Masmoudi, M. and F.B. Abdelaziz, A chance constrained recourse approach for the portfolio selection problem. Annals of Operations Research, 2017. 251(1-2): p. 243-254.

43) Mavrotas, G., Effective implementation of the ε-constraint method in multi-objective mathematical programming problems. Applied mathematics and computation, 2009. 213(2): p. 455-465.

44) Mavrotas, G. and K. Florios, An improved version of the augmented ε-constraint method (AUGMECON2) for finding the exact pareto set in multi-objective integer programming problems. Applied Mathematics and Computation, 2013. 219(18): p. 9652-9669.

یادداشت‌ها :

۱ Pun

۲ Kellner & Utz

۳ Kall and Wallace

٤ Walkup and Wets 1967

٥ Masmoudi & Abdelaziz

٦ Mavrotas