مجله مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار
شماره سی‌وپنجم / تابستان ۱۳۹۷

بهینه‌سازی سبد سهام با استفاده از برنامه‌ریزی توافقی با محدودیت شانسی

مجتبی نوری[۱]
عمران محمدی[۲]

تاریخ دریافت: ۹۶/۱۰/۲۰ تاریخ پذیرش: ۹۶/۱۲/۱۵

چکیده

یکی از بحث‌های اساسی برای سرمایه‌گذاران موضوع تشکیل پرتفوی بهینه سهام است. در مسئلۀ انتخاب سبد سرمایه‌گذاری، تصمیم‌گیرنده هم‌زمان با اهداف مختلف و گاه متعارض مانند نرخ بازده، نقدینگی، سود تقسیمی و ریسک مواجه است. در بهینه‌سازی پرتفوی، مسئله اصلی، انتخاب بهینه دارایی‌ها و اوراق بهاداری است که با مقدار مشخصی سرمایه می‌توان تهیه کرد، اما از یک‌سو، عدم قطعیت‌های مرتبط به هر سهم، و از سوی دیگر چند هدفه بودن مدل انتخاب سبد سهام بهینه، بر پیچیدگی مسئله می‌افزاید. در این مقاله بهینه‌سازی سبد سهام در حالت عدم قطعیت مورد مطالعه قرار گرفته است. رویکرد برنامه‌ریزی تصادفی برای تبدیل عدم قطعیت به حالت قطعیت و برنامه‌ریزی توافقی برای تک هدفه شدن، به‌صورت ترکیبی مورد استفاده قرار می‌گیرد. از اطلاعات مربوط به ۲۰ شرکت دارویی از بازار بورس تهران استفاده شده است و اعتبار مدل بررسی شده است. نتایج نشان می‌دهد که سبد سهام ارائه شده دارای کارایی بالایی است.

واژه‌های کلیدی: برنامه‌ریزی توافقی، محدودیت شانسی، بهینه‌سازی سبد سهام، عدم‌قطعیت، محدودیت سقف‌وکف.

۱- کارشناسی‌ارشد مهندسی صنایع، دانشکدۀ صنایع، دانشگاه علم و صنعت، تهران، ایران
۲- استادیار، گروه مهندسی صنایع، دانشکدۀ مهندسی صنایع، دانشگاه علم و صنعت، تهران، ایران (نویسنده مسئول)
e_mohammadi@iust.ac.i

۱- مقدمه

بهینه‌سازی سبد سهام و مدیریت آن، از اصلی‌ترین حوزه‌های تصمیم‌گیری مالی می‌باشد. وجود متغیرهای غیرقابل‌کنترل، فرآیند تصمیم‌گیری را به‌کلی تحت تأثیر قرار داده است و این امر برای سرمایه‌گذاران، که درواقع تصمیم‌گیرندگان نهایی برای تخصیص بودجه خود به دارایی‌های مالی در سبد سرمایه‌گذاری می‌باشند، از اهمیت بالایی برخوردار است. شناسایی عوامل دخیل در تصمیم‌گیری سرمایه‌گذار ازیک‌طرف، اندازه‌گیری این عوامل از طرفی دیگر و همچنین چگونگی تأثیر آن‌ها بر امر انتخاب سبد، مشکل اساسی برای تحلیل‌گران مالی می‌باشد (ناصری‌فرد، ۱۳۸۷). مسئله انتخاب سهام شامل ایجاد سبد سهامی می‌شود که مطلوبیت سرمایه‌گذار را حداکثر سازد. روش ایجاد چنین سبد سهامی همواره ذهن محققان و تحلیل‌گران مالی را مشغول کرده است.

بهینه‌سازی سبد سهام[1]، یکی از مهم‌ترین موضوعات در زمینهٔ مسائل مالی است که در این راستا مدل‌ها و روش‌های متعددی تاکنون توسط محققان مختلف ارائه شده است. از جمله مهم‌ترین و به نوعی تأثیرگذارترین مطالعات صورت‌گرفته در این حوزه، می‌توان به مدل‌های مارکوئیتز (۱۹۵۲) و شارپ (۱۹۶۳) اشاره کرد.

مارکوئیتز مدل اساسی سبد سهام را ارائه کرد که این مدل مبنایی برای تئوری مدرن سبد سهام قرار گرفت. وی پیشنهاد داد علاوه‌بر بازده سرمایه‌گذاری، معیار ریسک نیز در انتخاب دارایی‌ها برای سرمایه‌گذاری در نظر گرفته شود. او به‌صورت کمّی نشان داد که چرا و چگونه متنوع‌سازی سبد سهام، می‌تواند موجب کاهش ریسک سبد سهام سرمایه‌گذار شود و همچنین مفهوم سبد سهام کارا را نیز مطرح کرد. پس از مارکوئیتز، شارپ با پیگیری کارهای او و با هدف کاهش میزان محاسبات و برآوردهای مدل مارکوئیتز، مدل تک‌شاخصی را ارائه کرد که بازده هر اوراق بهادار را به شاخص بازده بازار مرتبط می‌ساخت. علاوه‌بر این دو مدل، تاکنون مدل‌های متعدد دیگری نیز ارائه شده است که نقص‌هایی داشتند و هر مدل به‌منظور بهبود و رفع آن نقص‌ها، جایگزین مدل‌های قبلی شد. با درک این موضوع می‌توان دریافت که همه روزه تلاش‌های گسترده‌ای برای بهبود روش‌های بررسی و تحلیل سهام در بازارهای مالی دنیا صورت می‌پذیرد. تلاش در جهت بهبود روش‌های تجزیه‌وتحلیل سهام، به‌ویژه در بازارهایی که شمار سهام در آنها بسیار بالاست، به پدیدآمدن روش‌های حل نوینی منجر شده که در کنار روش‌های گذشته، درصدد یافتن پاسخی برای میل به حداکثرسازی سود در بازارهای مالی هستند.

آن چیزی که شرایط را در حل مسائل دشوار می‌کند وجود عدم‌قطعیت در آن‌ها است. عدم‌قطعیت را می‌توان عدم اطلاع کامل درباره رخداد آینده توصیف کرد که می‌توان با جمع‌آوری اطلاعات آن را کم کرد؛ اما نمی‌توان آن را حذف نمود. وقوع بحران اقتصادی در سال ۲۰۰۸ باعث شد تا عدم-

قطعیت در مسائل بهینه‌سازی سبد سهام انجام گرفت. سرمایه‌گذار نمی‌تواند میزان دقیق بازدهی یک سهام را پیش‌بینی کند. وجود هر نوع عدم‌قطعیت در مدل‌سازی بازارهای مالی و عوامل موثر بر آن موجب بروز مقداری ریسک در فرآیند تصمیم‌گیری می‌شود.

در پژوهش حاضر، به دنبال پاسخ به این هستیم که چگونه می‌توان در شرایط عدم‌قطعیت نسبت به بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری اقدام نمود؟ چگونه می‌توان سبد سهام مناسب با توابع مطلوبیت سرمایه‌گذاران ریسک‌گریز، ریسک‌پذیر و ریسک‌خنثی پیشنهاد نمود؟ و آیا مدل پیشنهادی می‌تواند در شرایط متغیر بازار، اعتبار بالاتری را از خود نشان دهد؟ به همین سبب از مدل برنامه‌ریزی توافقی با محدودیت شانسی استفاده می‌شود و مدل ارائه‌شده به یک مدل تک هدفه قطعی تبدیل می‌گردد. از این مدل برای انتخاب سبد سهام از بین سهام دارویی بورس اوراق بهادار استفاده می‌گردد و نتایج حاصل از آن مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۲- مروری بر پیشینه پژوهش

در مرور ادبیات، مدل مارکوئیتز در بیشتر پژوهش‌ها با اجزای بیشتری مطرح‌شده است، لای (۱۹۹۱) و پراکاش و همکارانش (۲۰۰۳) جزئیات بیشتری را با در نظر گرفتن چولگی در مدل مارکویتز قرار دادند و برای حل آن از برنامه‌ریزی آرمانی[2] استفاده کردند.

استئور و نا (۲۰۰۳) یک طبقه‌بندی در استفاده از تکنیک‌های چندگانه ارائه دادند، در این طبقه‌بندی، در ۶۹ درصد از مقالات منتشر شده، از برنامه‌ریزی آرمانی و برنامه‌ریزی چندهدفه استفاده شده است که ۲۹ درصد از آن در مورد مسئله انتخاب سبد سهام است. برنامه‌ریزی آرمانی و برنامه‌ریزی توافقی[3] کاربردهای متعددی در زمینه‌های مختلف، مانند مسئله انتخاب پرتفوی که معمولاً با چند هدف متضاد است، دارند. لی و چِسِر (۱۹۸۰) ، لِواری و آوِری (۱۹۸۴)، کومار و همکاران (۱۹۷۸) از برنامه‌ریزی آرمانی در مسئله انتخاب پرتفوی استفاده کردند، درحالی‌که زِلِنی (۱۹۸۲) از برنامه‌ریزی توافقی استفاده کرد.

در بسیاری از زمینه‌های تصمیم‌گیری، تصمیم‌گیرنده به‌راحتی و با دقت می‌تواند مقدار بعضی از پارامترها را تعیین کند، با این‌حال مقدارشان در مسئله انتخاب پرتفوی، تصادفی است (آئونی، بن عبدالعزیز و مارتِل، ۲۰۰۵). برنامه‌ریزی تصادفی[4] به‌خصوص مدل‌های برنامه‌ریزی تصادفی چند هدفه برای رفع این مشکل، مورد استفاده قرار می‌گیرد (بن عبدالعزیز و مِیری، ۲۰۰۱ و زیمبا و مالوِی، ۱۹۹۸). چندین روش برای حل مدل‌های برنامه‌ریزی تصادفی، مانند روش برنامه‌نویسی دومرحله‌ای تصادفی و رویکرد برنامه‌ریزی با محدودیت شانسی توسعه‌یافته توسط چارنز و کوپر (۱۹۶۳) ارائه‌شده است. در بین برنامه‌های کاربردی برنامه‌ریزی تصادفی چند هدفه در انتخاب سبد

سهام، اُگریکزاک (۲۰۰۰) مدل مارکوویتز را با یک برنامه‌ریزی آرمانی خطی چند معیاره ، توسعه داد. در مدل ارائه‌شده توسط شینگ و ناگاساوا (۱۹۹۹)، میانگین و واریانس بازده اوراق بهادار دارای سناریوهایی با احتمالات شناخته‌شده است.

بالسترو و رومِرو (۱۹۹۶) یک ساختار برنامه‌ریزی آرمانی تصادفی[۵] بر اساس تابع مطلوبیت و مدل "میانگین-واریانس" ارائه دادند. موهلِمَن و همکاران (۱۹۷۸) یک ساختار برنامه‌ریزی خطی چند هدفه تصادفی را برای مسئله انتخاب پرتفوی تحت عدم قطعیت توسعه دادند. تَمیز و همکاران (۱۹۹۶) یک مدل برنامه‌ریزی آرمانی دومرحله‌ای برای انتخاب پرتفوی، ارائه دادند. آئونی و همکاران (۲۰۰۵) به‌صراحت ، ترجیحات تصمیم‌گیران و برنامه‌ریزی با محدودیت شانسی اقتباس یافته را برای مدل برنامه‌ریزی آرمانی تصادفی ارائه داده‌اند. آن‌ها ساختارشان را در یک مثال انتخاب پرتفوی که مقدار آرمانی مرتبط با هر هدف، با توزیع نرمال در نظر گرفته‌شده ، نشان داده‌اند. عبدالعزیز و همکاران (۲۰۰۷) مدل پرتفوی با برنامه‌ریزی تصادفی با محدودیت شانسی[۶] را ارائه دادند. آن‌ها مدل برنامه‌ریزی توافقی را با مدل تصادفی با محدودیت شانسی، ترکیب کردند. عبدالعزیز و ماسری (۲۰۱۰)، یک رویکرد محدودیت شانسی و یک روش برنامه‌ریزی توافقی را ارائه دادند که با آن، مدل برنامه‌ریزی تصادفی چند هدفه به مسئله برنامه‌ریزی خطی تک هدفه تبدیل می‌شود. همچنین عبدالعزیز (۲۰۱۲) با بهره‌گیری از مفاهیم بهره‌وری، از برخی از روش‌های برنامه‌نویسی تصادفی چندهدفه استفاده کرد. جیان‌ژو و همکاران (۲۰۱۴) برای مدل‌سازی چند هدفه مسائل تصمیم‌گیری با پارامترهای تصادفی نامشخص، یک کلاس از بهینه‌سازی تصادفی نامشخص برای سیستم‌های تصمیم‌گیری به نام برنامه‌ریزی چند هدفه تصادفی نامشخص پیشنهاد دادند و برای حل برنامه‌ریزی تصادفی نامشخص، برخی از مفاهیم راه‌حل‌های پارتو و راه‌حل‌های مصالحه و همچنین از دو مدل سازش استفاده نمودند. توره و مِندِویل (۲۰۱۶) مدل کلاسیک مارکوئیتز را با معرفی مدل بهینه‌سازی سبد سهام با مفهوم احتمال چند مقیاسه توسعه دادند.

امیری (۱۳۸۸) یک روش جدید مبتنی بر برنامه‌ریزی توافقی برای بهینه‌سازی مسئله انتخاب سبد مالی چند هدفه توسعه داد که برنامه‌ریزی توافقی بر اساس مقادیر ضد ایده‌آل نام دارد. کاربرد این روش، با انتخاب سبد سهامی با ۳۵ شاخص سهام بازار سهام ایران انجام شده است. کریمیان و عابدزاده (۱۳۹۱) از برنامه‌ریزی تصادفی مقیّد به موازات روش برنامه‌ریزی آرمانی مینیماکس به کار گرفتند و مدل برنامه‌ریزی آرمانی تصادفی مقید را به عنوان یک تبدیل قطعی مدل انتخاب سبد سرمایه‌گذاری چندهدفه تصادفی ارائه نمودند. موشخیان و نجفی (۱۳۹۴)یک مدل بهینه‌سازی سبد سهام چند دوره ای احتمالی میانگین-نیم‌واریانس-چولگی را با در نظر گرفتن هزینه معاملات ارائه دادند. همچنین به‌منظور پیچیدگی در حل این مدل از الگوریتم بهینه‌سازی ذرات چندهدفه و تک

هدفه استفاده نمودند. شریفی‌سلیم و همکاران (۱۳۹۴) روشی برای قطعی سازی برنامه‌ریزی چند هدفه‌ی تصادفی با ادغام نتایج تکنیک تاپسیس در آن را ارائه دادند. در این تبدیل ابتدا مقادیر آرمانی هر یک از اهداف از بهینه‌سازی مسئله بدون در نظر گرفتن سایر اهداف به‌دست آمد. سپس از ادغام برنامه‌ریزی توافقی و برنامه‌ریزی تصادفی محدود برای تبدیل برنامه‌ریزی چند هدفه‌ی تصادفی به مدلی قطعی استفاده شد.

در این مقاله به انتخاب سبد سهام بهینه در حالت عدم قطعیت از نوع تصادفی[۷] توجه شده است. میانگین بازده‌ها دارای توزیع آماری است که از داده‌های تاریخی به‌دست‌آمده است. علاوه بر این، یکی از شاخص‌های نقدشوندگی نیز به‌عنوان تابع هدف در نظر گرفته‌شده است. این شاخص نقدشوندگی همانند میانگین بازده هر سهم، دارای توزیع آماری به‌دست‌آمده از داده‌های تاریخی هر سهم در بازار اوراق بهادار می‌باشد که در سایر مقالات داخلی در نظر گرفته نشده بود. در هر دو مورد، توزیع آماری از نوع توزیع نرمال فرض شده است. در کنار افزایش مجموع میانگین بازده‌های سهام در سبد سهام و کاهش ریسک سبد سهام، به دنبال افزایش شاخص نقدشوندگی سهام انتخاب‌شده در سبد سهام هستیم که به‌عنوان هدف سوم در این مقاله، مورد بررسی قرار می‌گیرد. برای هر سهم، سقف خرید وجود دارد و همه‌ی بودجه، صرف خرید سهام و تهیه‌ی پورتفولیوی بهینه می‌گردد.در این مقاله بر روی حد بالای میزان بودجه تخصیص یافته به هر سهم بحث شده است که پیش از این به آن توجه نشده بود. به دلیل عدم قطعیت موجود در مسئله از مدل برنامه‌ریزی توافقی با محدودیت شانسی استفاده می‌شود و مدل ارائه‌شده به یک مدل تک هدفه قطعی تبدیل می‌گردد. از این مدل برای انتخاب سبد سهام از بین سهام دارویی بورس اوراق بهادار استفاده می‌گردد و نتایج حاصل از آن مورد بررسی قرار می‌گیرد.

پس از مرور کلی بر موضوع تحقیق، ساختار مقاله به این ترتیب ادامه می‌یابد؛ در بخش بعدی به بیان مبانی نظری پژوهش پرداخته می‌شود، سپس مدل به‌کاررفته در این پژوهش به‌منظور بهینه‌سازی سبد سهام ارائه می‌گردد و با اطلاعات یک مثال عدد واقعی حل و بررسی می‌شود و در نهایت نیز به بیان نتایج پژوهش و ارائۀ پیشنهادهایی برای مطالعات آتی پرداخته خواهد شد.

۳- روش‌شناسی پژوهش

در این تحقیق مدلی برای بهینه‌سازی سبد سهام ارائه می شود که در آن برخی از پارامترها تصادفی و دارای توزیع نرمال اند. به این منظور از مدل برنامه ریزی توافقی تصادفی محدود (CCCP) که به ترکیب مدل CP و رویکرد CCP است، استفاده می‌شود. مدل CCCP به تصمیم‌گیرنده اجازه

می‌دهد تا چندین هدف متعارض را در نظر بگیرد. نتایج به‌دست آمده سازگاری بیشتری با خواسته‌های تصمیم‌گیرنده نشان می‌دهد.

۳-۱- مدل برنامه‌ریزی توافقی

مدل برنامه‌ریزی توافقی توسط زِلنی در سال ۱۹۷۴ ارائه شد. اساس برنامه ریزی توافقی، تبدیل مسئله چندهدفه به مسئله تک هدفه می‌باشد. این مدل کمترین فاصله بین سطح‌های دسترسی $f_i(x)$ و مقادیر ایده آل f_i^* ، مرتبط با هر تابع i را در برمی‌گیرد. در بیشتر توابع بهتر است برای به دست آوردن مقدار f_i^* از روابط ذیل استفاده شود:

مدل (۲):

$$f_i^* = \max f_i(x) \qquad \forall i = 1,\ 2,\ldots,m$$ رابطه ۶

Subjected to:

$$g_k(x) \le b_k \qquad \forall k = 1,\ 2,\ldots,K$$ رابطه ۷

$$x \in X$$ رابطه ۸

همچنین مدل توافقی به‌صورت روابط ریاضی مقابل به‌دست‌آمده است:

مدل (۳):

$$\min \sum_{i=1}^{m} \delta_i^-$$ رابطه ۹

Subjected to:

$$f_i(x) + \delta_i^- = f_i^* \qquad \forall i = 1,\ 2,\ldots,m$$ رابطه ۱۰

$$g_k(x) \le b_k \qquad \forall k = 1,\ 2,\ldots,K$$ رابطه ۱۱

$$x \in X$$ رابطه ۱۲

$$\delta_i^- \ge 0 \qquad \forall i = 1,\ 2,\ldots,m$$ رابطه ۱۳

مدل توافقی بر اساس انتخاب جواب نزدیک‌تر به نقطه بهینه f_i^* است (زلنی، ۱۹۸۲).

۳-۲- برنامه‌ریزی تصادفی

برنامه‌ریزی تصادفی در زمینه‌های متعددی مورد استفاده قرار گرفته است: برنامه‌ریزی تولید، سرمایه‌گذاری انرژی، مدیریت آب و زمینه مالی. در مواردی که تک هدفه هستند، دو رویکرد، مورد استفاده قرار می‌گیرد، یکی رویکرد منبع و دیگری رویکرد محدودیت شانسی است. رویکرد

محدودیت شانسی، بیشینه‌سازی مقدار مورد انتظار توابع را با توجه به درجه معینی از شدنی بودن برای محدودیت‌های تصادفی، می‌باشد (شاهینیدیس، ۲۰۰۴).

$\tilde{C}_{ij}, \tilde{A}_{ij}$ ماتریس‌های تصادفی و $\tilde{b}_k$ بردار تصادفی است. اگر ما توابع $\forall i = 1, 2, \ldots, \mathrm{m}$ و $\sum_{j=1}^{n} \tilde{C}_{ij} x_j$ را بیشینه کنیم، برنامه‌ریزی تصادفی چند هدفه می‌تواند به‌صورت ذیل نوشته شود:

مدل (۴):

$$\max \sum_{j=1}^{n} \tilde{C}_{ij} x_j \qquad \forall i = 1, 2, \ldots, \mathrm{m} \qquad \text{(رابطه ۱۵)}$$

Subjected to:

$$\sum_{j=1}^{n} \tilde{A}_{kj} x_j \le \tilde{b}_k \qquad \forall k = 1, 2, \ldots, K \qquad \text{(رابطه ۱۶)}$$

$$\mathrm{x} \in \mathrm{X} \qquad \text{(رابطه ۱۷)}$$

در رویکرد CCP ، برنامه‌ریزی تصادفی چند هدفه به‌صورت ذیل، به یک برنامه‌ریزی قطعی تبدیل می‌شود (پِری‌کوپا، ۱۹۹۵):

مدل (۵):

$$\max E\left(\sum_{j=1}^{n} \tilde{C}_{ij} x_j\right) \qquad \forall i = 1, 2, \ldots, \mathrm{m} \qquad \text{(رابطه ۱۸)}$$

Subjected to:

$$\mathrm{Prob}\left(\sum_{j=1}^{n} \tilde{A}_{kj} x_j \le \tilde{b}_k\right) \ge 1 - \zeta_k \qquad \forall k = 1, 2, \ldots, K \qquad \text{(رابطه ۱۹)}$$

$$\mathrm{x} \in \mathrm{X} \qquad \text{(رابطه ۲۰)}$$

که بردار $E\left(\sum_{j=1}^{n} \tilde{C}_{ij} x_j\right)$ مقدار مورد انتظار با توجه به مقدار تصادفی و طبیعی ζ_k است که مقادیر آستانه‌ی محدودیت‌ها است و توسط تصمیم‌گیرنده مشخص می‌شود.

۳-۳- محدودیت شانسی

روش محدودیت شانسی یکی از روشهای اصلی حل مسائل بهینه‌سازی تحت عدم‌قطعیت‌های مختلف است. این روش یک مسئله را به‌گونه‌ای فرموله می‌کند که اطمینان دهد تا احتمال برآورده

شدن یک محدودیت خاص بالاتر از سطح مشخصی است. به عبارت دیگر، منطقه امکانپذیر را محدود می کند تا سطح اطمینان راه حل بالا برود. روش محدودیت شانسی یک رویکرد نسبتا قوی است، با این حال، اغلب استفاده از آن دشوار است (آکویج و همکاران، ۲۰۱۱).

بهینه‌سازی محدودیت شانسی در مهندسی و مالی بسیار مهم است، در حالی که عدم‌قطعیت در قیمت، تقاضا، عرضه، نرخ ارز، نرخ بازیافت و تغذیه و شرایط جمعیتی رایج است. برخی از برنامه های کاربردی کلاسیک از روش محدودیت شانسی شامل مدیریت مخزن آب و مدیریت ریسک مالی می باشد (گِلِتو، ۲۰۱۲).

۳-۴- برنامه‌ریزی توافقی با محدودیت شانسی

برنامه‌ریزی توافقی با رویکرد محدودیت شانسی (CCCP) ، ترکیبی از برنامه‌ریزی تـوافقی (CP) و برنامه‌ریزی تصادفی با محدودیت شانسی (CCP) است که بـرای حـل مـدل‌هـای چنـد هدفـه در حالت عدم قطعیت استفاده می‌شود. در این برنامه‌ریزی ، مدل غیرقطعی چند هدفه به مدل قطعـی یک هدفه تبدیل می‌شود.

این مدل توسط فؤاد بن عبدالعزیز و همکارانش در سال ۲۰۰۷ ارائه شد :

مدل (۶):

$$\min \sum_{i=1}^{m} (\in_i + \delta_i^-) + \sum_{k=1}^{K} \delta_k^- \quad \text{(۲۱ رابطه)}$$

Subjected to:

$$E\,(\mathrm{f}_i^* - \sum_{j=1}^{n} \tilde{C}_{ij} x_j) + \phi^{-1}(1-\zeta_k)\sigma \lim_{\delta x \to 0} (\mathrm{f}_i^* - \sum_{j=1}^{n} \tilde{C}_{ij} x_j) - \in_{\mathrm{i}} + \delta_i^- = 0 \quad \text{(۲۲ رابطه)}$$

$$\forall i = 1,\ 2, \ldots, \mathrm{m}$$

$$E\,(\sum_{j=1}^{n} \tilde{A}_{kj} x_j - \tilde{b}_k) + \phi^{-1}(1-\zeta_k)\sigma \lim_{\delta x \to 0} (\sum_{j=1}^{n} \tilde{A}_{kj} x_j - \tilde{b}_k) + \delta_k^- = 0 \quad \text{(۲۳ رابطه)}$$

$$\forall i = 1,\ 2, \ldots, \mathrm{m}$$

$$\mathrm{x} \in \mathrm{X} \quad \text{(۲۴ رابطه)}$$

در این مدل ، تابع هدف، کمینه‌سازی مجموع انحرافات مثبت و منفی و میزان تفاوت از مقدار بهینه تابع است. رابطه ۲۲) به دلیل غیرقطعی بودن تابع هدف در مدل اولیه ، و رابطه ۲۳) به دلیل غیرقطعی بودن محدودیت‌ها در مدل اولیه ایجاد شده است.

۴- مدل‌سازی ریاضی

در این بخش به مدل‌سازی ریاضی به‌منظور انتخاب سبد سهام بر اساس آنچه تاکنون بیان شد، می‌پردازیم. همان‌طور که پیش از این مطرح شد مسئله انتخاب سهام شامل ایجاد سبد سهامی می‌شود که مطلوبیت سرمایه‌گذار را حداکثر سازد. مدل مارکوئیتز برای اولین بار از میانگین و واریانس بازدهی سهام برای انتخاب سهام یک سبد سرمایه‌گذاری استفاده کرد. در این پژوهش علاوه بر این دو هدف، از شاخص نقدینگی به‌عنوان هدف سوم استفاده می‌کنیم، زیرا یکی از شاخص‌های انتخاب سهم در بازار اوراق بهادار، تبدیل سریع سهم به وجه نقد است، یعنی آن سهم بتواند در هر زمانی به فروش برسد، چراکه تبدیل سریع سهم به پول، برای سرمایه‌گذارن مطلوب است.

۴-۱- مسئله بهینه‌سازی سبد سهام

دو مؤلفهٔ مهم در تصمیم‌گیری برای سرمایه‌گذاری، میزان ریسک و بازده دارایی‌های سرمایه‌ای است. اغلب سرمایه‌گذاران به‌دنبال بیشینه‌سازی بازدهی خود در سطح معینی از ریسک یا کمینه‌کردن ریسک در سطح معینی از بازده هستند. مارکوئیتز با ارائهٔ مدل میانگین ـ واریانس خود نشان داد با تشکیل سبدی از سهام می‌توان در سطح معینی از بازده، ریسک سرمایه‌گذاری را کاهش داد. این امکان به‌دلیل نبود همبستگی کامل بین بازده سهام مختلف به‌وجود می‌آید. افراد مختلف بر اساس میزان مطلوبیت مورد انتظارشان دست به سرمایه‌گذاری می‌زنند. تابع مطلوبیت هر سرمایه‌گذار با توجه به ترجیحات همان شخص تعیین می‌شود که لزوماً با سایر سرمایه‌گذاران یکسان نخواهد بود. انتخاب سبد سهام بهینه، اغلب با تبادل میان ریسک و بازده صورت می‌پذیرد و هرچه ریسک سبد سهام بیشتر باشد، سرمایه‌گذاران انتظار دریافت بازده بیشتری را خواهند داشت. از این رو، شناسایی مرز کارای مربوط به سبد سهام این امکان را به سرمایه‌گذاران خواهد داد که بر اساس تابع مطلوبیت و میزان ریسک‌پذیری خویش، بیشترین بازده مورد انتظار را از سرمایه‌گذاری خود به‌دست آورند (کلم، توتونچو و فابزی، ۲۰۱۴). شایان ذکر است که با توجه به وفاق و اجماعی که روی نحوهٔ محاسبهٔ بازده مورد انتظار از سرمایه‌گذاری وجود دارد، بیشتر مطالعات صورت‌گرفته در این حوزه حول نحوهٔ محاسبهٔ ریسک سرمایه‌گذاری و مداخله محدودیت‌های دنیای واقعی در فرایند حل مسئله شکل گرفته‌اند. از این رو، در ادامه ضمن بررسی سیر تکاملی مدل‌های به‌کاررفته در بهینه‌سازی سبد سهام، نقش محدودیت‌های کاربردیِ دنیای واقعی در فرایند بهینه‌سازی سبد سهام ارزیابی می‌شود. از جملهٔ آن محدودیت‌ها می‌توان به حداقل یا حداکثر میزان سرمایه‌گذاری در یک دارایی اشاره کرد که بیل و فارست (۱۹۷۶) آن را به مدل اولیهٔ مارکوئیتز اضافه کردند. از

این رو، فرناندز و گومز (۲۰۰۷) مدل مارکوئیتز را با افزودن محدودیت حـدود بـالا و پایین(سـقف و کف) برای هریک از سهام‌ها، اصلاح کردند و مدل میانگین ـ واریانس با مؤلفه‌های مقید[8] را به‌وجـود آوردند که شکل عمومی آن به‌صورت زیر است.

مدل (۱):

$$Max \sum_{i=1}^{n} R_i x_i$$ رابطه ۱)

$$Min \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} \sigma_{ij} x_i x_j$$ رابطه ۲)

Subjected to:

$$\sum_{i=1}^{n} x_i = 1$$ رابطه ۳)

$$L_i \le x_i \le U_i \qquad \forall i = 1, 2, \ldots, n$$ رابطه ۴)

$$x_i \ge 0 \qquad \forall i = 1, 2, \ldots, n$$ رابطه ۵)

که در آن، x_i نسبت سهم i در سبد سرمایه‌گذاری ، R_i بازده سهم i و σ_{ij} کوواریانس سهم i و سهم j می‌باشند و L_i و U_i به ترتیب حد پایین و بالای متغیر i ام هستند.

در مدل ریاضی بالا، فرض اصلی ریسک گریز بودن کلیه سرمایه‌گـذاران اسـت. بـر ایـن اسـاس، اولین هدف، افزاش بازده مورد انتظار سبد سهام است و دومین هدف کـاهش واریـاس دارایـی‌هـای سبد سهام می‌باشد به‌گونه‌ای‌که مجموع اوزان دارایی‌ها برابر با یک شود و نسـبت خریـد هـر سـهم دارای محدودیت بالا و پایین باشد.

در ادامه فرضیات اولیه مدل‌سازی مطرح می‌گردد:

۴-۲- مفروضات مدل

- نرخ بازدهی هر سهم از رابطه‌ی $\tilde{R}_j = \tilde{P}_{j,t} - P_{j,t-1} + \tilde{D}_{j,t}/P_{j,t-1}$ محاسبه می‌شود که شامل سود تصادفی سرمایه و سهام می‌باشد. در این رابطه، $\tilde{P}_{j,t}$ قیمت تصادفی سهم j ام در زمان t ام و $\tilde{D}_{j,t}$ سهم j ام در بازه زمانی $[t, t-1]$ می باشد. $\tilde{R}_j$ تصادفی است و دارای توزیع نرمال با میانگین و واریانس مشخص است.

- شاخص نقدشوندگی به‌صورت $\widetilde{EF}_j = \tilde{N}_j / N_m$ تعریف می‌شود که در آن $\tilde{N}_j$ تعداد روزهایی است که در آن روز، سهم j ام معامله می‌شود و $\tilde{N}_m$ تعداد روزهای معاملاتی بازار است. $\widetilde{EF}_j$ تصادفی است و دارای توزیع نرمال با میانگین و واریانس مشخص است.
- واریانس بازده به عنوان ریسک در نظر گرفته می‌شود و به صورت $\sum_{i=1}\sum_{j=1}\sigma_{ij}x_i x_j$ در تابع هدف قرار داده می‌شود و از $\sigma_{ij} = Cov(\tilde{R}_j, \tilde{R}_j)$ استفاده می‌شود.
- مقادیر ایده آل مرتبط با شاخص بازده، نقدشوندگی و واریانس از طریق مدل (۷) و مدل (۸) به‌دست می‌آید که به شرح زیر می باشد:

R_j^* را از طریق رابطه $R_j^* = \max \tilde{R}_j$ بیابید و سپس از مدل(۷) استفاده کنید:

$$R^* = \max \sum_j R_j^* x_j$$

Subjected to:

$$\sum_j x_j = 1$$

$$L_j \leq x_j \leq U_j \qquad \forall j = 1,2,\dots,n$$

EF_j^* از طریق رابطه $EF_j^* = \max \widetilde{EF}_j$ بیابید و سپس از مدل(۸) استفاده کنید:

$$EF^* = \max \sum_j EF_j^* x_j$$

Subjected to:

$$\sum_j x_j = 1$$

$$L_j \leq x_j \leq U_j \qquad \forall j = 1,2,\dots,n$$

- مقدار ایده آل برای واریانس که به عنوان شاخصی برای سنجش ریسک در نظر گرفته شده است، مقدار صفر است.

۴-۳- مدل مسئله

مدل اولیه بهینه‌سازی سبد سهام با سه تابع هدف که عبارتند از بیشینه‌سازی بازدهی، کمینه سازی ریسک و بیشینه‌سازی شاخص نقدشوندگی و محدودیت‌های بودجه و کف‌وسقف به‌صورت زیر به‌دست می‌آید:

مدل (۹):

$$Max \sum_{i=1}^{n} \tilde{R}_i x_i$$ رابطه ۳۱)

$$Min \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} \sigma_{ij} x_i x_j$$ رابطه ۳۲)

$$Max \sum_{i=1}^{n} \tilde{E}F_i x_i$$ رابطه ۳۳)

Subjected to:

$$\sum_{i=1}^{n} x_i = 1$$ رابطه ۳۴)

$$L_i \le x_i \le U_i \qquad \forall i = 1, 2, \ldots, n$$ رابطه ۳۵)

$$x_i \ge 0 \qquad \forall i = 1, 2, \ldots, n$$ رابطه ۳۶)

برای حل مدل(۹) ، دو مشکل اساسی وجود دارد، اول اینکه تعداد توابع هدف، بیشتر از یک تابع می‌باشد و دوم اینکه عدم قطعیت بر پیچیدگی حل آن می‌افزاید. برای برطرف شدن این دو مشکل از مدل (۶) استفاده می‌کنیم. حاصل بازنویسی مدل (۹) با استفاده از مدل(۶) ، در ذیل آمده است:

مدل (۱۰):

$$Min \quad z = \epsilon_1 + \epsilon_2 + \delta_1^- + \delta_2^+ + \delta_3^-$$ رابطه ۳۷)

Subjected to:

$$E\left(R^* - \sum_{i=1}^{n} \tilde{R}_i x_i\right) + \phi^{-1}(1-\zeta)\sigma\left(R^* - \sum_{i=1}^{n} \tilde{R}_i x_i\right) - \epsilon_1 + \delta_1^- = 0$$ رابطه ۳۸)

$$\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} \sigma_{ij} x_i x_j - \delta_2^+ = \sigma^*$$ رابطه ۳۹)

$$E\left(EF^* - \sum_{i=1}^{n} \tilde{E}F_i x_i\right) + \phi^{-1}(1-\zeta)\sigma\left(EF^* - \sum_{i=1}^{n} \tilde{E}F_i x_i\right) - \epsilon_2 + \delta_3^- = 0$$ رابطه ۴۰)

$$\sum_{i=1}^{n} x_i = 1$$ رابطه ۴۱)

$$L_i \le x_i \le U_i$$ رابطه ۴۲)

$\forall i = 1, 2, \ldots, n$

$\delta_1^- \geq 0, \delta_2^+ \geq 0, \delta_3^- \geq 0$ رابطه ۴۳)

$\in_1 \geq 0, \in_2 \geq 0$ رابطه ۴۴)

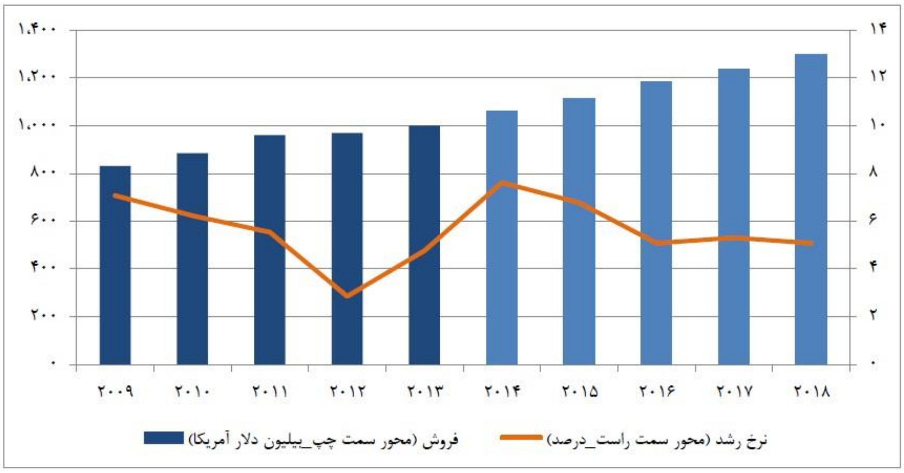
در مدل (۱۰) شاهد تبدیل سه تابع هدف مدل(۹)، به یک هدف هستیم. علاوه بر این تابع هدف اول و سوم تحت تأثیر رابطه ۲۲) از مدل(۶) قرارگرفته‌اند و به ترتیب، به رابطه ۳۸) و رابطه ۴۰) تبدیل‌شده‌اند. تابع هدف دوم به دلیل قطعی بودن، تحت تاثیر رابطه ۲۲) قرار نگرفت و بصورت برنامه‌ریزی توافقی در محدودیت‌ها قرار قرار گرفت. سایر روابط بدون هیچ تغییری در مدل(۱۰) لحاظ شدند. در بخش بعد، مدل ارائه‌شده در بورس دارویی اوراق بهادار تهران پیاده‌سازی می‌گردد.

مثال عددی

میزان مصرف دارو در بازار جهانی در سال ۲۰۱۴ میلادی از ۱ تریلیون دلار عبور کرد و انتظار می‌رود تا سال ۲۰۱۸ به حدود ۳/۱ تریلیون دلار برسد. در نظر گرفتن نرخ واقعی تبدیل ارزهای مختلف جهان به دلار آمریکا در سال های گذشته و پیش‌بینی آن برای سال های آتی نشان می دهد که میزان مصرف دارو برای کل دوره مربوط به سال های ۲۰۱۸-۲۰۱۴ حدود ۳۲۰-۲۹۰ میلیارد دلار آمریکا افزایش خواهد یافت که در مقایسه با ۱۹۴ میلیارد دلار برای دوره مربوط به سال های ۲۰۱۳-۲۰۰۹ رقم قابل توجهی محسوب می‌شود. این در حالی است که در صورت استفاده از نرخ ارز ثابت، مقدار مطلق رشد مصرف به حدود ۳۰۵-۳۳۵ میلیارد خواهد رسید که نسبت به رقم ۲۱۹ میلیارد دلار سال‌های ۲۰۱۳-۲۰۰۹ افزایش چشمگیری داشته است.

هر چند انتظار می‌رود بهبود وضعیت اقتصادی جهان که در چند سال اخیر آغاز شده در سال های پیش رو نیز تداوم داشته باشد، ولی امکان دارد رشد بازار جهانی دارو تا حدودی به دلیل شکننده بودن بهبود اقتصادی اروپا، تنش های سیاسی روسیه و وقایع اخیر آفریقا و خاورمیانه تحت تأثیر قرار گیرد. در سال های ۲۰۱۸-۲۰۱۴ جمعیت افراد با سن ۶۵ سال به بالا در سطح جهان با نرخی بیشتر از سایر گروه‌های سنی افزایش‌یافته است. پیش‌بینی می‌شود که حدود ۳۰ درصد کل رشد سنی جمعیت در پنج سال آتی، مربوط به این سنین باشند. به‌طورکلی تغییرات درمان بیماری‌های مزمن و وجود جمعیت در حال پیر شدن عامل مؤثر بر بازارهای توسعه‌یافته خواهد بود، رشد جمعیت هم‌زمان با بهبود دسترسی به سیستم بهداشت بهتر جهت‌گیری بازارهای نوظهور را تعیین خواهد کرد.

شکل ۱ مصرف جهانی دارو و نرخ رشد مرکب سـالانه آن را در سـال هـای ۲۰۱۸-۲۰۰۹ نشـان می دهد بهبود وضعیت اقتصادی جهان، کاهش تعداد داروهایی که تاریخ فروش انحصاری آن هـا بـه پایان می‌رسد در کشورهای توسعه‌یافته، عرضه داروهای جدید و رشد بازارهای نوظهور به رشد ۴ تا ۷ درصدی مصرف دارو در جهان در سال ۲۰۱۸ و بعد از آن کمـک خواهـد کـرد (گـروه تحقیقـات اقتصادی بانک خاورمیانه، ۱۳۹۴).



نمودار ۱. مصرف جهانی دارو و نرخ رشد سالانه آن

با توجه به دلایل ذکرشده، صنعت دارو، زمینه مناسبی برای سرمایه‌گذاری صاحبان سرمایه می‌باشد، از این‌رو ۲۰ شرکت دارویی در بورس اوراق بهادار تهران، به‌عنوان مطالعه موردی انتخاب‌شده‌اند تا با استفاده از مدل ارائه‌شده در این پژوهش، مورد ارزیابی قرار گرفته و یک سبد بهینه سهام تشکیل گردد. اطلاعات مربوط به سهام این شرکت‌ها، از تاریخ ژانویه ۲۰۱۴ تا ژانویه ۲۰۱۷ که از سایت http://www.tsetmc.com جمع‌آوری‌شده است به‌صورت روزانه مورد بررسی و استفاده قرار گرفت.

با قرار دادن اطلاعات و همچنین تعیین میزان سقف و کف در مدل (۱۰) و حل آن با نرم‌افزار GAMS 24.8 ، سهام بهینه و میزان سرمایه‌گذاری در هر یک به دست آمد. در این مطالعه موردی یک تحلیل حساسیت بر روی میزان سقف خرید از هر سهم، صورت گرفته است. در این تحلیل حساسیت، مقدار سقف از مقدار ۰/۰۵ شروع‌شده است چون به ازای مقادیر کمتر، از تمام بودجه در انتخاب سبد سهام بهینه استفاده نمی‌گردد. به‌منظور انجام تحلیل حساسیت در هر بار، مقدار ۰/۰۵

به مقدار قبلی آن افزوده می‌شود. از سویی دیگر مقدار پارامتر ξ نیز در جواب حاصل از آن تاثیر خواهد گذاشت. این مقدار را ۰/۰۵ در نظر می‌گیریم. نتایج حاصل از این تحلیل حساسیت در هر یک از توابع هدف به ازای مقادیر حاصل از مدل(۱۰) مورد بررسی قرار گرفته است. جدول ۱، تحلیل حساسیت میزان سقف متغیر تصمیم را با توجه به تغییرات سه تابع هدف یعنی بازده سبد سهام در روز، واریانس یا ریسک سبد سهام در روز و میزان نقدشوندگی سبد سهام را نشان می‌دهد.

جدول -. تحلیل حساسیت میزان سقف متغیر تصمیم به ازای $\xi = 0.05$

سقف	بازده سبد سهام (R-0.025)	نقدشوندگی سبد سهام (EF-0.025)	واریانس (V-0.025)
۰/۰۵	۰/۰۲۵	۰/۸۰۶	۰/۰۳۸
۰/۱۰	۰/۰۲۶	۰/۹۳۳	۰/۰۱۸
۰/۱۵	۰/۰۲۰	۰/۹۵۲	۰/۰۱۷
۰/۲۰	۰/۰۳۶	۰/۹۴۸	۰/۰۱۵
۰/۲۵	۰/۰۳۴	۰/۹۳۷	۰/۰۱۳
۰/۳۰	۰/۰۳۶	۰/۹۲۹	۰/۰۱۲
۰/۳۵	۰/۰۳۸	۰/۹۲۴	۰/۰۱۱
۰/۴۰	۰/۰۴۲	۰/۹۲۰	۰/۰۱۱۵
۰/۴۵	۰/۰۵۰	۰/۹۱۵	۰/۰۱۰
۰/۵۰	۰/۰۵۰	۰/۹۱۰	۰/۰۱۰

با افزایش حد بالای متغیر تصمیم و هم‌زمان با آن ثابت ماندن حد پایینِ آن، انتظار داریم که به‌طور کل مقادیر تابع هدف مدل(۱۰) بدتر نشود. نتایج نیز نشان می‌دهد که به ازای افزایش سقف میزان خرید، با افزایش بازده میزان ریسک سبد سهام کاهش می‌یابد، زیرا سهام با بازده بیشتر و ریسک کمتر محدودیت خریدشان، کاهش می‌یابد. اما میزان نقدشوندگی با افزایش سقف خرید هر سهم، کاهش می‌یابد در واقع سقف افزایش سقف خرید اگرچه موجب افزایش فضای حل و در نتیجه بهبود بازده و ریسک شده است ولی بر میزان نقدشوندگی تاثیر منفی داشته است. سوالی که پیش می‌آید این است که سقف خرید سهام در این سبد چقدر باشد؟ در پاسخ به این سوال می‌توان گفت که این موضوع به تابع مطلوبیت سرمایه‌گذار بستگی دارد. این‌که شخص سرمایه‌گذار نقدینگی بیشتر را به بازده بیشتر و ریسک کمتر ترجیح میدهد و یا خیر.

در ادامه به تحلیل حساسیت پارامتر ξ پرداخته می‌شود. با کاهش این پارامتر، فضای حل کوچکتر می‌شود زیرا عدم‌قطعیت بیشتری در مدل لحاظ می‌گردد. بنابراین انتظار داریم تا تابع هدف مدل نهایی بهتر نشود. در نتیجه تابع هدفی که تحت تاثیر مدل ارائه شده، در محدودیت‌ها قرار می‌گیرد با احتمال بالاتری برقرار است.

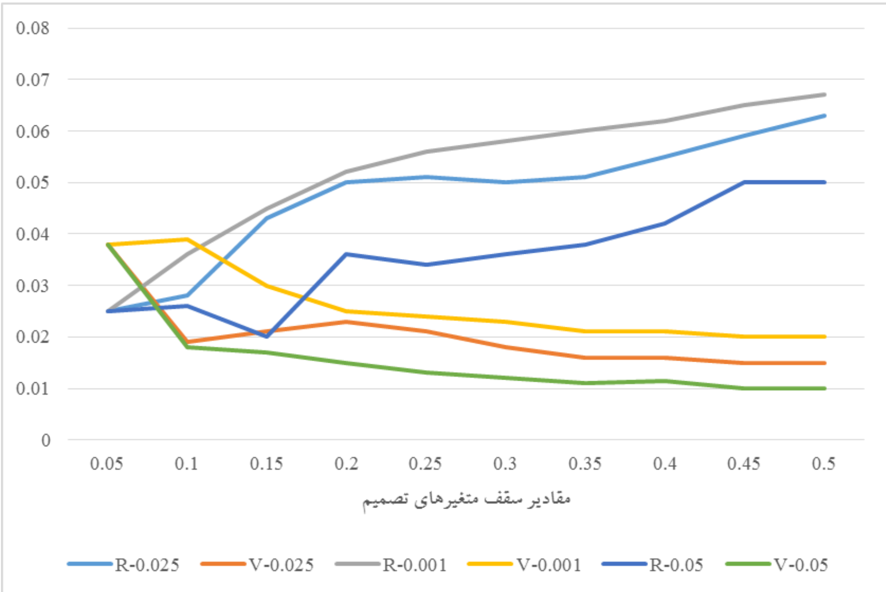
جدول ۲- تحلیل حساسیت میزان به ازای $\xi = 0.025$

واریانس (V-0.025)	نقدشوندگی سبد سهام (EF-0.025)	بازده سبد سهام (R-0.025)	سقف
۰/۰۳۸	۰/۸۰۶	۰/۰۲۵	۰/۰۵
۰/۰۱۹	۰/۹۵۵	۰/۰۲۸	۰/۱۰
۰/۰۲۱	۰/۹۷۳	۰/۰۴۳	۰/۱۵
۰/۰۲۳	۰/۹۸۰	۰/۰۵۰	۰/۲۰
۰/۰۲۱	۰/۹۸۰	۰/۰۵۱	۰/۲۵
۰/۰۱۸	۰/۹۷۸	۰/۰۵۰	۰/۳۰
۰/۰۱۶	۰/۹۷۶	۰/۰۵۱	۰/۳۵
۰/۰۱۶	۰/۹۷۶	۰/۰۵۵	۰/۴۰
۰/۰۱۵	۰/۹۷۵	۰/۰۵۹	۰/۴۵
۰/۰۱۵	۰/۹۷۵	۰/۰۶۳	۰/۵۰

جدول ۳- تحلیل حساسیت میزان به ازای $\xi = 0.001$

واریانس (V-0.001)	نقدشوندگی سبد سهام (EF-0.001)	بازده سبد سهام (R-0.001)	سقف
۰/۰۳۸	۰/۸۰۶	۰/۰۲۵	۰/۰۵
۰/۰۳۹	۰/۹۶۷	۰/۰۳۶	۰/۱۰
۰/۰۳۰	۰/۹۸۱	۰/۰۴۵	۰/۱۵
۰/۰۲۵	۰/۹۸۲	۰/۰۵۲	۰/۲۰
۰/۰۲۴	۰/۹۸۰	۰/۰۵۶	۰/۲۵
۰/۰۲۳	۰/۹۸۰	۰/۰۵۸	۰/۳۰
۰/۰۲۱	۰/۹۷۹	۰/۰۶۰	۰/۳۵
۰/۰۲۱	۰/۹۷۸	۰/۰۶۲	۰/۴۰
۰/۰۲۰	۰/۹۷۶	۰/۰۶۵	۰/۴۵
۰/۰۲۰	۰/۹۷۵	۰/۰۶۷	۰/۵۰

با توجه به تحلیل حساسیت انجام شده بر روی پارامتر ξ ، همانطور که انتظار داشتیم، تابع هدف مدل نهایی بهتر نشد. با کاهش مقدار ξ، مقدار توابع اولیه یعنی بازده، نقدشوندگی و واریانس که در مدل ارائه شده در محدودیت‌ها قرار گرفته بودند، مقادیر بدتری را اختیار نکردند(یا بهبود یابد و یا تغییری نداشته باشد). در شکل ۱، نمودار V-0.001 بالاتر از دو نمودار دیگر و نمودار V-0.025 بالاتر از نمودار V-0.05 قرار گرفته است. همچنین نمودار R-0.001 بالاتر از دو نمودار دیگر و R-0.025 بالاتر از نمودار R-0.05 قرار گرفته است که تاییدی بر انتظارات ما از مدل بوده است.



شکل۱- نمودار بازده و واریانس تحلیل حساسیت

در شکل۲، شاخص نقدشوندگی به ازای تحلیل حساسیت، نشان داده شده است. در این نمودار نیز EF-0.001 پایین‌تر از دو نمودار دیگر قرار نگرفته است و EF-0.025 پایین‌تر از EF-0.05 قرار نگرفته است. همان‌طور که از مدل انتظار داشتیم، جواب حاصل از کاهش پارامتر ξ نشده است که خود تاییدی بر اعتبار مدل می‌باشد. در مورد انتخاب مقدار سقف متغیرهای تصمیم، همان‌طور که پیش از این بحث شد، این امر به مطلوبیت سرمایه‌گذار بستگی دارد.

۵- نتیجه‌گیری و بحث

در این مقاله بهینه‌سازی سبد سهام در حالت عدم قطعیت مورد مطالعه قرار گرفت و ایـن عـدم قطعیت در بازده روزانه هر سهم و شاخص نقدشوندگی آن‌ها نشان داده شـد. رویکـرد برنامـه‌ریـزی تصادفی برای تبدیل عدم قطعیت به حالت قطعیت و برنامه‌ریزی توافقی برای تک هدفه شدن چنـد هدف، به‌صورت ترکیبی مورد استفاده قرار گرفت. در مدل پیشنهادی، شاخص نقدشوندگی هر سهم نیز علاوه بر دو تابع بازده و ریسک، به‌عنوان تابع هدف سوم در نظر گرفته شد تـا میـزان نقـدینگی سبد سهام نیز لحاظ گردد. محدودیت سقف و کف متغیر تصمیم در مدل ارائه‌شده، به مدل رنـگ و بوی دیگری بخشید و حد بالای متغیرهای تصمیم مـورد تحلیـل حساسـیت واقـع شـد. بـه‌منظـور آزمایش مدل ارائه‌شده از اطلاعات مربوط به سهام ۲۰ شرکت دارویی از بازار بورس تهـران اسـتفاده شد و اعتبار مدل ارائه شده با تحلیل حساسیت پارامتر ξ بررسی شد. تحلیل‌ها نشان داد کـه نتـایج حاصل از مدل منطقی می‌باشد.

به‌عنوان تحقیقات آتی پیشنهاد می‌شود تا محدودیت کاردینـالیتی بـه مـدل ارائـه‌شـده، اضـافه گردد. علاوه بر این می‌توان این مدل را در سایر حـوزه‌هـای صـنعتی و غیرصـنعتی در بـازار بـورس تهران به‌کار برد. استفاده از سایر عدم قطعیت‌ها و ترکیب آن با حالت تصادفی می‌تواند بـه جـذابیت این مدل بیافزاید. همچنین استفاده از سایر سنجه‌های ریسک مانند ارزش در معـرض‌خطـر و ارزش شرطی در معرض خطر در انتخاب پورتفوی بهینه، پیشنهاد می‌گردد.

فهرست منابع

* امیری، م. (۱۳۸۸)، "بهینه‌سازی سبد سهام با استفاده از برنامه‌ریزی سازشی ضد ایده‌آل". فصلنامه علمی-پژوهشی مطالعات مدیریت صنعتی، سال ششم، شماره ۱۵، صفحات ۱۴۳ تا ۱۶۵.
* شریفی سلیم، ع.ر. ؛ مومنی، م.؛ مدرس یزدی، م.؛ راعی، ر. (۱۳۹۴)، "برنامه‌ریزی تصادفی چندهدفه برای انتخاب سبد سهام". مجله مدیریت صنعتی، دوره ۷، شماره ۳، صفحات ۴۸۹ تا ۵۱۰.
* کریمیان، ن. و عابدزاده، م. (۱۳۹۱)، " برنامه‌ریزی آرمانی مینیماکس در مسئله چندهدفه انتخاب سبد سرمایه‌گذاری در شرایط تصادفی". مجله مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار، شماره دوازدهم.
* موشخیان، س.؛ نجفی، ا.ع؛ (۱۳۹۴)، "بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری با استفاده از الگوریتم چند هدفه ازدحام ذرات برای مدل احتمالی چند دوره‌ای میانگین-نیم‌واریانس-چولگی". مجله مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار، شماره بیست و سوم.
* ناصری‌فرد، ع.ر. (۱۳۸۷)، "انتخاب سبد سرمایه‌گذاری با استفاده از مدل برنامه‌ریزی تصادفی چند هدفه در سهام منتخب بورس اوراق بهادار تهران"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم و تحقیقات، دانشکده مدیریت، تهران.
* گروه تحقیقات اقتصادی بانک خاورمیانه (۱۳۹۴)، "بررسی صنعت داروسازی ایران".
* Ackooij, W. V., Zorgati, R., Henrion, R., & Möller, A. (2011). Chance constrained programming and its applications to energy management, stochastic optimization. Anonymous InTech.
* Aouni, B., Ben Abdelaziz, F., Martel, J.M. (2005), “Decision-maker’s preferences modeling in the stochastic goal programming”. European Journal of Operational Research 162, 610–618.
* Ballestero, E., Romero, C. (1996), “Portfolio selection: A compromise programming solution”. Journal of Operational Research Society 47, 1377–1386.
* Beale, E. M. L. & Forest, J. J. H. (1976). Global optimization using special ordered sets. Mathematical Programming, 10(1), 52-69.
* Ben Abdelaziz, F., Mejri, S. (2001), “Application of goal programming in a multi-objective reservoir operation model in Tunisia”, European Journal of Operational Research 133, 352–361.
* Charnes, A., Cooper, W.W. (1963), “Deterministic equivalents for optimizing and satisfying under chance constraints”. Operations Research 11, 18–39.
* Fernández A. & Gómez, S. (2007). Portfolio selection using neural networks. Computers & Operations Research, 34(4), 1177-1191.
* Fouad Ben Abdelaziz, Belaid Aouni, Rimeh El Fayedh, (2007), “Multi-objective stochastic programming for portfolio selection”, European Journal of Operational Research 177, 1811–1823.

* Fouad Ben Abdelaziz, Hatem Masri, (2010), “a compromise solution for the multiobjective stochastic linear programming under partial uncertainty”, European Journal of Operational Research 202, 55–59.
* Fouad Ben Abdelaziz, (2012), “Solution approaches for the multiobjective stochastic programming”, European Journal of Operational Research 216, 1–16.
* Geletu, A. (2012). Chance constrained optimization-applications, properties and numerical issues.
* Jian Zhou, Fan Yang, Ke Wang, (2014), “Multi-objective optimization in uncertain random environments”, Fuzzy Optim Decis Making, 13:397–413
* Kolm, P.N., Tütüncü, R. & Fabozzi, F. J. (2014). 60 Years of portfolio optimization: Practical challenges and current trends. European Journal of Operational Research, 234(2), 356-371.
* Kumar, P.C., Philippatos, G.C., Ezzell, J.R. (1978), “Goal programming and the selection of portfolios by dual-purpose funds”, The Journal of Finance 33, 303–310.
* La Torre, D., & Mendivil, F. (2016), “Portfolio optimization under partial uncertainty and incomplete information: a probability multimeasure-based approach”, Annals of Operations Research, 1-13.
* Lai, T.Y. (1991), “Portfolio selection with skewness: A multiple-objective approach”. Review of Quantitative Finance and Accounting, 293–305.
* Lee, S.M., Chesser, D.L. (1980), “Goal Programming for Portfolio Selection”, the Journal of Portfolio Management (Spring), 22–26.
* Levary, R.R., Avery, M.L. (1984), “On practical application of weighting equities in a portfolio via goal programming”, Operation Research 21, 246–261.
* Markowitz, H. (1952). Portfolio selection. The journal of finance, 7(1), 77-91.
* Muhlemann, A.P., Lockett, A.G., Gear, A.E. (1978), “Portfolio modeling in multiple-criteria situations under uncertainty”. Decision Sciences 9, 612–626.
* Ogryczak, W. (2000), “Multiple criteria linear programming model for portfolio selection”. Annals of Operations Research 97, 143–162.
* Prakash, A.J., Chang, C., Pactwa, T.E. (2003), “Selecting a portfolio with skewness: Recent evidence from US, European, and Latin American equity markets”, Journal of Banking and Finance 27, 1375–1390.
* Pre´kopa, A. (1995), “Stochastic Programming”, Kluwer Academic Publishers.
* Shahinidis, N.V., 2004. “Optimization under uncertainty: State of the art and opportunities”, Computers and Chemical Engineering 28, 971–983.
* Sharpe, W. F. (1963). A simplified model for portfolio analysis. Management science, 9(2), 277-293.
* Shing, C., Nagasawa, H. (1999), “Interactive decision system in stochastic multi-objective portfolio selection”. International Journal of Production Economics 60–61, 187–193.
* Steuer, R.E., Na, P. (2003), “Multiple criteria decision making combined with finance: A categorized bibliographic study”, European Journal of Operational Research 150, 496–515.

* Tamiz, M., Hasham, R., Jones, D.F., Hesni, B., Fargher, E.K. (1996), "A two staged goal programming model for portfolio selection". In: Tamiz, M., (Ed.), Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems 432, pp. 286–299.
* Zeleny, M. (1974), "A concept of compromise solutions and the method of the displaced ideal", Computers and Operations Research 1,479–496.
* Zeleny, M. (1982), "Multiple Criteria Decision Making", McGraw-Hill, New York.
* Ziemba, W.T., Mulvey, J.M. (1998), "Worldwide Asset and Liability Modeling", Cambridge University Press.

یادداشت‌ها

1. Portfolio Optimization
2 Goal Programming
3 Compromise Programming
4 Stochastic Programming
5 Stochastic Goal Programming
6 Chance Constrained Compromise Programming
7 Stochastic
8. Cardinality Constraint Mean-Variance (CCMV)