هشتمین کنفرانس ملی
مطالعات مدیریت و اقتصاد در علوم انسانی
8th National Conference on
Management Studies and Economics in the Humanities
www.spconf.ir

بهینه‌سازی سبد سهام با استفاده از مدل ارزش در معرض خطر شرطی با رویکرد شبیه‌سازی

فاطمه جعفری[۱]، نازنین علی‌بیگی‌بنی[۱]، مهدی کریمخانی[۲]، امین ایزدیار[۳]

[۱]دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه علم و صنعت، تهران، ایران
[۲]گروه مهندسی مالی، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، تهران، ایران
[۳]دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه شریف، تهران، ایران

چکیده

یکی از رویکردهای جدید برای بهینه‌سازی پرتفوی سرمایه‌گذاری، استفاده از روش ارزش در معرض ریسک شرطی است. به دلیل نرمال نبودن توزیع بازده دارایی‌ها و همچنین درنظرگرفتن تنها نوسانات منفی در بازده، این سنجه نتایج بهتر و نزدیک‌تر به واقعیت ایجاد می‌کند. این مدل با افزودن سنجه‌ی آنتروپی و با حل آن به وسیله‌ی شبیه‌سازی با درنظرگرفتن عدم قطعیت و تنوع نتیجه‌ای نزدیک‌تر به واقعیت به وجود می‌آورد. در این پژوهش ۶ نماد از سهام گروه کانی‌های غیرفلزی طی ۱۸ ماه اخیر برای پیاده‌سازی مدل میانگین ارزش در معرض خطر مشروط با رویکرد شبیه‌سازی انتخاب گردیده است.

نتایج بدست آمده نشان می‌دهند با توجه به تنوع بیشتر سبد سرمایه‌گذاری که با افزودن سنجه‌ی حداکثر آنتروپی به مدل به وجود آمده، در یک سطح مشخص از بازده، ریسک به صورت قابل‌توجهی کاهش یافته است. همچنین با بررسی نتایج تخمین‌های بدست آمده از مدل‌ها با داده‌های بازار این نتیجه حاصل می‌شود که این مدل نتایجی نزدیک‌تر به واقعیت برای سرمایه‌گذاران ایجاد می‌کند.

کلمات کلیدی: بهینه‌سازی سبد سهام، ارزش در معرض خطر شرطی، تنوع‌بخشی، شبیه‌سازی، سنجه‌ی ریسک

۱. مقدمه

هری مارکوویتز، یکی از مشهورترین متخصصان سرمایه‌گذاری، در سال ۱۹۵۲ بهینه‌سازی سبد سهام را به عنوان یک روش جدید برای سرمایه‌گذاری معرفی کرد. مارکوویتز بر این باور بود که سرمایه‌گذاری در سهام باید بر اساس ترکیبی از سهام با بازدهی بالا و ریسک کم باشد و با استفاده از نظریه‌ی مدل سهام - اوراق بهادار، با استفاده از مجموعه‌ای از سهام، بهینه‌سازی سبد سهام را ارائه داد.

اولین مدل ریاضی در بهینه‌سازی سبد سهام توسط مارکویتز معرفی شد. در این مدل از میانگین قیمت سهام به عنوان بازده و از واریانس آن‌ها به عنوان ریسک پورتفوی استفاده شده بود. واریانس به عنوان معیار ریسک دارای نقاط ضعفی است. از جمله اینکه این سنجه توزیع داده‌های ورودی را نرمال فرض می‌کند. برای رفع این مشکلات محققان طی سال‌های اخیر سنجه‌های جدیدی را معرفی کرده‌اند مانند انحراف معیار، نیم واریانس و سنجهٔ بتا. استفاده از این سنجه‌ها برای اندازه‌گیری ریسک، نیز مشکلات متعددی را پدید آورده است. به عنوان مثال می‌توان به سنجهٔ انحراف معیار اشاره نمود که وزن یکسانی برای سرمایه‌گذاران با بازده‌های منفی و بازده‌های مثبت در نظر می‌گیرد، این در حالی است که رفتار مؤسسات و سرمایه‌گذاران در برابر سود و زیان متفاوت است. از این رو برای رفع این مشکلات، سنجه ارزش در معرض خطر مطرح شد و تا حدی توانست مشکلات گذشته را رفع نماید. اما سنجه ارزش در معرض خطر خود، به دلیل منسجم نبودن مشکلاتی را پدید آورده است و لذا در مطالعات اخیر از سنجه دیگری به نام ارزش در معرض خطر شرطی استفاده می‌شود. [۱]

مدل ارزش در معرض خطر شرطی که توسط راکافلار و اوریاسف در سال ۲۰۰۰ معرفی شد، به دنبال به حداقل رساندن میزان خطر سرمایه‌گذاری‌ها در شرایط بازارهای بحرانی است. ارزش در معرض خطر شرطی در سطح α به معنای بازده پرتفوی در بدترین و پرضررترین α از بازده تاریخی پرتفوی می‌باشد. [۲]

اندازه‌گیری ارزش در معرض خطر مشروط به‌ویژه در زمینه بهینه‌سازی پورتفوی مفید است زیرا زیان‌های احتمالی را فراتر از یک آستانه مشخص می‌گیرد و آن را به معیاری قوی‌تر از ریسک نسبت به معیارهای سنتی مانند واریانس یا انحراف استاندارد تبدیل می‌کند. با گنجاندن حداکثر آنتروپی در فرایند بهینه‌سازی پرتفوی، سرمایه‌گذاران می‌توانند دامنه وسیع‌تری از احتمالات را در نظر بگیرند و تصمیمات آگاهانه‌تری بگیرند.

طی سال‌های اخیر محققان با افزودن محدودیت‌های مختلف در پی کارآمدتر کردن مدل بهینه‌سازی و نزدیک‌تر کردن نتایج آن به واقعیت بودند. یکی از محدودیت‌های مورد استفاده در مدل‌های بهینه‌سازی، محدودیت تنوع‌پذیری است. این بدین معناست که پورتفوی با بیشترین تعداد سهم ممکن بسته شود.

مفهوم حداکثر آنتروپی مبتنی بر این ایده است که وقتی اطلاعات ناقص وجود دارد، بهترین راه برای تصمیم‌گیری انتخاب گزینه‌ای است که بالاترین آنتروپی یا بیشترین تنوع را دارد. در بهینه‌سازی پورتفولیو، این به معنای در نظر گرفتن طیف وسیعی از نتایج احتمالی و انتخاب پرتفویی است که بازده مورد انتظار را به حداکثر برساند و در عین حال خطرات را به حداقل برساند. [۱]

در فصل دوم مبانی نظری و پیشینهٔ مدل و نحوه بهینه‌سازی یک سبد سهام را با استفاده از معیار ارزش شرطی در معرض خطر با در نظر گرفتن حداکثر آنتروپی بررسی شده است. همچنین در این بخش در مورد مزایای استفاده از اندازه‌گیری ارزش در معرض خطر مشروط بحث خواهیم کرد و توضیح خواهیم داد که چگونه حداکثر آنتروپی را در فرایند بهینه‌سازی پورتفولیو بگنجانیم. در فصل سوم نتایج بدست آمده از پیاده‌سازی

مدل توسط کد گمز و شبیه‌سازی آن‌ها با نرم‌افزار RISK@ تحلیل آن‌ها آورده شده و در آخر در فصل چهارم در مورد نتایج کلی تحقیق بحث خواهیم کرد.

۲. مبانی نظری و پیشینه تحقیق

نظریه مدرن پورتفوی: این نظریه در سال ۱۹۵۲ توسط مارکویتز معرفی گشت. در این مدل ریسک توسط واریانس و بازده توسط داده‌های تاریخی تخمین زده می‌شد و با تبدیل مسئله به یک برنامه‌ریزی دوهدفه آن را حل می‌نمود. این مدل دارای اشکالاتی بود ازجملهٔ این اشکالات می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱. در نظر گرفتن نرمال بودن توزیع داده‌ها

۲. در نظر گرفتن نوسانات مثبت و منفی به عنوان ریسک

۳. در نظر گرفتن بازار به عنوان یک بازار کارا و

۴. در نظر نگرفتن عدم‌قطعیت برای داده‌ها اشاره کرد. [۳]

یکی از ماهیت‌های اصلی بازارهای مالی، نوسانی و پرتلاطم بودن آن است. این امر سبب آن شده است که مدیران در بنگاه‌های مالی گاه کاهش ارزش دارایی‌ها و گاه ورشکستگی حاصل از کاهش دارایی‌ها را تجربه نمایند و درصدد اندازه‌گیری و کنترل آن باشند. استفاده از سنجه‌هایی همچون انحراف معیار، ضریب بتا و دیرش برای اندازه‌گیری ریسک، مشکلات متعددی را پدید آورده است. به عنوان مثال می‌توان به سنجهٔ انحراف معیار اشاره نمود که وزن یکسانی برای سرمایه‌گذاران با بازده‌های منفی و بازده‌های مثبت در نظر می‌گیرد، این در حالی است که رفتار مؤسسات و سرمایه‌گذاران در برابر سود و زیان متفاوت است. از این رو برای رفع این مشکلات، سنجه ارزش در معرض خطر مطرح شد و تا حدی توانست مشکلات گذشته را رفع نماید. اما سنجه ارزش در معرض خطر خود، به دلیل منسجم نبودن مشکلاتی را پدید آورده است و لذا در مطالعات اخیر از سنجه دیگری به نام ارزش در معرض خطر شرطی استفاده می‌شود. ارزش در معرض خطر شرطی سنجه‌ای منسجم بوده و عملکرد محافظه‌کارانه‌تری نسبت به سنجهٔ ارزش در معرض خطر دارد. [۳]

اگرچه ارزش در معرض خطر با از میان برداشتن مفروضاتی که عموماً برای سنجش ریسک در نظر گرفته می‌شود، تخمین‌های معقول‌تری از ریسک به دست می‌دهد. اما به‌رغم همه شواهد تجربی دال بر کارایی ارزش در معرض خطر در پیش‌بینی ریسک، ارزش در معرض خطر تنها یک صدک است و به عنوان یک صدک کاربردهای خود را دارد ولی به عنوان یک سنجه ریسک راضی‌کننده نیست. معیار ارزش در معرض خطر فاقد خاصیت جمع‌پذیری است، بدین معنی که ارزش در معرض خطر یک سبد دارایی، ممکن است از مجموع ارزش در معرض خطر هر دارایی به‌تنهایی، بیش‌تر باشد. با توجه به این مسائل، ریزش مورد انتظار یا ارزش در معرض خطر مشروط سنجه‌ای است که از ویژگی انسجام برخوردار بوده و بنابراین نسبت به ارزش در معرض خطر از اعتبار بیشتری برخوردار است. [۴]

مدل "ارزش در معرض خطر شرطی" که توسط راکافلار و اوریاسف (۲۰۰۰) معرفی شد، به دنبال به حداقل رساندن میزان خطر سرمایه‌گذاری‌ها در شرایط بازارهای بحرانی است. با استفاده از ارزش در معرض خطر شرطی، می‌توان انتظار خسارت‌های بعد از سطح خطر را اندازه‌گیری کرد و

در نتیجه، سرمایه‌گذاران و مدیران پرتفوی می‌توانند تصمیمات بهتری درباره سرمایه‌گذاری‌های خود اتخاذ کنند. به طور خاص، با کاهش ارزش در معرض خطر شرطی پرتفوی، پرتفوی بهینه‌تری با همخوانی بیشتری بین عملکرد و خطر می‌توان ساخت. در این مدل، مطالعه شود که در صورتی که سرمایه‌گذاری به یک بازه زمانی خاص، بازدهی زیر حداقل مشخص شده باشد، چه اتفاقی خواهد افتاد. به عبارت دیگر، در این مدل، مقدار ارزش در معرض خطر شرطی برای بازدهی‌های کمتر از مقدار حداقل مشخص شده محاسبه می‌شود. این مدل به سرمایه‌گذاران کمک می‌کند تا ریسک سرمایه‌گذاری خود را بهبود بخشند و بازدهی سرمایه‌گذاری خود را به حداکثر برسانند. بر خلاف معیارهای ریسک سنتی مانند انحراف استاندارد یا ارزش در معرض خطر که تنها بدترین سناریو را در نظر می‌گیرند، مدل ارزش در معرض خطر شرطی کل توزیع بازده را در نظر می‌گیرد و دید ظریف‌تری از زیان‌های احتمالی ارائه می‌دهد.

ارزش در معرض خطر شرطی متغیر تصادفی زیان X در سطح اطمینان ۱۰۰درصد در حالت کلی عبارت است از زیان مورد انتظار به‌شرط آن که زیان، بیش از صدک ۱۰۰ام باشد. روش‌های مختلفی برای برآورد ارزش در معرض خطر و ارزش در معرض خطر شرطی وجود دارد که در بخش مروری بر پیشینه پژوهش به تعدادی از آنها اشاره می‌شود. اما روش‌های مذکور، استواری سنجه ارزش در معرض خطر و ارزش در معرض خطر شرطی را در نظر نمی‌گیرند. [۵]

۳. مدل‌سازی

نحوهٔ محاسبهٔ این سنجه به صورت زیر است:

۱. محاسبه بازده پورتفوی به‌وسیلهٔ داده قیمت‌های تاریخی روزانه:

$$E[X] = \mu_1 x_1 + \mu_2 x_2 + \cdots + \mu_n x_n$$

x_nنماینده ی سهم n از بین سهام موجود برای پورتفوی و y تحقق رویداد های تصادفی ست یعنی انتخاب یک سهم از بین سهام موجود است.

۲. تابع $f(x,y)$ نماینده ی زیان پورتفوی است:

$$f(x,y) = -y^t x = -[y_1 x_1 + \cdots + y_n x_n]$$

۳. فرض می‌کنیم تابع چگالی احتمال بردار تصادفی y را با $p\ (y)$ نشان داده می شود. برای یک بردار تصمیم ثابت تابع توزیع تجمعی ضرر مربوط به آن به صورت زیر محاسبه می شود:

$$\psi\ (x,y) = \int_{f(x,y)\leq\gamma} \rho\ (y)\ dy$$

۴. برای سطح اطمینان معین α، VaR پورتفوی به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$V\,a\,R\ (x) = \min\{\gamma \in \mathrm{R} \mid \psi\ (x, \gamma) \geq \alpha\}$$

۵. همچنین CVaR پورتفوی به‌صورت زیر قابل محاسبه است:

$$CVaR(x) = \frac{1}{(1+\alpha)} \int_{f(x,y) \geq VaR_{\alpha}(x)} f(x,y)\, \rho\,(y)\, dy$$

از اوایل دهه هفتاد میلادی اندک اندک در میان سرمایه گزاران علاقه وافری در مورد اینکه چگونه می توان علاوه بر «ریسک و بازده» معیارهای بیشتری را در فرایند انتخاب سبد سهام در نظرگرفت شکل گرفت. به عنوان مثال افزودن سنجه ی تنوع بخشی به سبد و کمینه کردن ریسک توسط آن. این محدودیت ها باعث در نظر گرفتن شاخص های سرمایه گزاران در تصمیم گیری می شود و انتخاب سهام را با توجه به آن ها انجام میدهد. ر این تحقیق برای نزدیک کردن جواب ها به واقعیت و انعطاف بیشتر سبد در برابر نوسانات بازار از سنجه ی تنوع بخشی استفاده شده است که با انتخاب سهام بیشتر و تنوع دادن به سبد باعث پایین تر آمدت ریسک می شود. سنجه ی استفاده شده در این پژوهش ، سنجه ی توع بخشی جینی_سیمپسون است.

نحوه‌ی محاسبه‌ی این سنجه تنوع‌بخشی جینی_سیمپسون به صورت زیر می‌باشد:

$$Max\ E_{GS} = \sum_{i}^{n} x_j^2$$

که در این فرمول x_j به معنای سهم j ام در پورتفوی است.

بنابراین، طبق بحث بالا بهینه‌سازی پورتفوی با در نظر گرفتن بیشینه‌ی آنتروپی به صورت زیر فرمول می شود:

$$\text{Min CVaR} = \frac{1}{(1+\alpha)} \int_{f(x,y) \geq VaR_{\alpha}(x)} f(x,y)\, \rho\,(y)\, dy$$

$$Max\ E_{GS} = \sum_{i}^{n} x_j^2$$

$$y_i \geq \sum_{j=1}^{n} [(-\mu_j\, x_j - VaR] \qquad j = 1,2,\dots n$$

$$y_i \geq 0 \qquad i = 1,2,\dots n$$

$$\sum_{j=1}^{n} \mu_j\, x_j = E_0$$

$$\sum_{j=1}^{n} x_j = 1$$
$$x \geq 0$$

یکی از ویژگی‌های مهم در مدل‌های سبد سهام وجود عدم قطعیت داده‌های لازم می‌باشد؛ تا کنون تلاش‌های بسیاری برای در نظر گرفت پارامترهای غیرقطعی در مدل سبد مالی صورت گرفته است. بنتال و همکاران یک مسئله انتخاب سبد سهام چندمرحله‌ای استوار را با استفاده از رویکرد برنامه‌ریزی خطی مدل‌سازی کرده‌اند. مون و یائو مدل استوار قدرمطلق انحراف از میانگین را معرفی کردند. کوارانتا و زافارونی مدل استوار ارزش در معرض خطر مشروط را ارائه کردند. آن‌ها از رویکرد بنتال و نمیروفسکی برای توسعه مدل استوار مسئله انتخاب سبد سهام را در حالت چند هدفه توسعه دادند و از برنامه‌ریزی آرمانی برای حل آن استفاده نمودند. ژو و فوکوشیما مدل ارزش در معرض خطر مشروط در بدترین حالت را به کمک رویکردهای مختلف عدم‌قطعیت که شامل عدم‌قطعیت مکعبی عدم‌قطعیت بیضوی مدل‌سازی نمودند که در واقع دو رویکرد فوق منجر به مدل‌سازی به کمک روش‌های بن – تال و نمیروفسکی و برتسیماس و سیم می‌باشد. [۶]

مدل‌های حاصل از رویکردهای فوق منجر به مدل برنامه‌ریزی خطی و مدل بهینه‌سازی مخروطی مرتبه دوم می‌باشد که به‌راحتی قابل حل می‌باشند. چن و تان با استفاده از رویکرد بهینه‌سازی تصادفی (محدودیت شانس) و بهینه‌سازی استوار مدل میانگین_واریانس را توسعه دادند. آن‌ها بازده دارایی‌ها را به صورت غیرقطعی فرض کردند و مجموعه عدم‌قطعیت بازه‌ای برای توسعه بهینه‌سازی استوار در آن استفاده نمودند. [۷] لینگ و ژو مدل بهینه سازی استوار مسئله انتخاب سبد سرمایه را ارائه نمودند. در مدل ارائه شده توسط آن‌ها تمرکز بر روی واردکردن اختیار معامله در سبد سهام می‌باشد در این صورت ریسک به کمک اختیار معامله و استراتژی‌های موجود کنترل می‌شود. نکته جالب توجه در مدل آن ها استفاده از مجموعه عدم قطعیت بیضوی با حاشیه مشترک می‌باشد. پینار و پاک مدل میانگین - قدرمطلق نیمه انحراف از میانگین را به کمک مجموعه‌های عدم‌قطعیت بیضوی توسعه دادند. آن‌ها مدل‌سازی خود را برای مسائل تک دوره‌ای و چند دوره‌ای توسعه دادند. خیامیم و همکاران به ارائه یک مدل فازی برای به‌روزرسانی پرتفوی با در نظر گرفتن هزینه‌های معاملاتی پرداختند. آن‌ها دوره زمانی را به دوره‌های کوتاه‌تر تقسیم نمودند و در ابتدای هر دوره به بازنگری سبد سهام پرداختند. در این مدل هزینه‌های معاملاتی نیز در نظر گرفته شده است. حافظی و همکاران به ارائه یک مدل ترکیبی هوشمند برای پیش‌بینی بازار سهام تهران پرداختند. همچنین قندهاری و همکاران یک مدل برنامه‌ریزی آرمانی برای انتخاب پورتفوی بهینه با گشتاور بالا ارائه نمودند. [۳]

در این پژوهش از رویکرد شبیه‌سازی برای در نظر گرفتن عدم قطعیت داده‌ها استفاده شده است.

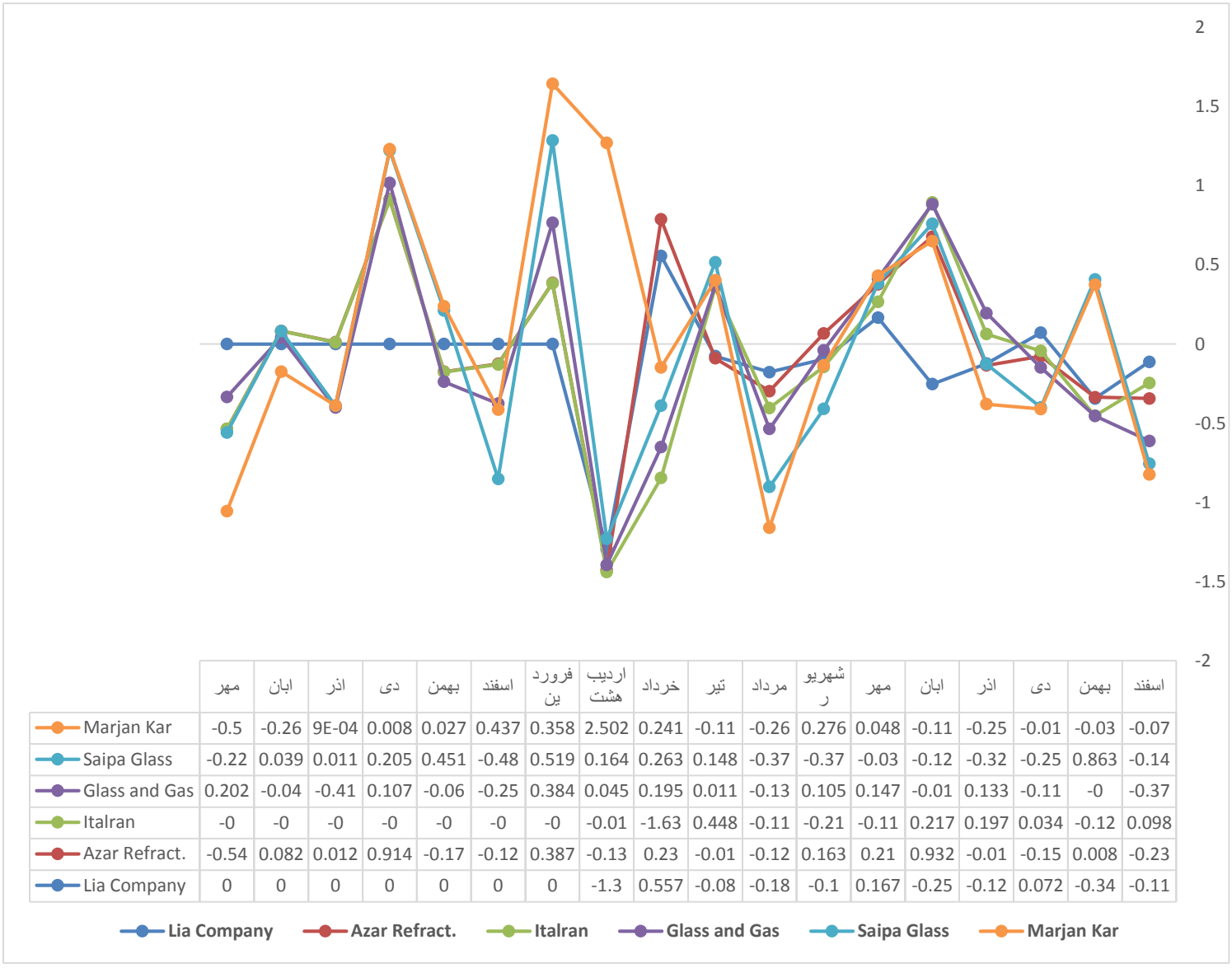
به این صورت که بازده‌های ماهانه‌ی هر سهم به عنوان داده‌ی ورودی و قابل تغییر به نرم‌افزار @RISK وارد شده و سپس مقدار ارزش در معرض خطر مشروط با توجه به داده‌ها ۱۰۰۰ بار حل شده و شبیه‌سازی می‌شود.

۴. تجزیه و تحلیل داده‌ها

برای شروع ابتدا میزان بازده ۶ سهم انتخابی را با استفاده از داده‌های تاریخی طی ۱۸ ماه اخیر محاسبه کردیم که نتایج در جدول زیر آورده شده است:

جدول ۱: بازدهی ماهانهٔ سهام

	بازدهی ماهانه	Lia Company	Azar Refract.	Italran	Glass and Gas	Saipa Glass	Marjan Kar
سال ۱۴۰۱	اسفند	-0.1122	-0.2312	0.09809	-0.3662	-0.1447	-0.0683
	بهمن	-0.3436	0.00789	-0.1174	-0.0008	0.86318	-0.0336
	دی	0.07166	-0.1484	0.03401	-0.1054	-0.2518	-0.0106
	آذر	-0.1226	-0.0117	0.19738	0.13262	-0.323	-0.2524
	آبان	-0.2533	0.93184	0.21722	-0.0123	-0.1235	-0.1092
	مهر	0.1672	0.21008	-0.1102	0.14685	-0.0294	0.04776
	شهریور	-0.0956	0.16256	-0.2108	0.10536	-0.3707	0.27558
	مرداد	-0.1768	-0.1202	-0.1065	-0.1327	-0.3662	-0.2586
	تیر	-0.076	-0.0133	0.44789	0.0112	0.1476	-0.1141
	خرداد	0.5575	0.23024	-1.6338	0.19492	0.26288	0.24125
	اردیبهشت	-1.2965	-0.1306	-0.0122	0.04462	0.16391	2.50178
	فروردین	0	0.38699	-0.0032	0.3837	0.51856	0.35845
سال ۱۴۰۰	اسفند	0	-0.1249	-0.0041	-0.2473	-0.4753	0.43672
	بهمن	0	-0.1748	-0.0016	-0.0615	0.45073	0.02679
	دی	0	0.91446	-0.0027	0.10666	0.2049	0.00762
	آذر	0	0.01245	-0.0011	-0.4127	0.01148	0.00093
	آبان	0	0.08245	-0.0001	-0.0392	0.03924	-0.2561
	بازدهی ۱۸ماهه	-۳.34%	11.67%	-۴.11%	1.48%	-۱.11%	16.44%



	مهر	ابان	اذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	ابان	اذر	دی	بهمن	اسفند
Marjan Kar	-0.5	-0.26	9E-04	0.008	0.027	0.437	0.358	2.502	0.241	-0.11	-0.26	0.276	0.048	-0.11	-0.25	-0.01	-0.03	-0.07
Saipa Glass	-0.22	0.039	0.011	0.205	0.451	-0.48	0.519	0.164	0.263	0.148	-0.37	-0.37	-0.03	-0.12	-0.32	-0.25	0.863	-0.14
Glass and Gas	0.202	-0.04	-0.41	0.107	-0.06	-0.25	0.384	0.045	0.195	0.011	-0.13	0.105	0.147	-0.01	0.133	-0.11	-0	-0.37
Italran	-0	-0	-0	-0	-0	-0	-0	-0.01	-1.63	0.448	-0.11	-0.21	-0.11	0.217	0.197	0.034	-0.12	0.098
Azar Refract.	-0.54	0.082	0.012	0.914	-0.17	-0.12	0.387	-0.13	0.23	-0.01	-0.12	0.163	0.21	0.932	-0.01	-0.15	0.008	-0.23
Lia Company	0	0	0	0	0	0	0	-1.3	0.557	-0.08	-0.18	-0.1	0.167	-0.25	-0.12	0.072	-0.34	-0.11

نمودار ۱: بازدهی ماهانهٔ سهام

برای بررسی و مقایسهٔ عملکرد مدل ارزش در معرض خطر شرطی با وجود محدودیت آنتروپی و بدون آن ابتدا مدل را بدون سنجه‌ی آنتروپی توسط نرم‌افزار گمز حل و آنتروپی آن را به صورت جداگانه محاسبه کردیم.

نتایج بدست آمده از حل این مدل طبق جدول زیر هستند:

جدول ۲: سبد سرمایه‌گذاری بدست آمده بدون سنجه‌ی تنوع‌بخشی

نام سهم	داده	وزن تخصیص شده	بازدهی هر سهم ۱۸ماهه	ریسک هر سهم ۱۸ماهه	بازده پورتفوی	ریسک پورتفوی
Lia Company		۰,۱۷۷	-۳.34%	0.839041144	۰,۸۰۶	۰,۸۴۵۶
Azar Refract.		۰,۲۵۰	11.67%	0.867863298		
Italran		۰,۲۲۹	-۴.11%	0.837132793		
Glass and Gas		۰,۲۲۷	1.48%	0.937735716		
Marjan Kar		۰۱۱۷.	16.44%	0.941655492		

آنتروپی نتایج بدست آمده از این مدل در حالت کلی مقدار ۰,۵۸۵ محاسبه شده است.

سپس با افزودن سنجه‌ی آنتروپی به عنوان یک محدودیت جدید و تبدیل این مسئله به یک برنامه‌ریزی سه هدفه با استفاده از تب optimization در نرم‌افزار RISK@ حل و سپس نتایج را شبیه مدل کردیم.

نتایج حاصل از حل مدل توسعه داده شده درجدول زیر آورده شده است:

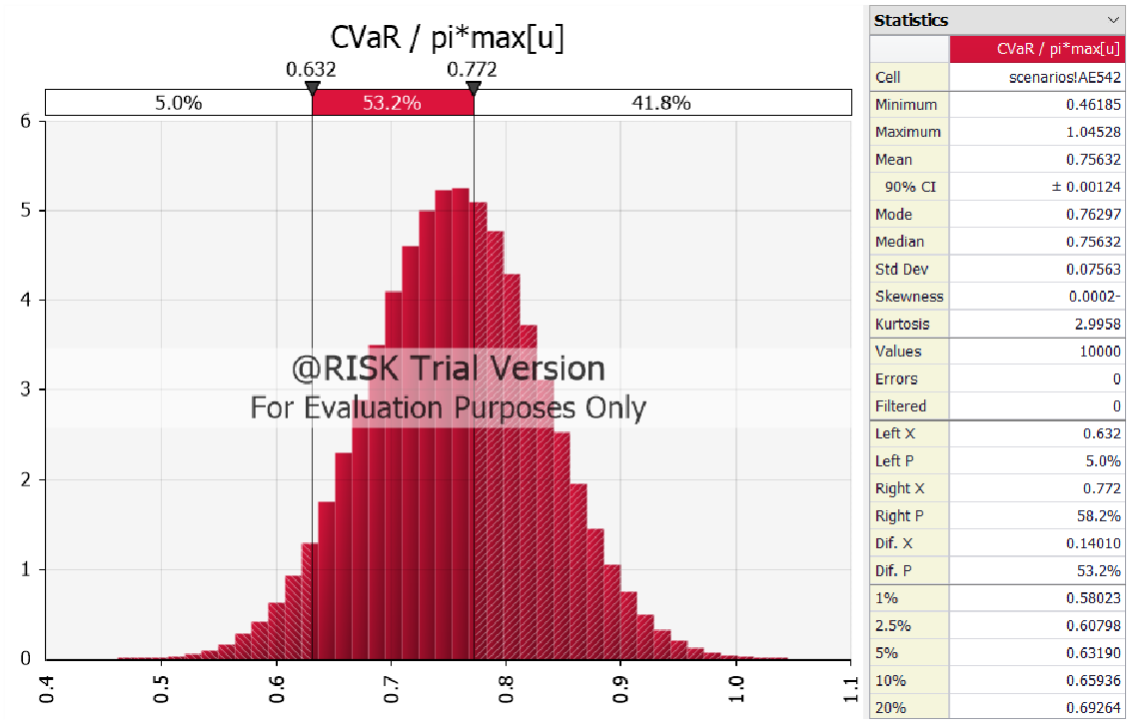
جدول ۳: سبد سرمایه‌گذاری بدست آمده با افزودن سنجه‌ی تنوع‌بخشی

نام سهم	داده	وزن تخصیص شده	بازدهی هر سهم ۱۸ماهه	ریسک هر سهم ۱۸ماهه	بازده پورتفوی	ریسک پورتفوی
Lia Company		۰,۰۷۷	-۳.34%	0.839041144	۰,۷۷۲	*۰,۷۵۶*
Azar Refract.		۰,۳۵۰	11.67%	0.867863298		
Italran		۰,۱۰۹	-۴.11%	0.837132793		
Glass and Gas		۰,۱۰۷	1.48%	0.937735716		
Marjan Kar		۰,۳۲۷	16.44%	0.941655492		

نتایج بدست آمده از این مدل نشان دهنده‌ی آن است که با اندکی صرف نظر از مقدار بازدهی می‌توان ریسک را از مقدار ۰,۸۰۶ به ۰,۷۷۲ (تقریباً ۱۰ ٪) کاهش داد و با توجه به این حقیقت که سرمایه گزاران تقریباً دوبرابر بیشتر از سود، از ضرر کردن گریزانند می‌توان نتیجه گرفت که این نتیجه قابل قبول است.

شبیه‌سازی ریسک در این مقاله چند مزیت عمده دارد: اول اینکه عدم‌قطعیت داده‌ها با توجه به حل چندین باره مدل با داده‌های شبیه‌سازی شده از روی داده‌های اصلی درنظر گرفته شده است و اطمینان مدل بالاتر رفته و جواب‌ها به واقعیت نزدیک‌تر می‌شود و دیگری اینکه این روش به نسبت روش‌های دیگر مواجهه با عدم قطعیت مانند فازی‌سازی، استوار سازی و بهینه‌سازی تصادفی ساده‌ترر و قابل درک تر است.

نتیجه‌ی شبیه‌سازی مدل میانگین_ارزش در معرض خطر مشروط در زیر آورده شده است:



Statistics	CVaR / pi*max[u]
Cell	scenarios!AE542
Minimum	0.46185
Maximum	1.04528
Mean	0.75632
90% CI	± 0.00124
Mode	0.76297
Median	0.75632
Std Dev	0.07563
Skewness	0.0002-
Kurtosis	2.9958
Values	10000
Errors	0
Filtered	0
Left X	0.632
Left P	5.0%
Right X	0.772
Right P	58.2%
Dif. X	0.14010
Dif. P	53.2%
1%	0.58023
2.5%	0.60798
5%	0.63190
10%	0.65936
20%	0.69264

تصویر ۱:نمودار شبیه‌سازی ارزش در معرض خطر مشروط

۵. نتیجه‌گیری

در این مقاله بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری با استفاده از سنجه ریسک ارزش در معرض خطر مشروط مورد بررسی قرار گرفت. برای تخمین ارزش در معرض ریسک مشروط از داده‌های تاریخی و شبیه‌سازی استفاده شد. بدین منظور بازده‌های ۶ سهم از کانی‌های غیرفلزی انتخاب و بازدهی ماهانهٔ آن‌ها محاسبه شد سپس با استفاده از نرم‌افزار گمز سبد سرمایه‌گذاری اولیه‌ای برای آن‌ها بسته شد. سپس با افزودن سنجهٔ تنوع‌پذیری بار دیگر ریسک سبد با نرم‌افزار @RISK شبیه‌سازی و نتیجه‌هایی حاصل گشت.

نتایج حاصله از مدل‌ها نشان‌دهنده نزدیکی بیشتر مدل میانگین_ارزش در معرض ریسک شرطی به شرایط واقعی بازار است. همچنین این مدل به نسبت مدل مارکویتز ریسک بسیار کم‌تری را به سبد تخصیص می‌دهد همچنین سنجهٔ ارزش در معرض خطر مشروط فقط نوسانات منفی را

به عنوان ریسک در نظر می‌گیرد. همان‌طور که در جدول ۲ و ۳ مشاهده می‌شود افزودن سنجهٔ آنتروپی باعث شده که با اندکی صرف‌نظر از مقدار بازدهی ریسک از مقدار ۰,۸۰۶ به ۰,۷۷۲ (تقریباً ۱۰ ٪) کاهش داده شود و با توجه به این حقیقت که سرمایه گزاران تقریباً دوبرابر بیشتر از سود، از ضرر کردن گریزانند می‌توان نتیجه گرفت که این نتیجه قابل‌قبول است.

لیست مراجع:

[1] احسان محمدیان امیری، مونا علی کرمی and ,سید بابک ابراهیمی" ,برآورد ارزش در معرض خطر شرطی (CVaR) با درنظرگرفتن استواری سنجه بر مبنای روش استوار کیپرا1398 ",

[2] F. Pouraskari Jourshari, M. Khodadadi, and S. Reza Seyed Nejad Fahim, "Providing an Optimal Robust Portfolio Model with Mean-CVaR Approach," *Adv. Math. Fin. App*, vol. 2023, no. 1, pp. 63–74, 2023, doi: 10.22034/AMFA.2021.1934678.1614.

[3] A. Yousefi, M. S. Pishvaee, and E. Teimoury, "Adjusting the credit sales using CVaR-based robust possibilistic programming approach," 2021.

[4] ف .دمیرچی" ,بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری با استفاده از معیار ارزش در معرض ریسک مشروط (CVaR)در بازار بورس اوراق بهادار تهران، "وزارت علوم، تحقیقات و فناوری -دانشگاه الزهرا -دانشکده علوم اجتماعی و اقتصادی، .1389 بهینه[Online]. Available: https://ganj.irandoc.ac.ir//#/search?keywords=

[5] M. Nikusokhan, "GJR-Copula-CVaR Model for Portfolio Optimization: Evidence for Emerging Stock Markets," 2018.

[6] M. Salahi, F. Mehrdoust, and F. Piri, " CVaR Robust Mean- CVaR Portfolio Optimization ," *ISRN Applied Mathematics*, vol. 2013, pp. 1–9, Sep. 2013, doi: 10.1155/2013/570950.

[7] R. Raei, H. Basakha, and H. Mahdikhah, "Equity Portfolio Optimization Using Mean-CVaR Method Considering Symmetric and Asymmetric Autoregressive Conditional Heteroscedasticity (in Persian)," *Financial Research Journal*, vol. 22, no. 2, pp. 149–159, 2020, doi: 10.22059/frj.2019.205531.1006186.

Optimizing The Stock Portfolio Using a Simulation-Based Approach With The Conditional VAR Model