

ارزیابی عملکرد تخمین زنده‌های ارزش در معرض خطر با استفاده از الگوریتم ژنتیک

سید علی نبوی چاشمی

استادیار و عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد بابل

Anabavichashmi 2003@yahoo.com

حمزه پورباباگل

کارشناس ارشد مهندسی مالی

Hamze1910@yahoo.com

احمد داداش پورعمرانی

کارشناسی ارشد مهندسی مالی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد بابل

Dadashpoor.ie@gmail.com

تاریخ دریافت: ۹۱/۲/۱۵ تاریخ پذیرش: ۹۱/۳/۲۵

چکیده

یکی از پرکاربردترین سنجه‌های ریسک، ارزش در معرض خطر (var) می‌باشد که کاربرد آن به شدت از دهه ۱۹۹۰ به بعد افزایش یافته است. به موازات افزایش کاربرد ارزش در معرض خطر در حوزه مدیریت ریسک، اعتبارسنجی تخمین زنده‌های var نیز از اهمیت بسزایی برخوردار شده‌اند. در اکثر روش‌های رایج پیش‌آزمایی، بازده نهایی حاصله از کاربرد تخمین زنده در تخمین var در نظر گرفته نمی‌شود، که این مطلب برای سرمایه‌گذاران با درجه ریسک‌پذیری بالا نمی‌تواند مطلوب باشد. آنچه که این تحقیق را از سایر تحقیقات انجام پذیرفته در زمینه پیش‌آزمایی مدل‌های تخمین var، متمایز می‌سازد، در نظر گرفتن همزمان بازده واقعی حاصله از کاربرد تخمین زنده و زیان ایجاد شده به عنوان معیاری از دو شاخص ریسک و بازده می‌باشد که مبنای اصلی در حوزه مطالعات مالی می‌باشند. از طرفی به دلیل نسبی بودن ریسک و بازده از نظر سرمایه‌گذاران وزن این دو شاخص را فازی در نظر گرفتیم. در این تحقیق به منظور بهینه‌سازی پرتفوی، از معیار نخست-ایمنی استفاده کرده ایم. به منظور بهینه‌سازی تابع هدف در این معیار نیازمندیم که کوانتایل بازده پرتفوی ریسکی را تخمین بزنیم که بدین منظور از تخمین زنده‌های رایج var به منظور ارزیابی آنها، بهره بردیم. از طرفی با توجه به غیر محدب بودن تابع var و دلایل دیگر، به منظور بهینه‌سازی از یکی از معروف‌ترین الگوریتم‌های فرا ابتکاری یعنی الگوریتم ژنتیک استفاده شده

است. یافته‌های تحقیق نشان دهنده محافظه کار بودن روش‌های GEV و HS نسبت به روش‌های پارامتریک می‌باشد. از طرفی روش شبیه سازی تاریخی علی رغم سادگی محاسباتی، بهترین عملکرد را از خود نشان داده است.

واژه‌های کلیدی: ارزش در معرض خطر، ایمنی سرمایه‌گذاری، الگوریتم ژنتیک، topsis فازی.

۱- مقدمه

یکی از مهمترین اجزای مدیریت ریسک، اندازه گیری ریسک^۱ است. به منظور اندازه گیری نیز به معیار ریسک مناسب نیاز داریم. مطالعات زیادی در زمینه بازده دارایی‌های مالی صورت گرفته است. نتایج بسیاری از این مطالعات، حاکی از پهن گوشه^۲ بودن بازده دارایی‌های مالی است، لذا کاربرد سنجه‌های ریسکی که انتهای دنباله بازده را در محاسبات مربوط به ریسک بیشتر مورد توجه قرار می‌دهند، افزایش یافته است. یکی از پرکاربردترین این سنجه‌ها، var می‌باشد که کاربرد آن به شدت از دهه ۱۹۹۰ به بعد افزایش یافته است. ارزش در معرض خطر به عنوان یک سنجه ریسک، جای خود را برای اندازه گیری انواع ریسک‌ها باز کرده است. هم‌اکنون ارزش در معرض خطر توسط گروه‌های قانونی بسیار ترویج یافته و به عنوان راهی جهت نظارت و مدیریت ریسک بازار و به عنوان مبنایی برای تعیین استانداردهای قانونی حداقل سرمایه توسط موسسات مالی پذیرفته شده است. قانون تجدید نظر یافته کمیته نظارت بر بانکها در ژانویه ۱۹۹۸، به بانک‌ها اجازه کاربرد ارزش در معرض خطر را به عنوان مبنایی برای تعیین مقدار سرمایه اضافی مورد نیاز برای پوشش ریسک بازار (ورای مقدار مورد نیاز برای ریسک اعتباری) می‌دهد. میزان این سرمایه اضافی، تابعی مستقیم از ارزش در معرض خطر فعالیت‌های معاملاتی بانک‌ها است (Pérignon and Smith, 2008). با توجه به مشخص نبودن توزیع واقعی بازده دارایی‌های مالی، مدل‌های مختلف تخمین این سنجه، تفاوت‌های قابل ملاحظه‌ای را از خود نشان می‌دهند. لذا همزمان با توسعه این مدل‌ها، چگونگی اعتبارسنجی آنها نیز اهمیت یافته‌اند.

با توجه به مطالب بالا در این تحقیق قصد داریم که از رویکرد مقایسه‌ای به منظور رتبه بندی مدل‌های VaR بهره ببریم. بدین منظور علاوه بر توالی ضربه^۳ (تعداد شکستها)^۴ به عنوان ورودی تابع زیان، از بازده نهایی حاصله از هر مدل به عنوان دو معیار تصمیم گیری بهره خواهیم برد. با

توجه به نسبی بودن مطلوبیت معیارهای مذکور از نظر سرمایه گذار، وزن معیارها به صورت فازی تعیین شده اند. برای انجام این تحقیق مراحل زیر انجام شده است :

(۱) به دست آوردن وزن بهینه دارایی‌های ریسکی و میزان بهینه وام گیری (وام دهی) در نرخ

بهره بدون ریسک در طول افق پیش بینی و با کاربرد مدل‌های مختلف تخمین var

(۲) محاسبه بازده واقعی تجمعی و زیان حاصله از کاربرد وزن بهینه دارایی‌های ریسکی و

میزان بهینه وام گیری در نرخ بهره بدون ریسک حاصل از گام اول برای هر تخمین زننده

(۳) رتبه بندی تخمین زننده‌های var با استفاده از بازده و زیان حاصله از گام دوم با استفاده از

topsis فازی

۲- مبانی علمی و پیشینه تحقیق

۲-۱- ارزش در معرض خطر و پیش آزمایی^۵

VaR بیانگر حداکثر ضرر محتمل در بازه زمانی معین از آینده می باشد. از لحاظ آماری ارزش

در معرض خطر را به صورت زیر تعریف می‌کنیم. برای محاسبه VaR یک دارایی، w_0 را ارزش

اولیه و r را نرخ بازده آن دارایی می‌نامیم به طوری که ارزش دارایی در پایان دوره سرمایه گذاری

$w = w_0(1+r)$ خواهد شد. بازده مورد انتظار و انحراف معیار بازده این دارایی با علائم μ و σ

نشان داده می‌شود. w^* را کمترین ارزش دارایی با در نظر گرفتن فاصله اطمینان c تعریف می‌کنیم :

$$W^* = w_0(1+r^*)$$

حال VaR نسبی که بیانگر میزان ضرر در مقایسه با میانگین است را می‌توان از رابطه زیر بدست

آورد :

$$VaR(\text{mean}) = E(w) - w^* = -w_0(r^* - \mu)$$

و برای VaR مطلق می‌توان نوشت :

$$VaR(\text{absolute}) = w_0 - w^* = -w_0 r^*$$

در هر دو حالت پیدا کردن VaR معادل پیدا کردن حداقل ارزش محتمل پورتفوی، w^* ، یا بازده

معادل آن یعنی r^* است. اگر طول دوره نگهداری کوتاه باشد، متوسط بازده دارایی، μ ، کوچک

شده و عملاً هر دو نوع VaR تقریباً یکسان می‌شوند. اگر توزیع احتمال ارزش آینده دارایی $f(w)$

معلوم باشد، می‌توان نوشت :

$$1 - c = p(w \leq w^*) = \int_{-\infty}^{w^*} f(w)dw$$

که c فاصله اطمینان مورد نظر می‌باشد. به عبارت دیگر، فاصله بین w^* تا w^* باید در مجموع $1-c$ (به عنوان مثال ۵٪) باشد. w^* را معمولاً کوانتایل^۶ توزیع گویند. به این نکته توجه کنید که در روش بالا برای محاسبه از انحراف معیار توزیع استفاده نشده است. روش گفته شده در بالا، در مورد هر توزیعی، پیوسته یا ناپیوسته، پهن گوشه یا نازک گوشه^۷، صادق است. با توجه به اینکه توزیع واقعی بازده دارایی‌های مالی مشخص نمی‌باشد، مدل‌های مختلف تخمین ارزش در معرض خطر، تفاوت‌های قابل ملاحظه‌ای را از خود نشان می‌دهند. لذا همزمان با توسعه این مدل‌ها، چگونگی اعتبارسنجی آنها نیز اهمیت یافته‌اند. تمایل فزاینده جهت معرفی روش‌های جدید پیش‌آزمایی ارزش در معرض خطر از توصیه‌های قانونی و نظارتی راجع به نقش ارزش در معرض خطر در مدیریت ریسک بازار نشأت گرفته است. مدل‌های ریسکی که خیلی محافظه‌کارانه هستند، ریسک را زیاد برآورد می‌کنند و الزام سرمایه را افزایش می‌دهند. از طرفی دیگر سنجه‌هایی که خیلی جسورانه هستند، منجر به تخطی‌های بیش از اندازه می‌گردند و متعاقباً الزام سرمایه از طریق ضریب فزاینده افزایش می‌یابد. این امر ما را به معرفی یک فرایند پیش‌آزمایی نظام مند تشویق می‌نماید تا به واسطه آن ناکارآمدی‌های مدل را شناسایی و دقت مدل‌های VAR^A را افزایش دهیم. به لحاظ نظری مفهوم پیش‌آزمایی بسیار نوپاست و این طبیعی به نظر می‌رسد، چرا که خود VaR به طور رسمی در سال ۱۹۹۳ معرفی شد. کریستوفرسون و پلتیر (۲۰۰۴) که از پیشگامان پیش‌آزمایی هستند، اذعان نموده‌اند که تاکنون تعداد نسبتاً کمی روش مناسب جهت پیش‌آزمایی VaR توسعه یافته است.

رویکردهای پیش‌آزمایی را در سه گروه طبقه بندی می‌کنیم. دو طبقه اول مربوط به آزمون‌های کارایی VaR هستند. در دو طبقه اول (رویکرد پیش‌بینی احتمال رویداد^۹، رویکرد پیش‌بینی چگالی^{۱۰}) اگر دقت یک مدل از لحاظ آماری رد نشود، مدل قابل قبول خواهد بود. اما در بسیاری از موارد چندین مدل در اختیار داریم و پیش‌آزمایی دقت برخی از آنها را مورد تایید قرار می‌دهد. بدیهی است که در این هنگام، انتخاب تعدادی از مدل‌های تاییدشده به عنوان مساله‌ای پیش‌روی مدیریت ریسک قرار می‌گیرد. این مساله ما را به سوی روش‌هایی سوق می‌دهد که ما آنها را در

گروه سوم طبقه‌بندی کرده و هدفشان مقایسه مدل‌های مختلف ریسک و رتبه‌بندی آنها و بر اساس یک تابع زیان می‌باشد. در واقع این رویکردها آزمون‌های آماری نیستند و در نتیجه فاقد نقطه ضعف‌های آزمون‌های آماری می‌باشند. در اکثر روش‌های رایج پیش آزمایی، بازده نهایی حاصله از کاربرد تخمین‌زننده در تخمین var در نظر گرفته نمی‌شود، که این مطلب برای سرمایه‌گذاران با درجه ریسک پذیری بالا نمی‌تواند مطلوب باشد. در واقع اتخاذ یک روش پیش آزمایی، منجر به انتخاب تخمین‌زننده مطلوب برای محاسبه ارزش در معرض خطر می‌شود. کاربرد تخمین‌زننده مطلوب، منجر به انتخاب سبد سهام بهینه می‌شود و در نهایت این سبد بازدهی را در عمل ایجاد می‌کند.

۲-۲- بهینه سازی پرتفوی با استفاده از معیار نخست- ایمنی

همزمان با فرمول بندی مدل میانگین- واریانس^{۱۱} توسط مارکوویتز^{۱۲} در سال ۱۹۵۲ میلادی، معیار نخست- ایمنی^{۱۳} توسط روی^{۱۴} (۱۹۵۲) و تلسر^{۱۵} (۱۹۵۵) معرفی شد. این مدل با ایجاد امکان وام دهی یا وام گیری در نرخ بهره بدون ریسک، توسط آرزاک و باوا^{۱۶} در سال ۱۹۹۷ توسعه پیدا کرد. گرچه مدل آرزاک و باوا برای مسائل تک دوره ای ارائه شد، می‌توان از آن در مسائل چنددوره ای نیز استفاده کرد.

معیار نخست- ایمنی ارتباط نزدیکی با مدل میانگین- واریانس دارد و تحت شرایط خاصی، پرتفویهای بهینه ای یکسان را با مدل میانگین- واریانس، ایجاد می‌کند (Levy & Samrat, 1972). البته با توجه به این حقیقت که بازده دارایی‌های مالی در بیشتر مواقع دارای توزیعی پهن گوشه اند^{۱۷}، استفاده از واریانس به عنوان معیار ریسک نامطلوب یا حتی معیارهایی مثل نیم واریانس، مناسب به نظر نمی‌رسد. همچنین در مواقعی که توزیع بازده دارایی‌های مالی نامتقارن^{۱۸} باشند (برخلاف ویژگی توزیع نرمال) استفاده از معیار ریسک مدل مارکوویتز، نمی‌تواند مناسب باشد. لذا با توجه به پهن گوشه بودن توزیع بازده و غیر متقارن بودن آن، نیاز به مدلی داریم که انتهای دنباله توزیع بازده‌ها را در محاسبات مربوط به ریسک و بازده، مد نظر قرار دهد. یک راهکار در اینگونه مواقع استفاده VAR بعنوان معیار ریسک و یا کاربرد این سنجه در مدل می‌باشد.

۲-۱-۲- معیار نخست - ایمنی (تئوری)

در ابتدای دوره t ام و در زمان t ، W_t را سرمایه اولیه در نظر بگیرید. سرمایه گذار قصد دارد با انتخاب پرتفوی بهینه ای که ترکیبی از دارایی‌های ریسکی و غیر ریسکی است، سرمایه انتهای دوره را ماکزیمم کند. b_t را مقدار بهینه وام گیری^۹ در ابتدای دوره، X_{jt} را مقدار بهینه سرمایه گذاری در دارایی ریسکی j ام در ابتدای دوره و P_{jt} را قیمت دارایی ریسکی j ام در ابتدای دوره و در زمان t در نظر بگیرید. با توجه به محدودیت بودجه در ابتدای دوره داریم:

$$\sum_j P_{jt} \cdot X_{jt} = W_t + b_t$$

در انتهای دوره و در زمان $t+1$ عایدی سرمایه گذار در نتیجه سرمایه گذاری در دارایی ریسکی برابر است با: $\sum_j P_{j,t+1} \cdot X_{jt}$. پس از بازپرداخت اصل و فرع وام در انتهای دوره و در زمان $t+1$ ، سرمایه سرمایه گذار در انتهای دوره برابر می‌شود با: $V_{t+1} = \sum_j P_{j,t+1} \cdot X_{jt} - b_t(1+r_t)$ که V_{t+1} برابر سرمایه انتهای دوره سرمایه گذاری، r_t برابر نرخ بهره بدون ریسک است که زمان سررسید آن در زمان $t+1$ می‌باشد. در این مدل علاوه بر اینکه به دنبال ماکزیمم کردن V_{t+1} هستیم، مینیمم کردن ریسک نامطلوب پرتفوی را نیز مد نظر قرار می‌دهیم، بدین منظور مدل را به صورت زیر فرموله می‌کنیم:

P_r را احتمال اینکه سرمایه انتهای دوره کوچکتر از یک مقدار بحرانی مثل s شود در نظر گرفته، سپس متغیر π را بدین صورت تعریف می‌کنیم: $\pi = 1$ اگر $P_r < \alpha$ در غیر این صورت $\pi = 1 - P_r$ سپس سرمایه گذار برای یک مقدار مشخصی از π ، مقدار مورد انتظار V_{t+1} را ماکزیمم می‌کند. در نتیجه بهینه سازی پرتفوی را به صورت زیر می‌توانیم خلاصه کنیم:

$$\begin{aligned} & \text{Max}_{X_{jt}, b_t} (\pi \cdot E_t(V_{t+1})) \quad \text{subject to} \quad \sum_j P_{jt} \cdot X_{jt} = W_t + b_t \\ & \text{Where} \quad \pi = 1 \quad \text{if} \quad P_r = P_r(\sum_j P_{j,t+1} \cdot X_{jt} - b_t(1+r_t) \leq s) \leq \alpha \\ & \text{Otherwise} \quad \pi = 1 - P_r \quad \text{And} \quad V_{t+1} = \sum_j P_{j,t+1} \cdot X_{jt} - b_t(1+r_t) \end{aligned} \quad (\text{مدل ۱})$$

می‌دانیم بازده پرتفوی ریسکی را می‌توانیم از طریق زیر به دست آوریم:

$$R_{t+1} = (\sum_j P_{j,t+1} \cdot X_{jt}) / (\sum_j P_{jt} \cdot X_{jt}) - 1 \quad (\text{رابطه ۱})$$

بازده پرتفوی ریسکی را می‌توانیم به صورت $R_{t+1} = \sum_j j_t \cdot R_{jt} + 1$ نیز تعریف کنیم که،

برابر درصد سرمایه گذاری در دارایی ریسکی j ام می‌باشد. با استفاده از رابطه ۱ و محدودیت

بودجه در ابتدای دوره $\sum_j P_j t . X_{jt} = W_t + b_t$ ، ارزش نهایی پرتفوی در انتهای دوره را می‌توانیم به صورت زیر بازنویسی کنیم :

رابطه ۲)

$$\sum_j P_j t + 1 . X_{jt} - b_t(1+r_t) = (W_t + b_t)(1+R_{t+1}) - b_t(1+r_t) = W_t(1+r_t) + (W_t + b_t)(R_{t+1} - r_t)$$

آرزاک و باوا در سال ۱۹۹۷ میلادی ثابت کردند که در این مدل رابطه بین مقدار بهینه دارایی ریسکی و دارایی غیر ریسکی به صورت زیر است :

$$W_t + b_t = \frac{s - W_t(1+r_t)}{q\alpha(R_{t+1}) - r_t} \quad \text{رابطه ۳)}$$

که $q\alpha(R_{t+1})$ ، برابر α امین کوانتایل بازده دارایی است که توسط مدل‌های تخمین VAR قابل محاسبه است. با استفاده از رابطه ۳ می‌توانیم مسئله بهینه سازی پرتفوی را به صورت زیر

$$b_t (E_t(V_{t+1})) = W_t(1+r_t) - [s - W_t(1+r_t)] \frac{E_t(R_{t+1}) - r_t}{(r_t) - q\alpha(R_{t+1})} \max_{\alpha} \quad \text{بازنویسی کنیم :}$$

حال، مسئله بهینه سازی پرتفوی را می‌توانیم به دو مرحله مجزا از هم تقسیم کنیم. نخست، وزن‌های دارایی‌های ریسکی را در پرتفوی ریسکی تعیین کرده که مستقل از میزان وام‌گیری (یا وام دهی) در نرخ بدون ریسک و میزان سرمایه گذاری اول دوره می‌باشد، در واقع سرمایه گذار صرف (پاداش) ریسک ناشی از تحمل ضرر با احتمال α را ماکزیمم می‌کند :

$$\max_{\alpha} \frac{E_t(R_{t+1}) - r_t}{(r_t) - q\alpha(R_{t+1})} \quad \text{رابطه ۴)}$$

در گام دوم، سرمایه گذار به تخصیص سرمایه بین دارایی ریسکی و غیر ریسکی بر اساس محدودیت بودجه در زمان t (ابتدای دوره) می‌پردازد. مقدار بهینه وام‌گیری (وام دهی) در نرخ بهره بدون ریسک را می‌توانیم از طریق رابطه زیر به دست آوریم :

$$b_t = \frac{s - W_t(1+r_t)}{q\alpha(R_{t+1}) - r_t} - W_t \quad \text{رابطه ۵)}$$

رابطه ۴ و ۵ راه حل اصلی را برای مسئله بهینه سازی به ما می‌دهد، آنچه که در دو رابطه مذکور ناشناخته می‌باشد α امین کوانتایل بازده می‌باشد که می‌بایست با توجه به پارامتر α (سطح اطمینان) و نوع توزیع بازده تعیین شود. به منظور محاسبه α امین کوانتایل بازده پرتفوی ریسکی، تخمین زنده‌های رایج آن را در بخش بعدی معرفی می‌کنیم. به دلایل زیادی در این تحقیق از معیار نخست - ایمنی به منظور بهینه سازی پرتفوی استفاده خواهد شد که این دلایل عبارتند از :

- حقایق زیادی مبنی بر Fat tail بودن بازده دارایی‌های مالی وجود دارد، لذا سنجه‌های ریسکی که انتهای دنباله بازده‌ها را در نظر می‌گیرند کارایی بیشتری دارند.
- هدف اصلی در این پایان نامه رتبه بندی تخمین زنده‌های VAR با استفاده از کاربرد این سنجه در تشکیل پرتفوی بهینه می‌باشد، لذا از مدلی می‌بایست استفاده شود که VAR نقش برجسته‌ای در تابع هدف آن داشته باشد که معیار نخست - ایمنی دارای این ویژگی می‌باشد.
- برخلاف اکثر مدل‌های بهینه سازی مالی در این مدل (معیار نخست - ایمنی)، همزمان با بهینه سازی پرتفوی، تخصیص سرمایه بین دارایی ریسکی و غیر ریسکی نیز صورت می‌پذیرد.

متغیرها و پارامترهایی که در رابطه‌های ۴ و ۵ از آنها استفاده می‌شود عبارت اند از :

W_t : سرمایه اولیه در ابتدای دوره t ام و در زمان t

P_{jt} : قیمت دارایی ریسکی j ام در ابتدای دوره t ام

R_t : نرخ بهره بدون ریسک است که زمان سررسید آن در زمان $t+1$ می‌باشد.

$P_{j,t+1}$: قیمت دارایی ریسکی j ام در انتهای دوره t ام

V_{t+1} : سرمایه انتهای دوره t ام

R_{t+1} : بازده دارایی‌های ریسکی در دوره t ام

$q(R_{t+1}) : \alpha$: امین کوانتایل بازده پرتفوی ریسکی

۲-۳- تخمین زنده‌های VAR مورد ارزیابی در این تحقیق

مطابق انگل و مانگانلی (۲۰۰۱) در این تحقیق تخمین زنده‌های اصلی در حوزه VaR را در سه طبقه قرار داده‌ایم:

- مدل‌های پارامتریک
- مدل‌های نیمه پارامتریک
- مدل‌های ناپارامتریک

۲-۳-۱- مدل‌های پارامتریک مورد ارزیابی در این تحقیق

ارزش در معرض خطر نرمال و تی استیودنت، دو مدل از متداولترین مدل‌های پارامتریکی هستند که توسط فعالان ریسک مورد استفاده قرار می‌گیرند که در این تحقیق این دو مدل مورد ارزیابی قرار گرفته اند.

۲-۳-۱-۱- ارزش در معرض خطر نرمال

با توجه به قضیه حد مرکزی، در نظر گرفتن فرض نرمال برای توزیع بازده دارایی‌ها بسیار رایج و معقول است. این توزیع همچنین از این جهت که تنها از طریق دو پارامتر تشریح می‌شود، مورد توجه قرار گرفته است. ارزش در معرض خطر نرمال به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$VAR_t = -P_{t-1} \times (\mu_t - \sigma_t Z_\alpha) = -P_{t-1} \times q\alpha(R_{t+1})$$

۲-۳-۱-۲- ارزش در معرض خطر تی - استیودنت

همان طوری که در بخش‌های قبلی بیان شد، توزیع بازده نسبت به توزیع نرمال کشیده تر می‌باشد. یک راه برای نشان دادن این کشیدگی استفاده از توزیع تی - استیودنت به جای توزیع نرمال است. کشیدگی یک توزیع تی - استیودنت با v درجه آزادی مشروط بر $v \geq 5$ از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$\frac{3(v-2)}{v-4} \quad \text{رابطه ۷}$$

بنابراین با انتخاب v مناسب می‌توانیم تا حداکثر تا ۹ واحد کشیدگی را برای مشاهدات در نظر بگیریم. اگر به دنبال کشیدگی بالایی هستیم می‌توانیم مقدار نسبتا کوچکی را برای v انتخاب کنیم و یا برعکس آن برای کشیدگی پایین، مقدار بالایی برای v در نظر بگیریم. در این تحقیق مقدار v برابر ۵ در نظر گرفته شده است تا تفاوت بیشتری با نرمال به دست آید. ارزش در معرض خطر تی - استیودنت به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$v) = -P_{t-1} \times q\alpha(R_{t+1}), \quad VAR_t = -P_{t-1} \times \left(\mu_t - \sqrt{\frac{v-2}{v}} \square_t t_\alpha \right) \quad \text{رابطه ۸}$$

متغیرهای دو رابطه ۶ و ۸ عبارت اند از:

VAR_t : ارزش در معرض خطر دوره آتی P_{t-1} : قیمت جاری دارایی مالی

μ_t : میانگین بازده در دوره t σ_t : انحراف معیار بازده در دوره t

Z : مقدار متغیر نرمال استاندارد در سطح اطمینان $1 - \alpha$

t, α : مقدار متغیر تی- استیودنت در سطح اطمینان $1 - \alpha$ و با درجه آزادی ν
 $\alpha : q(R_{t+1})$: امین کوانتایل بازده در دوره t

۲-۳-۲- مدل ناپارامتریک

در این تحقیق از میان مدل‌های ناپارامتریک، مدل شبیه سازی تاریخی مقدماتی به دلیل کاربرد فراوان آن توسط بانک‌ها و موسسات مالی و همچنین دقت خوب آن بررسی شده است. فرض اصلی در این مدل ثابت ماندن توزیع بازده در گذشته و آینده است و از داده‌های گذشته به منظور پیش بینی آینده استفاده می‌شود. روش کار بدین ترتیب است که ابتدا نمونه اصلی را به ترتیب

صعودی و به صورت زیر مرتب می‌کنیم:

$$Y(1) \leq Y(2) \leq Y(3) \leq \dots \leq Y(n)$$

با در نظر گرفتن سطح اطمینان $1 - \alpha$ پایین ترین بازده معادل صدک α ام بازده‌هاست. برای محاسبه این صدک ابتدا جایگاه آن را به سادگی به صورت زیر محاسبه می‌کنیم:

$$n_{\alpha} = (An + 1) / 100$$

در رابطه مذکور $A = 100\alpha$ و n_{α} جایگاه صدک α است. با شمارش از پایین ترین بازده به جایگاه مورد نظر می‌رسیم.

۲-۳-۳- مدل نیمه پارامتریک

در مدل‌های پارامتریک و ناپارامتریک از کل توزیع بازده در تخمین VAR استفاده می‌شود، در حالی که تئوری مقادیر فرین (که در این تحقیق به عنوان مدل‌های نیمه پارامتریک در نظر گرفته شده اند) تمرکز خود را بر روی اکسترم‌های توزیع بازده (مینیم‌ها و یا ماکزیم‌ها) قرار می‌دهند. رویکردهای مقادیر فرین عبارتند از:

۱. رویکرد تعمیم یافته مقادیر فرین (GEV)
۲. رویکرد فراتر از آستانه (توزیع تعمیم یافته پارتو (GPD))
۳. تخمین زنده هیل

تفاوت اصلی این سه رویکرد در نوع تعریف مقادیر فرین می‌باشد. در این تحقیق رویکرد اول به دلیل کاربرد بیشتر آن نسبت به دو رویکرد دیگر، بررسی شده است.

۳-۳-۳- رویکرد تعمیم یافته مقادیر فرین (GEV)

در این رویکرد نمونه اصلی را به m گروه n تایی افراز کرده، سپس ماکزیمم‌های هر گروه را به عنوان مقادیر فرین در نظر می‌گیریم. α امین کوانتایل بازده را می‌توانیم با استفاده از رابطه زیر به دست آوریم:

$$q\alpha(Rt + 1) = \begin{cases} \text{if (Frechet, } \varepsilon > 0) \\ \mu_{\max} - \left(\frac{\sigma_{\max}}{\varepsilon_{\max}}\right) [1 - (-n \ln(1 - \alpha))^{-\varepsilon_{\max}}] \\ \text{if (Gumbel, } \varepsilon = 0) \\ \mu_{\max} - \sigma_{\max} [\ln(-n \ln(1 - \alpha))] \end{cases} \quad (\text{رابطه ۹})$$

در رابطه بالا سه پارامتر است که می‌بایست برآورد شوند:

μ_{\max} پارامتر موقعیت توزیع و سنجه گرایش مرکزی مقادیر فرین می‌باشد، σ_{\max} پارامتر معیار توزیع و سنجه پراکندگی مقادیر فرین می‌باشد. ε_{\max} شاخص دنباله بوده و بر شکل یا تراکم دنباله توزیع دلالت دارد. به منظور برآورد این سه پارامتر از m مقادیر فرین تعریف شده از نمونه اصلی بهره برده و از روش رگرسیون و یا ماکزیمم درست نمایی، می‌توان استفاده کرد. در این تحقیق نمونه اصلی را به ۲۴ گروه ۳ تایی افراز کردیم و با استفاده از روش ماکزیمم درست نمایی پارامترها را برآورد می‌کنیم.

۲-۳-۴- تعیین پارامترهای تخمین VAR

مستقل از روش تخمین VAR، در تمام آنها باید سه پارامتر مهم زیر را از پیش تعیین کرد. تعیین درست این سه پارامتر بسیار مهم است و تاثیر مستقیم بر دقت تخمین زنده دارد. البته در تحقیق هدف اصلی رتبه بندی تخمین زنده‌ها می‌باشد و لذا در هر سطح از دقتی با یکسان در نظر گرفتن این سه پارامتر می‌توان عمل رتبه بندی را انجام داد.

۱. دوره مشاهده ۲. دوره نگهداری ۳. فاصله اطمینان

۲-۳-۴-۱- دوره مشاهده: دوره مشاهده، بیانگر دوره زمانی از گذشته است که با استفاده از داده‌های آن، به تخمین پارامترهای مدل دست می‌زنیم. طول دوره مشاهده در تخمین VAR بسیار مهم است. انتخاب طول دوره مشاهده به داده‌های در دسترس وابسته است. کمیته بازل، دوره

مشاهده ۲۵۰ روز کاری را برای مشاهدات روزانه پیشنهاد کرده است. چنانچه طول دوره مشاهده بیش از حد بلند و یا بیش از حد کوتاه انتخاب شود، می‌تواند باعث کاهش دقت مدل شود. در این تحقیق دوره مشاهده ۷۲ ماهه در نظر گرفته شده است.

۲-۳-۴-۲- دوره نگهداری: دوره نگهداری مورد استفاده در این تحقیق یک ماه می‌باشد. بدین معنی که در تخمین VAR از بازده‌های ماهیانه استفاده شده است.

۲-۳-۴-۳- فاصله اطمینان: انتخاب فاصله اطمینان به سیاست‌های مدیریت ریسک سازمان یا بانک مربوطه بستگی دارد. معمولاً فاصله اطمینان ۹۵٪ و ۹۹٪ برای تخمین VAR استفاده می‌شود. در این تحقیق از فاصله اطمینان ۹۹.۹٪ استفاده شده است.

۲-۴- الگوریتم ژنتیک

الگوریتم ژنتیک یک متد جستجو تصادفی کلی هدفدار است که از رشد بیولوژیکی طبیعی الهام گرفته است. الگوریتم ژنتیک روی یک جمعیت از راه‌حلهای بالقوه با اعمال اصول بقای عنصر شایسته‌تر برای تولید (امیدوارانه) تقریب‌های بهتر و بهتر یک راه حل کار میکند در هر نسل یک دسته جدیدی از تقریبها توسط فرایند انتخاب فرد بر اساس سطح شایستگی آنها در حوزه مسایل و تولید مثل آنها با یکدیگر با استفاده از عملکردهایی که از ژنتیک طبیعی قرض گرفته شده است ایجاد میشود. الگوریتم مذکور از تاریخچه اطلاعات قبلی برای جستجو بر روی مجموعه نقاط جدید و به منظور رسیدن به یک جواب بهتر استفاده می‌کند. به عبارت دیگر، الگوریتم ژنتیک شبیه سازی مکانیسم انتخاب طبیعی به وسیله ماشین است. از این الگوریتم که یکی از مهمترین الگوریتمهای فراابتکاری است، برای بهینه سازی توابع مختلف استفاده می‌شود. الگوریتم ژنتیک که اولین بار جان هولند^{۲۰} آن را ارائه داد، یکی از الگوریتم‌های جستجو به حساب می‌آید که اساس آن مبتنی بر ژنتیک موجودات زنده است. این الگوریتم اصل "حیات مناسبترین"^{۲۱} داروین را با یک سری اطلاعات تصادفی ساخت‌یافته ادغام و یک الگوریتم جستجو ایجاد می‌کند. امروزه الگوریتم ژنتیک جایگاه خاصی در میان روش‌های بهینه‌سازی برای حل مسائل پیچیده پیدا کرده است و به عنوان یک روش موثر و کارا برای حل اینگونه مسائل در زمینه‌های تجاری، علمی و

مهندسی به حساب می‌آید. این الگوریتم، از لحاظ محاسباتی ساده، اما قدرتمند است و فرضیات محدود کننده در خصوص فضای جستجو آن را محدود نمی‌کند.

برای حل یک مسأله به روش ژنتیک ابتدا باید پاسخ مسأله را کد گذاری کرده، به گونه‌ای که در ادامه اجرای الگوریتم بتوان این پاسخ را مورد ارزیابی قرار داد و عملگرهای مختلف را بر آن اعمال کرد. اجرای الگوریتم با استفاده از یک مجموعه ابتدایی از جواب‌های تصادفی که جمعیت اولیه^{۲۲} نامیده می‌شود، شروع می‌گردد. هر عضو در جمعیت یک کروموزوم^{۲۳} نامیده می‌شود که نمایانگر یک حل برای مسأله موجود است. یک کروموزوم رشته‌ای از اعداد است که در اصطلاح ژن^{۲۴} نامیده می‌شود و معمولاً و نه لزوماً یک رشته دودویی است. طی هر تکرار الگوریتم ژنتیک، مجموعه جدیدی از کروموزوم‌ها تولید می‌شود. جمعیت در زمان معلوم را نسل^{۲۵} می‌نامند. طی هر نسل، میزان برآزش کروموزوم‌ها با تابع برآزش^{۲۶} که یک کروموزوم را با توجه به تابع هدف مسأله برآورد می‌کند، تعیین می‌شود. طی فرایند بازتولید^{۲۷}، عملگرهای ژنتیک یعنی عملگرهای تقاطعی^{۲۸} و عملگر جهشی^{۲۹} بر روی کروموزوم‌ها اعمال می‌شوند. به کروموزوم‌هایی که از این طریق تولید می‌شوند، نوزاد^{۳۰} اطلاق می‌شود. سپس برآزندگی نوزادان ارزیابی شده و بوسیله یکی از رویه‌های انتخاب^{۳۱} کروموزوم‌های بهتر انتخاب و به نسل بعد منتقل می‌شوند. برای هر یک از عملگرهای ژنتیک یک پارامتر احتمال تعریف می‌شود که عملگرها با این احتمال بر کروموزوم‌ها اعمال می‌شوند.

۲-۵- پیشینه تحقیق

از اواخر ۱۹۹۰ آزمون‌های مختلفی برای اندازه گیری میزان دقت مدل‌های VaR ارائه گشته است. گرچه این آزمون‌ها در جزئیات با هم تفاوت دارند، ولی اکثر آنها بر روی مفهوم مقایسه ضرر واقعی با VaR گزارش شده، بنا شده اند.

(Christofferson 1998)، نشان داد که تعیین دقیق بودن مدل VaR می‌توان به مسأله تعیین اینکه

آیا تابع توالی دو ویژگی پوشش غیر شرطی و استقلال را دارد یا خیر، تبدیل کرد.

(Tsay 2002)، از طریق یک نمونه تجربی نشان داد که محاسبه VaR از طریق روش‌های

مختلف به طور قابل ملاحظه ای تخمین‌های متفاوتی ایجاد می‌کند. بعضی از این اختلاف ها که به

میزان ۰.۱٪ درصد دارایی مالی مورد نظر میباشد، در یک گردش مالی با حجم بالا بسیار برجسته می‌شود. (Engle & Manganalli 2004) بررسی جامعی را روی پیشرفت‌های اخیر در حوزه مدل‌های تخمین VaR انجام داده‌اند. آنها عملکرد این مدل‌ها را از طریق شبیه سازی مونت کارلو مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج تحقیقات آنها نشان می‌دهد هنگامی که فرآیند تولید داده (DGP)^{۳۲}، با دنباله‌های بزرگ و در حجم وسیعی انجام پذیرد، مدل‌های VaR خودهمبسته شرطی (CAViaR)^{۳۳} بهترین عملکرد را دارا هستند. البته با توجه به اینکه Real DGP ناشناخته است، نتایج آنها نمی‌تواند قطعی باشد.

(Bao Lee & Saltoglu, 2006) عملکرد مدل‌های مختلف تخمین VaR را با استفاده از داده‌های بازار سهام پنج بنگاه اقتصادی آسیایی و در طی بحران مالی اقتصادی ۱۹۹۷ الی ۱۹۹۸ مورد بررسی قرار دادند. علی‌رغم دقتی که در بررسی‌هایشان به کار بردند، نتایج آنها قطعی نبوده و نتوانستند بهترین مدل را معرفی کنند.

(Lin Zou, 2007) از یکی از کاربردهای VaR که همان کمک به تشکیل پرتفوی می‌باشد، بهره برده و از بازده نهایی حاصله در عمل به منظور بررسی عملکرد مدل‌های تخمین VaR استفاده کرده است.

(Hurlin and Tokpavi, Colletaz, Candelon, 2009) روش پیش‌آزمایی جدیدی را بر مبنای زمان دیرش و به منظور پیش‌بینی ارزش در معرض خطر پیشنهاد کردند. آنها نتایج تخمین ریسک را با استفاده از آزمون‌های پیش‌آزمایی دیرش محور بررسی کرده و یک رویکرد نمونه‌گیری زیر مجموعه‌ای را به منظور تقویت نتایج استنتاجی (Escanciano and Olmo 2009)، پیشنهاد دادند. (Christofferson and Pellitier, Berkowitz, 2009) عملکرد مدل‌های مختلف ارزش در معرض خطر را با استفاده از داده‌های desk-level مورد ارزیابی قرار دادند. آزمون ارزش در معرض خطر خود همبسته شرطی انگل و مانگانالی (۲۰۰۴)، بهترین عملکرد را داشت، البته آزمون‌های پیش‌آزمایی دیرش محور در بسیاری از مواقع، نتایج خوبی داشتند. در این تحقیق به طور همزمان بازده نهایی حاصله در عمل و تابع زیان را به عنوان دو معیار تصمیم‌گیری در نظر خواهیم گرفت.

۳- روش شناسی تحقیق

۳-۱- نحوه محاسبه بازده و تابع زیان مدل‌های تخمین VAR

هدف اصلی ما در این تحقیق ارزیابی عملکرد مدل‌های تخمین ارزش در معرض خطر با در نظر گرفتن همزمان تابع زیان و بازده واقعی حاصله از کاربرد هر تخمین زنده، به عنوان دو معیار ارزیابی می‌باشد. رویکرد ما در این تحقیق، رویکرد مقایسه ای از روش‌های پیش آزمایی VAR می‌باشد.

۳-۱-۱- محاسبه بازده واقعی حاصله از هر تخمین زنده

مسئله اصلی در این تحقیق، تعیین استراتژی بهینه برای سرمایه گذاری است که به دنبال ماکزیم کردن عایدی ماهیانه خود از طریق تخصیص سرمایه اش بین دارایی بدون ریسک و دارایی ریسکی (پرتفوی از ارزهای دلار آمریکا، پوند انگلستان و دلار کانادا) می‌باشد. نمونه ما شامل اطلاعات مربوط به نرخ ارزهای دلار آمریکا و کانادا و پوند انگلیس به ریال از ۸۱/۰۱/۰۱ تا ۹۰/۰۴/۳۱ می‌باشد که از سایت بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران استخراج شده است. همچنین نرخ بهره بدون ریسک را نرخ تسهیلات کوتاه مدت بانکی در نظر می‌گیریم (۸٪ سالیانه). بازده‌های ماهیانه ارزهای مربوطه را با استفاده از رابطه ۱۰ برای کل نمونه به دست می‌آوریم.

$$R_t = \frac{P_t}{P_{t-1}} - 1 \quad (\text{رابطه ۱۰})$$

لذا نمونه ما شامل ۱۱۲ بازده ماهیانه از ۸۱/۰۱ تا ۹۰/۰۴ برای هر یک از ارزهای مربوطه می‌باشد. داده‌های نمونه را به دو قسمت تقسیم می‌کنیم (دوره مشاهده و دوره پیش بینی) و از داده‌های دوره مشاهده برای تخمین متغیرهای دوره پیش بینی استفاده می‌کنیم. در این تحقیق از دوره مشاهده شش ساله (۷۲ ماهه) استفاده شده است. دوره پیش بینی ما از ۸۷/۰۱ شروع شده و تا ۹۰/۰۴ ادامه می‌یابد و شامل ۴۰ ماه می‌باشد. در طول دوره پیش بینی به منظور ماکزیم کردن عایدی ماهیانه سرمایه گذار از معیار نخست- ایمنی بهره برده (مدل ۱) و ابتدا با استفاده از رابطه ۴ وزن بهینه ارزهای دلار آمریکا، دلار کانادا و پوند انگلیس را در پرتفوی ریسکی به دست می‌آوریم. بدین منظور از ماکزیم‌سازی صرف ریسک (رابطه ۴) از الگوریتم ژنتیک بهره می‌بریم. علت بهینه‌سازی رابطه ۴ با استفاده از الگوریتم ژنتیک را می‌توان در موارد زیر جستجو کرد:

- غیر محذب بودن تابع VAR باعث می‌شود که جواب گلوبالی برای رابطه ۴ وجود نداشته باشد، لذا لزوم استفاده از روش‌های فرا ابتکاری مشخص می‌شود.
- کوانتایل بازده پرتفوی ریسکی وابسته به وزن دارایی‌های ریسکی تشکیل دهنده پرتفوی می‌باشد و محاسبات مربوط به تخمین آن در مواردی پیچیده می‌باشد، با توجه به اینکه امکان برنامه نویسی این محاسبات در نرم افزارهایی مثل لینگو وجود ندارد باید از امکانات موجود در نرم افزارهایی مثل مطلب بهره برد.
- زمان محاسباتی نرم افزار لینگو در مقایسه با الگوریتم ژنتیک بسیار بالاست.

$$\max_{\square_{jt}} \frac{Et(R_{t+1})-rt}{(rt)-q\alpha(R_{t+1})} \quad (\text{رابطه ۴})$$

متغیرها و پارامترهای رابطه ۴ عبارت اند از :

R_t : نرخ بهره بدون ریسک است که زمان سررسید آن در زمان $t+1$ می‌باشد.

$\alpha : q(R_{t+1})$: امین کوانتایل بازده پرتفوی ریسکی

$E_t(R_{t+1})$: امید ریاضی بازده پرتفوی ریسکی که طبق رابطه زیر به دست می‌آید :

$$E_t(R_{t+1}) = \square_{1t} E_t(R_1) + \square_{2t} E_t(R_2) + \square_{3t} E_t(R_3) \quad (\text{رابطه ۱۱})$$

$E_t(R_j)$: امید ریاضی بازده دارایی ریسکی j ام در دوره t ام

\square_{jt} : وزن دارایی ریسکی j ام در دوره t ام

به عنوان مثال برای ماکزیمم کردن عایدی سرمایه گذار در ۸۷/۰۱ با استفاده از داده‌های دوره مشاهده مربوط به آن (بازده‌های ۸۱/۰۱ تا ۸۶/۱۲) به تخمین متغیرهای لازم پرداخته و با بهینه سازی رابطه ۴ توسط الگوریتم ژنتیک، وزن بهینه دارایی‌های ریسکی (\square_{jt}) را به دست می‌آوریم. سپس با استفاده از رابطه ۵ به تخصیص سرمایه بین دارایی ریسکی و غیر ریسکی می‌پردازیم و میزان بهینه وام گیری یا وام دهی در نرخ بهره بدون ریسک (b_t) را به دست می‌آوریم.

$$b_t = \frac{s-Wt(1+rt)}{q\alpha(R_{t+1})-rt} - W_t \quad (\text{رابطه ۵})$$

در این تحقیق میزان سطح بحرانی سرمایه انتهای هر دوره را برابر $W_t \cdot 0.95$ در نظر گرفتیم بدین معنی که کاهش ۵ درصدی سرمایه در انتهای دوره فاجعه بار می‌باشد. به منظور ساده سازی محاسبات W_t را برابر ۱ در نظر گرفتیم. به منظور محاسبه بازده واقعی حاصله در عمل در ۸۷/۰۱ از رابطه زیر استفاده می‌کنیم :

$$\text{Real}(R_t) = (1+b_t) * (\square_{1t}(R_1) + \square_{2t}(R_2) + \square_{3t}(R_3)) - b_t r_t \quad (\text{رابطه } ۱۲)$$

\square_{jt} : وزن بهینه دارایی ریسکی j ام در دوره t ام حاصل از بهینه سازی رابطه ۴

R_j : بازده واقعی دارایی ریسکی j ام در دوره t ام

b_t : میزان بهینه وام گیری (وام دهی) حاصل از رابطه ۵.

اگر b_t مثبت باشد به معنی این است که با نرخ بهره بدون ریسک وام گرفته ایم و این مقدار را در دارایی ریسکی سرمایه گذاری کرده ایم. مثلاً اگر b_t برابر ۲ باشد بدین معنی است که به میزان دو برابر پرتفوی ریسکی در نرخ بهره بدون ریسک وام گرفته ایم و این مقدار مازاد را در دارایی ریسکی سرمایه گذاری کرده ایم و در انتهای دوره می بایست بهره بدون ریسک را پرداخت کنیم و از عایدی ما کم می شود. همین طور دو مرحله قبل را برای $۸۷/۰۲$ تکرار می کنیم با این تفاوت که دوره مشاهده برای تخمین متغیرهای رابطه ۴ برابر است با بازده های $۸۱/۰۲$ تا $۸۷/۰۱$. این عمل را برای تمام دوره پیش بینی تکرار می کنیم و بازده های واقعی حاصله را به دست می آوریم. عملیات بالا را برای تمام تخمین زنده های مورد بررسی تکرار می کنیم و بازده های واقعی را در طی دوره پیش بینی برای تک تکه آنها به دست می آوریم. سپس از بازده تجمعی دوره پیش بینی هر مدل به عنوان ارزش هر تخمین زنده از نظر معیار بازده بهره می بریم. در کل برای ۴ تخمین زنده VAR ۱۶۰ بار الگوریتم ژنتیک (برای هر مدل ۴۰ بار برای ۴۰ دوره پیش بینی) run می شود.

۳-۱-۲- محاسبه تابع زیان حاصله از هر تخمین زنده

در روش های اعتبارسنجی، چنانچه ضرر واقعی یکی از پروده های پیش بینی در افق پیش بینی بیشتر از var شود یک استثنا (تخطی) رخ می دهد. احتمال رخداد ضرر بیش از VaR گزارش شده $VaR_t(\alpha)$ ، باید دقیقاً برابر $\alpha \times ۱۰۰\%$ باشد (به عبارت دیگر $pr(I_{t+1}(\alpha) = 1) = \alpha$) اگر ضررهای بیش از VaR با تکراری بیش از $\alpha \times ۱۰۰\%$ دفعات ، مشاهده شوند ، می تواند نشانه این باشد که معیار VaR به طور سیستماتیک ریسک واقعی پورتفوی را کمتر از مقدار واقعی تخمین می زند. حالت مخالف هم ، یعنی زمانی که تعداد تخطی ها کمتر از مقدار پیش بینی شده باشد ، بیانگر محافظه کار بودن مدل تعیین ریسک و بیش از حد تخمین زدن آن باشد. محافظه کار بودن

بیش از حد یک مدل ممکن است روی بازده حاصله از کاربرد مدل تاثیر منفی داشته باشد از این جهت است که در چهارچوب آماری روش‌های پیش‌آزمایی برای تخطی‌هایی که با تکراری کمتر از ۱۰٪ دفعات، مشاهده شوند، جنبه منفی در نظر گرفته می‌شود در حالی که در رویکرد ما در این تحقیق از بازده واقعی حاصله در عمل به عنوان معیار بازده استفاده می‌شود و از تابع زیان به عنوان معیار ریسک استفاده خواهیم کرد لذا محافظه کار بودن مدل از نظر معیار ریسک جنبه منفی برای ما ندارد. در این تحقیق تابع زیان را به صورت زیر تعریف می‌کنیم.

$$C_t = \begin{cases} \text{if } (1t(R1) + 2t(R2) + 3t(R3)) > q\alpha(Rt + 1) \\ \{(1t(R1) + 2t(R2) + 3t(R3)) - q\alpha(Rt + 1)\} \\ \text{if } (1t(R1) + 2t(R2) + 3t(R3)) \leq q\alpha(Rt + 1) \\ 0 \end{cases} \quad (\text{رابطه ۱۳})$$

متغیرهای رابطه ۱۳ عبارت اند از :

\square_{jt} : وزن بهینه دارایی ریسکی t ام دوره t ام حاصل از بهینه سازی رابطه ۴

R_t : بازده واقعی دارایی ریسکی t ام دوره t ام

$q(R_{t+1})$: α امین کوانتایل بازده پرتفوی ریسکی تخمینی توسط تخمین زنده با وزن‌های بهینه

در نهایت زیان حاصله از هر تخمین زنده را به صورت امید ریاضی زیان‌ها (همان ارزش در معرض خطر شرطی) در نظر می‌گیریم.

$$(\sum_{t=1}^{40} C_t) / n \quad (\text{رابطه ۱۴})$$

n : تعداد شکست‌هایی که رخ داده است.

۳-۲- پارامترهای الگوریتم ژنتیک طراحی شده

در این تحقیق به منظور کد نمودن کروموزوم‌ها از متغیرهای Real استفاده شده است. همچنین تولید نسل اولیه به صورت تصادفی صورت می‌گیرد. اندازه جمعیت مورد استفاده در این تحقیق ۵۰ بوده است. در صورت رخداد یکی از شروط زیر الگوریتم متوقف می‌شود :

- عدم تغییر در مقدار تابع هدف در ۳۰ نسل متوالی

- ماکزیمم تکرار برابر ۸۰ نسل در نظر گرفته شده است.

تعداد کروموزوم‌های نخبه که وارد نسل بعدی خواهند شد ۴٪ جمعیت در نظر گرفته شده

است. کروموزوم‌های نخبه در هر نسل، آنهایی هستند که در نسل خود بهترین مقدار تابع برازش را

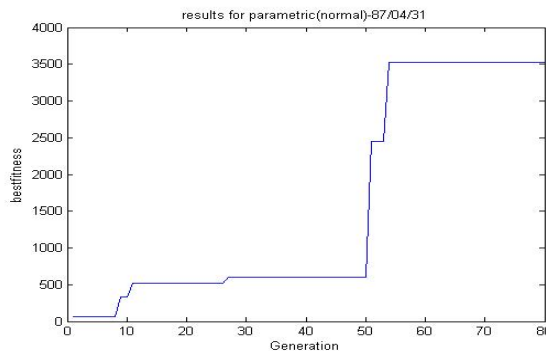
داشته باشند. به منظور تعیین نحوه انتخاب کروموزوم ها به منظور جفت گیری، از چرخه رولت^{۳۴} استفاده شده است. کروموزوم ها در الگوریتم ژنتیک این تحقیق شامل سه ژن می باشند. ژن i ام معرف وزن دارایی ریسکی i ام در پرتفوی ریسکی می باشد. کروموزوم ها به صورت (X_1, X_2, X_3) تعریف شده اند. به دلیل اینکه بین دارایی های ریسکی فروش استقرای مجاز نمی باشد محدودیت های زیر را اعمال کرده ایم.

$$X_1 + X_2 + X_3 = 1, 0 \leq X_i < 1$$

اپراتور تقاطع را به صورت زیر تعریف کرده ایم:

$$\text{child} = t * \text{parent}(1) + (1-t) \text{parent}(2), 0 < t \leq 1$$

درصد تقاطع را با سعی و خطا برابر ۹۴٪ در نظر گرفته ایم. همچنین درصد جهش را ۲٪ جمعیت اولیه در نظر گرفته ایم. به منظور جهش نیز به طور تصادفی جای دو ژن کروموزوم مربوطه را تغییر می دهیم. همان طوری که بیان شد برای ۴ تخمین زنده مورد ارزیابی و برای ۴۰ ماه در دوره پیش بینی، جمعا ۱۶۰ بار الگوریتم ژنتیک با خصوصیات بیان شده ران شده اند که نحوه بهبود بهترین جواب ها برای یکی از تخمین زنده ها و برای ۸۷/۰۴ در شکل ۱ آمده است.



شکل ۱) نحوه بهبود بهترین جواب ها

۳-۳- فرآیند تصمیم گیری

پس از اینکه ارزش (نمره) هر تخمین زنده VAR را از نظر دو معیار ریسک و بازده به دست آوردیم، نوبت به فرآیند تصمیم گیری می رسد. با توجه به نسبی بودن اهمیت ریسک و بازده از

نظر سرمایه‌گذاران، وزن این دو معیار را فازی در نظر گرفته ایم. به منظور اینکه از میزان تاثیر ریسک‌گریزی (ریسک‌پذیری) در فرآیند تصمیم‌گیری پی ببریم، طبق جدول ۱ سرمایه‌گذاران مختلفی را تعریف می‌کنیم.

جدول ۱) تقسیم‌بندی از سرمایه‌گذاران

نوع سرمایه‌گذار	مطلوبیت نسبی از سرمایه‌گذاری در پرتفویی با ریسک بالا و بازده بالا (معیار بازده)	مطلوبیت نسبی از سرمایه‌گذاری در پرتفویی با ریسک پایین و بازده پایین (معیار ریسک)
خیلی ریسک‌گریز	خیلی پایین	خیلی بالا
ریسک‌گریز	پایین	بالا
بی تفاوت به ریسک	متوسط	متوسط
ریسک‌پذیر	بالا	پایین
خیلی ریسک‌پذیر	خیلی بالا	خیلی پایین

برای تبدیل واژه‌های زبانی به اعداد فازی، در این تحقیق از مقیاس چن و هوانگ استفاده شده است که در شکل ۲ آورده شده است. با توجه به کاربرد فراوان روش topsis و مزیت‌های آن نسبت به سایر روش‌های MCDM در این تحقیق از روش topsis فازی چن استفاده شده است (Chen, 2006). در این روش از نرمالایز خطی به منظور ساده‌سازی محاسبات استفاده شده است و از اعداد فازی دوزنقه‌ای بهره‌برده شده است. در نهایت با محاسبه ضریب نزدیکی (CC_i) برای آلترناتیو i ام طبق جدول ۲ تصمیم‌گیری انجام می‌پذیرد. البته اگر چند آلترناتیو در یک دسته قرار گرفته باشند، آلترناتیوی که دارای ضریب بزرگتری است دارای رتبه بهتری می‌باشد.

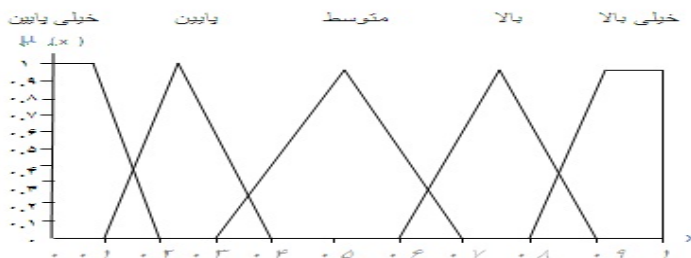
جدول ۲) فرآیند تصمیم‌گیری با توجه به ضریب نزدیکی

فرآیند تصمیم‌گیری	
نتیجه ارزیابی	ضریب نزدیکی (CC_i)
توصیه نمی‌شود	$CC_i \in [0, 0.2)$
با عدم اطمینان بالا توصیه می‌شود	$CC_i \in [0.2, 0.4)$
با عدم اطمینان پایین توصیه می‌شود	$CC_i \in [0.4, 0.6)$
تایید می‌شود	$CC_i \in [0.6, 0.8)$
تایید می‌شود و ترجیح داده می‌شود	$CC_i \in [0.8, 1.0]$

۴- تحلیل نتایج و یافته‌های تحقیق

۴-۱- بهینه سازی پرتفوی ریسکی

همان طور که در بخش سوم بیان شده به منظور محاسبه بازده واقعی و زیان حاصله از هر تخمین زننده var، ابتدا به بهینه سازی پرتفوی ریسکی می‌پردازیم و وزن‌های بهینه ارزهای دلار آمریکا، پوند انگلیس و دلار کانادا که تشکیل دهنده پرتفوی ریسکی می‌باشند را به دست می‌آوریم. میانگین وزن ارزهای مربوطه در جدول ۳ آورده شده است. در شکل ۳، نمودار سه بعدی وزن‌های ارزهای تشکیل دهنده پرتفوی ریسکی حاصله از تخمین زننده‌های متفاوت var آمده است.

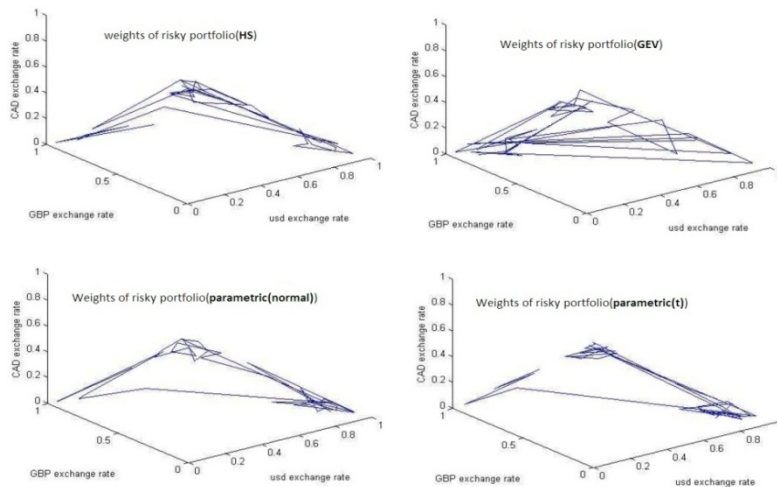


شکل ۲) مقیاس چن و هوانگ برای تبدیل واژه‌های زبانی به اعداد فازی

همان طور که در شکل ۳، دیده می‌شود تراکم بیشتر وزن‌های بهینه در روش‌های HS، Parametric(t) و Parametric(normal) روی پرتفوهایی با ترکیب وزن‌های بالای دو نرخ ارز دلار کانادا و دلار آمریکا و وزن پایین نرخ ارز پوند انگلیس می‌باشد، که علت آن را می‌توان در بیشتر بودن بازده این دو ارز در مقایسه با بازده ارز پوند انگلیس جستجو کرد. ترکیب وزن‌های بهینه در مدل GEV کمی متفاوت می‌باشد که می‌تواند به علت استفاده از مقادیر فرین در محاسبات باشد.

جدول ۳) میانگین وزن‌های بهینه ارزهای تشکیل دهنده پرتفوی ریسکی در افق پیش بینی

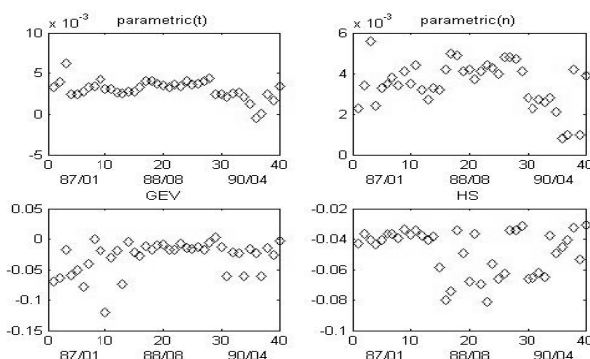
	usd exchange rate	GBP exchange rate	CAD exchange rate
Parametric(t)	۰.۴۲۰۵	۰.۱۸۱۸	۰.۳۹۷۷
Parametric(normal)	۰.۴۲۷۵	۰.۱۷۶۲	۰.۳۹۶۲
GEV	۰.۲۲۰۲	۰.۳۸۶۸	۰.۳۹۳۰
HS	۰.۲۹۵۲	۰.۱۸۵۵	۰.۵۱۹۲



شکل ۳) نمودار سه بعدی وزن‌های ارزشی تشکیل دهنده پرتفوی ریسکی حاصله از تخمین زنده‌ها

۲-۴- var و میزان بهینه وام‌گیری در نرخ بهره بدون ریسک حاصله از تخمین زنده‌ها :
 پس از محاسبه وزن بهینه ارزشی خارجی در پرتفوی ریسکی، با استفاده از رابطه ۵ به تخصیص سرمایه بین دارایی ریسکی و غیر ریسکی می‌پردازیم و میزان بهینه وام‌گیری (وام دهی) در نرخ بهره بدون ریسک را محاسبه می‌کنیم. این مقدار اگر مثبت باشد نشان دهنده فروش استقراضی دارایی غیر ریسکی (وام دریافتی با نرخ بهره بدون ریسک) و سرمایه‌گذاری این مقدار به صورت مازاد در پرتفوی ریسکی است. در شکل ۴، var بهینه حاصله از تخمین زنده‌های این سنجه در افق پیش بینی نشان داده شده است. خلاصه اطلاعات مربوط به var بهینه نیز در جدول ۴ آورده شده است. با توجه به شکل ۴ و اطلاعات جدول ۴ مشخص می‌شود که محتاط‌ترین (محافظه کارترین) تخمین زنده var، روش HS و بعد از آن GEV می‌باشد زیرا این دو روش کوانتایل بازده پرتفوی ریسکی را کمتر از دو روش دیگر برآورد کرده‌اند. در شکل ۵، میزان بهینه وام‌گیری (وام دهی) حاصله از کاربرد تخمین زنده‌های var نشان داده شده است و در جدول ۵ خلاصه اطلاعات مربوط به آن آورده شده است. با توجه به شکل ۵ و اطلاعات جدول ۵ نتایجی مشابه حالت قبل به دست می‌آید و محافظه کار بودن دو روش HS و GEV نسبت به مدل‌های

پارامتریک مشخص می‌شود زیرا از میزان بهینه وام‌گیری در نرخ بهره بدون ریسک که به صورت مازاد در پرتفوی ریسکی سرمایه‌گذاری می‌شود، کاسته شده است و بر میزان وام‌دهی (سرمایه‌گذاری در دارایی غیر ریسکی) افزوده شده است.



شکل ۴) var بهینه حاصله از تخمین زنده‌های ارزش در معرض خط

جدول ۴) خلاصه اطلاعات مربوط به var بهینه

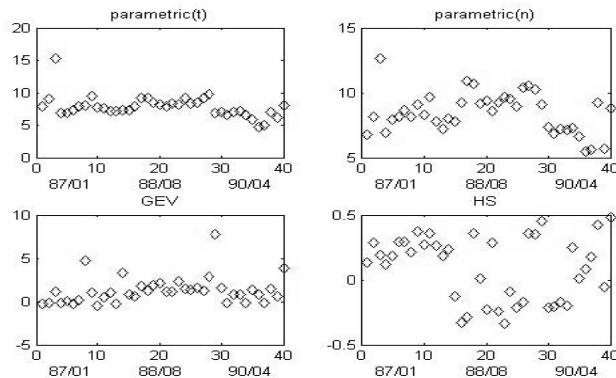
Optimal VAR

	Parametric(t)	Parametric(normal)	GEV	HS
Mean	0.0030	0.0035	- 0.0293	- 0.0480
Std	0.0012	0.0011	0.0267	0.0149
Median	0.0032	0.0036	- 0.0185	- 0.0407
Min	- 0.0005	0.0008	- 0.1210	- 0.0809
Max	0.0063	0.0056	0.0032	- 0.0305

جدول ۵) خلاصه اطلاعات مربوط به میزان بهینه وام‌گیری

Optimal Borrowing

	Parametric(t)	Parametric(normal)	GEV	HS
Mean	7.5816	8.4536	1.2715	0.0948
Std	1.6522	1.5435	1.5731	0.2488
Median	7.8357	8.4327	1.1112	0.1830
Min	4.7208	5.5059	- 0.5420	- 0.3396
Max	15.3217	12.6356	7.7871	0.4819



شکل ۵) میزان بهینه وام‌گیری حاصله از کاربرد تخمین زنده‌های var

۳-۴- بازده تجمعی و زیان واقعی حاصله از کاربرد تخمین زنده‌ها :

پس از به دست آوردن وزن بهینه ارزش‌های خارجی در دارایی ریسکی و میزان بهینه وام‌گیری در نرخ بهره بدون ریسک، نوبت به محاسبه بازده واقعی با این وزن‌های بهینه و cvar هر تخمین زنده به عنوان معیاری از ریسک می‌رسد. در جدول ۶ اطلاعات مربوط به بازده پرتفوی ریسکی در افق پیش‌بینی که با استفاده از وزن‌های بهینه ارزش‌های خارجی به دست آمده آورده شده است. همین‌طور در جدول ۷ بازده کل پرتفوی که با در نظر گرفتن وام‌گیری (وام‌دهی) در نرخ بهره بدون ریسک و با استفاده از رابطه ۱۲، حاصل شده اند آورده شده است.

بازده پرتفوی ریسکی تخمین زنده‌ها تقریباً یکسان می‌باشد و آنچه که موجب شده بازده کل پرتفوی حاصل از تخمین زنده‌ها متفاوت شود، تفاوت در میزان وام‌گیری می‌باشد. شکل ۶ نشان دهنده این موضوع می‌باشد. نوسانات بازده کل پرتفوی حاصله از وزن‌های بهینه را به صورت مجزا می‌توانیم در شکل ۷ ببینیم. به منظور محاسبه بازده تجمعی کل پرتفوی در افق پیش‌بینی، از میانگین حسابی بازده‌ها استفاده کرده ایم.

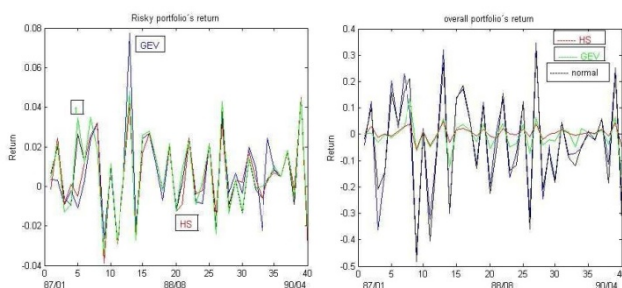
جدول ۶) بازده پرتفوی ریسکی در افق پیش‌بینی حاصله از وزن‌های بهینه ارزش‌های خارجی

Risky portfolio's Return				
	Parametric(t)	Parametric(normal)	GEV	HS
Mean	۰.۰۰۶۴	۰.۰۰۵۷	۰.۰۰۵۶	۰.۰۰۵۱

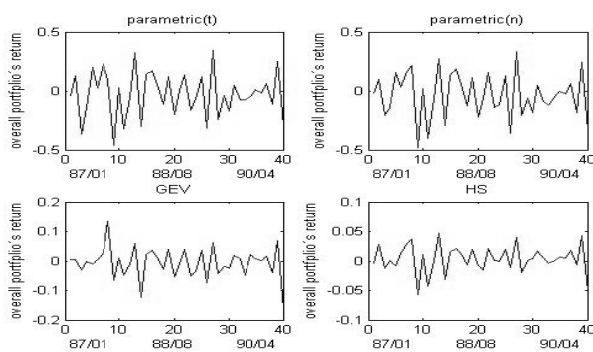
جدول (۷) بازده کل پرتفوی، حاصله از وزن‌های بهینه ارزش‌های خارجی و میزان بهینه وام‌گیری

Overall portfolio's return

	Parametric(t)	Parametric(normal)	GEV	HS
Mean	- ۰.۰۲۹۰	- ۰.۰۳۷۹	- ۰.۰۰۰۶	۰.۰۰۳۵
Std	۰.۱۹۰۹	۰.۱۹۲۱	۰.۰۵۲۵	۰.۰۲۳۳
Median	- ۰.۰۳۰۱	- ۰.۰۳۳۱	۰.۰۰۲۶	۰.۰۰۲۴
Min	- ۰.۴۵۷۵	- ۰.۴۱۱۹	- ۰.۱۶۷۵	- ۰.۰۵۶۷
Max	۰.۳۴۵۱	۰.۳۲۷۲	۰.۱۳۵۷	۰.۰۴۷۷



شکل (۶) مقایسه بازده پرتفوی ریسکی و کل پرتفوی حاصله از تخمین زنده‌ها در افق پیش‌بینی



شکل (۷) نوسانات بازده کل پرتفوی حاصله از وزن‌های بهینه

به منظور محاسبه تابع زیان و در نتیجه زیان کل حاصل از هر تخمین زنده، ابتدا با وزن‌های بهینه ارزش‌های خارجی کوانتایل بازده پرتفوی ریسکی را محاسبه می‌کنیم سپس با استفاده از رابطه ۱۳ ابتدا تابع زیان و با رابطه ۱۴ cvar حاصله از هر تخمین زنده را به دست می‌آوریم.

$$C_t = \begin{cases} \text{if} (1t(R1) + 2t(R2) + 3t(R3)) > q\alpha(Rt + 1) \\ \{(1t(R1) + 2t(R2) + 3t(R3)) - q\alpha(Rt + 1)\} \\ \text{if} (1t(R1) + 2t(R2) + 3t(R3)) \leq q\alpha(Rt + 1) \\ 0 \end{cases} \quad \text{رابطه ۱۳}$$

$$\left(\sum_{t=1}^{40} C_t \right) / n \quad \text{رابطه ۱۴}$$

علت استفاده از cvar به عنوان زیان، خصوصیات خوب آماری آن می‌باشد از جمله محدب بودن آن است. بازده واقعی و cvar حاصله از هر تخمین زنده در جدول ۸ آورده شده است، که در واقع ماتریس تصمیم‌گیری ما می‌باشد و ورودی اولیه روش‌های تصمیم‌گیری ما می‌باشد.

جدول ۸) ماتریس تصمیم‌گیری اولیه

شاخص‌ها آلترناتیوها	ریسک = (cvar)	معیار بازده=(بازده تجمعی+۱)
Parametric(normal)	۰.۰۱۴	۰.۹۶۲
Parametric(t)	۰.۰۱۵	۰.۹۷۱
GEV	۰.۰۱۲	۰.۹۹۴
HS	۰.۰۰۳	۱.۰۰۳۵

۴-۴- رتبه بندی تخمین زنده‌ها و تصمیم‌گیری با استفاده از topsis فازی :

همانطوری که در بخش قبلی بیان شده است در این تحقیق از topsis فازی چن بهره برده‌ایم. و از نرمالایز خطی به منظور ساده سازی محاسبات استفاده شده است. وزن نسبی دو معیار ریسک و بازده را با توجه به میزان ریسک‌گریزی سرمایه‌گذاران طبق جدول ۹ تعریف کرده‌ایم.

جدول ۹) وزن نسبی ریسک و بازده با توجه به نوع سرمایه‌گذاران

نوع سرمایه‌گذار	اهمیت نسبی معیار ریسک	اهمیت نسبی معیار بازده
خیلی ریسک‌گریز	(۰.۸ ، ۰.۹ ، ۱ ، ۱)	(۰ ، ۰.۱ ، ۰.۱ ، ۰.۲)
بی تفاوت نسبت به ریسک	(۰.۳ ، ۰.۵ ، ۰.۵ ، ۰.۷)	(۰.۳ ، ۰.۵ ، ۰.۵ ، ۰.۷)
خیلی ریسک‌پذیر	(۰ ، ۰.۱ ، ۰.۱ ، ۰.۲)	(۰.۸ ، ۰.۹ ، ۱ ، ۱)

نرمالایز شده ماتریس تصمیم‌گیری اولیه را در وزن نسبی معیارها ضرب کرده، سپس با تعریف ایده آل فازی مثبت و منفی، فاصله آلترناتیو‌ها را از این دو نقطه محاسبه کرده و با تقسیم فاصله

هر آلترناتیو از ایده آل منفی بر مجموع فاصله آلترناتیو با ایده آل ها، ضریب نزدیکی را به دست می آوریم. از این ضریب به منظور رتبه بندی تخمین زنده‌ها و تصمیم گیری استفاده می کنیم. نرمالایز شده ماتریس تصمیم گیری در جدول ۱۰ آورده شده است.

جدول ۱۰) نرمالایز شده ماتریس تصمیم گیری اولیه

شاخص ها آلترناتیوها	ریسک = (cvar)	معیار بازده = (بازده تجمعی + ۱)
Parametric(normal)	۰.۲۲	۰.۹۵۹
Parametric(t)	۰.۲	۰.۹۶۸
GEV	۰.۲۵	۰.۹۹۱
HS	۱	۱

با استفاده از نتایج مربوط به ضریب نزدیکی (جدول ۱۱) و جدول ۲، رتبه بندی تخمین زنده‌ها و تصمیم گیری را انجام می دهیم.

رتبه بندی تخمین زنده‌ها برای سرمایه گذار خیلی ریسک گریز: $HS > GEV > normal > t$

تصمیم گیری: روش HS تایید و ترجیح داده می شود. سایر روش ها توصیه نمی شود.

جدول ۱۱) ضریب نزدیکی

آلترناتیوها	ضریب نزدیکی گذار بی تفاوت به ریسک	ضریب نزدیکی برای سرمایه گذار خیلی ریسک پذیر	ضریب نزدیکی برای سرمایه گذار خیلی ریسک گریز	ضریب نزدیکی برای سرمایه گذار بی تفاوت به ریسک
Parametric(normal)	۰.۲۵۶۸	۰.۳۵۰۴	۰.۱۵۱۶	۰.۲۵۶۸
Parametric(t)	۰.۲۵۱۷	۰.۳۶۰۰	۰.۱۳۶۵	۰.۲۵۱۷
GEV	۰.۲۸۲۴	۰.۴۰۷۵	۰.۱۷۹۸	۰.۲۸۲۴
HS	۰.۵۹۴۰	۰.۵۶۲۲	۰.۷۹۱۹	۰.۵۹۴۰

رتبه بندی تخمین زنده‌ها برای سرمایه گذار خیلی ریسک پذیر: $HS > GEV > t > normal$

تصمیم گیری: روش های HS و GEV با عدم اطمینان پایین پیشنهاد می شوند. دو روش normal و t با عدم اطمینان بالا، توصیه می شوند.

رتبه بندی تخمین زنده‌ها برای سرمایه گذار بی تفاوت به ریسک: $HS > GEV > normal > t$

تصمیم‌گیری: روش HS با عدم اطمینان پایین پیشنهاد می‌شود. روش‌های GEV، normal و t با عدم اطمینان بالا توصیه می‌شوند.

۵- بحث و نتیجه‌گیری

مطالعات زیادی در زمینه بازده دارایی‌های مالی صورت پذیرفته است. نتایج بسیاری از این تحقیقات بر fat tail بودن بازده دارایی‌های مالی، صحنه گذاشته اند. لذا سنجه‌های ریسکی که بر انتهای دنباله توزیع بازده‌ها تمرکز می‌کنند از کارایی بیشتری برخوردار هستند. بر این مبناست که به خصوص از دهه ۱۹۹۰ به بعد با معرفی سنجه‌های ریسکی که دارای چنین ویژگی باشند، وارد مرحله جدیدی از دانش مالی در حوزه مدیریت ریسک می‌شویم. یکی از معروف‌ترین و پرکاربردترین سنجه‌های ریسک در این حوزه، var می‌باشد که مبین ماکزیمم ضرری است که با احتمال معین و در دوره ای مشخص ممکن است با آن روبرو شویم. در اکثر روش‌های رایج پیش آزمایی، بازده نهایی حاصله از کاربرد تخمین زنده در تخمین var در نظر گرفته نمی‌شود، که این مطلب برای سرمایه‌گذاران با درجه ریسک‌پذیری بالا نمی‌تواند مطلوب باشد. آنچه که این تحقیق را از سایر تحقیقات انجام پذیرفته در زمینه پیش آزمایی مدل‌های تخمین var متمایز می‌سازد، در نظر گرفتن همزمان بازده واقعی حاصله از کاربرد تخمین زنده و زیان ایجاد شده به عنوان معیاری از دو شاخص ریسک و بازده می‌باشد که مبنای اصلی در حوزه مطالعات مالی می‌باشند. از طرفی به دلیل نسبی بودن ریسک و بازده از نظر سرمایه‌گذاران وزن این دو شاخص را فازی در نظر گرفتیم. یکی از نتایج جالب این تحقیق این بوده است که روش شبیه‌سازی تاریخی علی‌رغم سادگی محاسباتش بهترین نتیجه را از لحاظ ریسک و بازده، داده است. بعد از تخمین زنده HS، مدل GEV بهترین عملکرد را از خود نشان داده است، که البته به دلیل پیچیدگی‌های محاسباتی مربوط به آن انتظار می‌رفت بهترین عملکرد را از خود نشان دهد که این گونه نشد. دو مدل پارامتریک مورد بررسی (نرمال و تی) از مدل‌های شبه پارامتریک و ناپارامتریک، عملکرد بدتری داشته‌اند که این مطلب می‌تواند نشان‌دهنده کشیدگی بیشتر بازده دارایی‌های مالی نسبت به توزیع نرمال باشد. با توجه به نتایج حاصله، مطالب زیر پیشنهاد می‌گردد:

- ۱) یکی از نتایجی که در حین بهینه‌سازی پرتفوی ریسکی به دست آمد زمان محاسباتی متفاوت برای تخمین زنده‌ها بوده، که می‌توان از زمان محاسباتی به عنوان معیاری دیگر علاوه بر ریسک و بازده استفاده کرد.
- ۲) در تحقیق حاضر صرفاً نتایج به وسیله الگوریتم ژنتیک بدست آمدند. می‌توان از روش‌های فرا ابتکاری دیگری همانند particle Swarm و یا Ant Colony استفاده کرد.
- ۳) پیشنهاد می‌شود با روش‌های رایج پیش آزمایی تخمین زنده‌های مورد بررسی در این تحقیق را مورد ارزیابی قرار داد و نتایج را با نتایج تحقیق حاضر مقایسه کرد.
- ۴) این تحقیق را با در نظر گرفتن سطوح بحرانی متفاوت برای سرمایه و سطوح اطمینان دیگر برای ارزش در معرض خطر انجام داد.
- ۵) با توجه به کارایی زیاد ارزش در معرض خطر نسبت به سایر سنج‌های ریسک، پیشنهاد می‌شود در بهینه‌سازی پرتفوی، استفاده شود. همچنین پیشنهاد می‌شود، سرمایه‌گذاران با توجه به کارایی و سادگی روش HS از آن برای تخمین ارزش در معرض خطر بهره ببرند.

فهرست منابع

- ۱) راعی، رضا و علی سعیدی، (۱۳۸۳)، مبانی مهندسی مالی و مدیریت ریسک، انتشارات سمت.
- ۲) عبدالعلی زاده شهیر، سیمین و کوروش عشقی، (۱۳۸۲)، "کاربرد الگوریتم ژنتیک در انتخاب یک مجموعه دارایی از سهام بورس اوراق بهادار"، فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی ایران، شماره ۱۷، زمستان، ۱۷۵-۱۹۲.

- 3) Arzac, E.R., Bawa, V.S., (1977). Portfolio choice and equilibrium in capital markets with safety-first investors. *Journal of Financial Economics* 4, 277-288.
- 4) Bao, Y., Lee, T.-H., Saltoglu, B., (2006). Evaluating predictive performance of Value-At-Risk Models in emerging markets: a reality check. *Journal of forecasting* 25(2): 101-128.
- 5) Berkowitz, Christofferson and Pellitier., (2009). Evaluating Value-at-risk models with desk-level data. *Management science, Articles in Advance*, pp. 1-15.
- 6) Chen-Tung Chen, Ching-Torng Lin, Sue-Fn Huang; (2005); A fuzzy approach for supplier evaluation and selection in supply chain management; *Int. J. Production Economics* 102 (2006) 289-301
- 7) Christoffersen, P.F.; (1998); Evaluating Interval Forecasts; *International Economic Review*; 39; 841-842

- 8) Candelon, Colletaz, Hurlin and Tokpavi. (2009). Backtesting Value-at-risk: A GMN Duration-based test.
- 9) Engle, R.f, Manganelli, S.(2004). CaViaR: conditional autoregressive Value at Risk by regression Quantiles. Journal of business and economic statistics 22(4),367-381.
- 10) Levy, H, Sarnat, M. (1972). Safety first — an expected utility principle. Journal of Financial and Quantitative Analysis 7, 1829–1834.
- 11) Manganelli, S, Engle, R.F. (2001). Value at risk models in finance. European Central Bank, Working paper.
- 13) Pérignon and Smith. (2008). The level and quality of Value-at-risk disclosure by commercial banks.
- 14) Roy, A.D. (1952). Safety first and the holding of assets. Econometrica 20, 431–449.
- 15) Tsay, R.S. (2002). Analysis of Financial Time Series. Wiley, New York.

یادداشت‌ها

1. Risk Measurement
2. Fat-Tail
3. Hit Sequence
4. Violation
5. Backtesting
6. Quantile
7. Thin-Tail
8. Value- at-Risk
9. Event Probability Forecast Approach
10. Density Forecasting Approach
11. Mean_Variance Model
12. Markowitz
13. Safety_first Criterion
14. Roy
15. Telser
16. Arzac and Bawa
17. Fat tail
18. asymmetric
20. John Holland
21. Survival of the Fitness
22. Initial Population
23. Chromosomes
24. Gene
25. Generation
26. Fitness Function
27. Reproduction
28. Crossover Operator
29. Mutation Operator
30. Offspring
31. Selection
32. Data Generation Process
33. Conditional autoregressive Value at Risk
34. Roulette Wheel

^{۱۹} $b > 0$ به معنای وام‌گیری می‌باشد و $b < 0$ به معنای وام‌دهی می‌باشد.