

## تعیین ریسک سرمایه گذاری در یک پرتفو ارزی با استفاده از روش ارزش در معرض خطر

جمشید صالحی صدقیانی \*

### چکیده

هدف از بهینه سازی یک پرتفوی سرمایه گذاری، تعیین مقدار بهینه هر دارایی به گونه‌ای است که حداقل ریسک و حداکثر بازده را فراهم آورد. یکی از روش‌های اندازه‌گیری ریسک یک پرتفو ارزش در معرض خطر است. در روش ارزش در معرض خطر، ریسک پرتفوی دارایی‌ها برای یک افق زمانی آینده برآورد می‌شود. طی سال‌های اخیر نوسانات نرخ ارز به ورشکستگی بسیاری از صنایع مهم ایران منتهی شده است. از این رو در این مقاله، ریسک سرمایه‌گذاری در یک پرتفوی ارزی شامل پنج ارز رایج در بازار معاملات ایران با استفاده از روش ارزش در معرض خطر اندازه‌گیری می‌شود و از طریق حداقل کردن ریسک پرتفوی سرمایه‌گذاری، مقدار بهینه وزن هر ارز در پرتفوی ارزی تعیین می‌شود.

کلمات کلیدی: پرتفوی ارزی، ریسک سرمایه گذاری، ارزش در معرض خطر.

## مقدمه

نرخ ارز<sup>۱</sup> به عنوان یکی از عوامل کلان اقتصادی، همواره مورد توجه جوامع اقتصادی و مالی قرار داشته است. در واقع این نرخ یکی از شاخص‌هایی است که نشانگر شرایط اقتصادی کشور بوده و عاملی برای مقایسه اقتصاد ملی با اقتصاد سایر ملل است. از این رو انتخاب سیاست‌های ارزی با توجه به شرایط اقتصادی، به گونه‌ای که منجر به استقرار سیستم مناسب نرخ ارز گردد نه تنها می‌تواند راهی به سمت رشد و توسعه باشد، بلکه بر عوامل کلان دیگر نیز اثرگذار خواهد بود.

در بحث توسعه بازارهای داخلی، پرداختن به بازار بورس در کشور از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. چرا که نرخ ارز بر روی قیمت سهام و به تبع آن بازده سهام تأثیر خواهد گذاشت. با توجه به این مطلب که بازده سهام و قیمت آن نشان دهنده توانایی شرکت در جذب سرمایه گذاری‌ها و نهایتاً افزایش سرمایه گذاری است، پرداختن به نرخ ارز یکی از عوامل مهم برای رسیدن به رشد اقتصادی کشور خواهد بود. نرخ ارز و نوسانات آن و در حقیقت انتخاب صحیح و بهینه نظام‌های ارزی تأثیر مهمی در سرمایه گذاری‌های کشور و صادرات و واردات خواهد داشت و بنابراین دارای اهمیت بسیار بالایی برای مسئولین اقتصادی کشور است.

نرخ ارز به ارزش، بهاء، قیمت و نرخ یا برابری پول داخلی با پول‌های بیگانه (خارجی) اشاره دارد. در مکالمات بازرگانی و اقتصادی امروز، ارز به معنی پول رایج خارجی استفاده می‌شود. هم چنین ارز در مفهوم وسیع و بسط یافته، شامل کلیه وسایل پولی پرداخت‌های خارجی می‌باشد. از طرفی نرخ ارز، قیمت یک واحد پول خارجی، حق برداشت مخصوص و یا طلا در مبادله با پول رایج یک کشور است.

نرخ ارز یکی از عوامل تعیین کننده در محاسبه سودآوری و کارایی پروژه‌های سرمایه گذاری است و این موضوع می‌تواند کل فرآیند سرمایه گذاری و انتقال وجوه سرمایه به داخل اقتصاد کشورهای در حال توسعه را تحت الشعاع قرار دهد.

ثبات نرخ ارز باعث اطمینان در محیط اقتصاد داخلی می شود و در نتیجه سرمایه گذاران می توانند با سهولت بیشتری در مورد سرمایه گذاری در زمان حال و آینده تصمیم گیری کنند. عوامل تأثیرگذار بر نوسانات نرخ ارز به دو دسته عوامل کوتاه مدت و بلند مدت تقسیم می شوند. به طوری که عوامل بلند مدت پایه سیاسی داشته و عوامل کوتاه مدت پایه اقتصادی دارند. مهم ترین عوامل کوتاه مدت در نوسانات نرخ ارز را می توان تحت عناوین عوامل تجاری و مالی برشمرد.

ریسک نرخ ارز به واسطه تغییر در نرخ ارز به وجود می آید. کلیه شرکت هایی که در خارج از مرزهای سیاسی با کشورهای دارای واحد پولی متفاوت ارتباط معاملاتی دارند، در معرض ریسک نرخ ارز قرار دارند. ریسک نرخ ارز می تواند بر توانایی سازمان برای بازپرداخت وام های خارجی اثر بگذارد و همچنین می تواند باعث گردد تا سازمان نتواند به تعهدات خود نسبت به پیش خرید کالاها از بازارهای خارجی عمل کند. به عبارتی تغییرات نرخ ارز، بازار کالا و سرمایه را تحت الشعاع قرار می دهد و می تواند آثار مخربی را به همراه داشته باشد [۲]. در ایران تغییرات وسیع نرخ ارز در بیست سال گذشته و تأثیرات مخرب آن بر نظام اقتصادی تجربه شده است. بسیاری از طرح های صنعتی که هنگام راه اندازی و مطالعه اقتصادی بر اساس نرخ ارز آن زمان سودآور بودند، پس از کاهش ارزش ریال، به دلیل اتکا به مواد اولیه وارداتی زیان ده گردیدند و شرکت ها نیز رو به ورشکستگی نهادند. از جمله این صنایع می توان صنعت گونی بافی را نام برد که پس از تغییر نرخ ارز از ۱۷۵۰ ریال به ۸۰۰۰ ریال، تمامی آنها ورشکست شدند [۲]. بنابراین می توان نتیجه گرفت که کلیه اقتصادهایی که به نوعی با جهان خارج از مرزهای اقتصادی خود ارتباط دارند، از این ریسک تأثیر می پذیرند و هرچه میزان این وابستگی ها بیشتر باشد، این ریسک خود را بیشتر نمایان می سازد. تغییرات قیمت ارز بازار بر اساس تعادل عرضه و تقاضا صورت می گیرد و این تعادل دائماً براساس تغییر عوامل دیگر نوسان می کند و به همین علت ریسک نرخ ارز به وجود می آید.

ریسک درجه عدم اطمینان به نتایج آتی است و هرچه این درجه عدم اطمینان بیشتر باشد به منزله ریسک بیشتر است. هدف از این مقاله بررسی ریسک بازار است

که خود طیفی از ریسک‌هایی نظیر ریسک قیمت کالاها، سهام و نرخ ارز را در بر می‌گیرد. طی چند سال اخیر، تحولی چشمگیر در مدیریت ریسک ایجاد شده است. این تحول با پیدایش شاخص جدیدی به نام میزان ارزش در معرض خطر<sup>۱</sup> آغاز شده است. ارزش در معرض خطر روش جدیدی برای اندازه‌گیری و سنجش خطر احتمالی موجود در بازار سرمایه است که در واکنش به بحران‌های مالی اوایل دهه ۱۹۹۰ ابداع گردید [۱۴].

ارزش در معرض خطر در مورد دارایی‌هایی همچون سبد ارزی<sup>۲</sup>، سبد سهام<sup>۳</sup>، طلا و جواهرات و معاملات روزانه نفت کاربرد دارد که دارای تغییرات و نوسانات سریع (اغلب روزانه) هستند. بسیاری از شرکت‌های مالی همچون بانک‌ها و موسسات ارزی که در زمینه خرید و فروش و معاملات ارزی فعالیت دارند، مایل هستند نسبت به میزان ریسک موجود در سرمایه‌گذاری‌های خود مطلع باشند. ارزش در معرض خطر که سرمایه در معرض خطر<sup>۴</sup> نیز نامیده می‌شود به عنوان یک معیار آماری، حداکثر زیان مورد انتظار از نگهداری یک دارایی یا پرتفو را در یک دوره زمانی مشخص و با احتمال معین (سطح اطمینان معلوم) محاسبه و به صورت کمی گزارش می‌کند [۶]. به عبارت دیگر ارزش در معرض خطر مبلغی از ارزش پرتفو یا دارایی را مشخص می‌کند که انتظار می‌رود ظرف یک دوره زمانی مشخص و با میزان احتمال معین از دست برود.

با توجه به مرور ادبیات صورت گرفته، آنچه می‌توان دریافت کارآمدی مدل ارزش در معرض خطر برای تعیین ریسک سرمایه‌گذاری در پرتفوهای مالی است. برای مثال پریگنون و دیگران [۱۲] براساس داده‌های روزانه شش بانک بزرگ تجاری کانادا، از مدل ارزش در معرض خطر برای برآورد ریسک سرمایه‌گذاری استفاده کردند. همچنین آنها هزینه‌های اقتصادی و اجتماعی گزارش دهی مازاد ارزش در معرض خطر را تشریح کردند. هوانگ [۱۰] از شبیه‌سازی مونت کارلو برای برآورد ارزش در معرض خطر استفاده کرد. یو [۱۵] مسأله پرتفوی بهینه را با

1- Value at Risk (VaR)

2- Exchange Portfolio

3- Equity Portfolio

4- Capital at Risk

محدودیت ارزش در معرض خطر در نظر گرفت. هدف مسأله، ماکزیمم سازی بازده دارایی‌ها طی یک بازه زمانی تعریف شد.

یوشیدا [۱۶] مدل پرتفوی ارزش در معرض خطر را تحت شرایط عدم قطعیت تشریح کرد. چن و دیگران [۸] از تحلیل مولفه مستقل<sup>۱</sup> برای تعیین ارزش در معرض خطر استفاده کردند. بناتی و ریزی [۷] یک مدل برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح مختلط را برای بهینه سازی مسأله پرتفوی میانگین ارزش در معرض خطر پیشنهاد کردند. همچنین پریم و دیگران [۱۳]، هوانگ [۹] و لیو [۱۱] نیز تحقیقات مشابهی را در مورد مدل‌های ارزش در معرض خطر ارائه کردند.

نورنگ و دیگران [۵] نیز برای مهندسی ارزش در شرکت‌های چند پروژه‌ای، روش ارزش در معرض خطر را به عنوان یک پیش نیاز معرفی کردند. فدائی نژاد و اقبال نیا [۳] نیز مدیریت ریسک سرمایه‌گذاری در بازار بورس اوراق بهادار تهران را با استفاده از روش در معرض خطر مدلسازی کردند. نوروز زاده [۴] کارایی روش ارزش در معرض خطر را در بازار بورس تهران بررسی کرد. پیکارجو و دیگران [۱] نیز ریسک دارایی شرکت‌ها و موسسات مالی را با استفاده از روش ارزش در معرض خطر اندازه‌گیری کردند.

بانک‌ها به منظور انجام معاملات، پوشش ریسک آتی و تنوع بخشیدن به ذخایر ارزی اقدام به خرید و فروش ارز می‌کنند. موسسات پولی که در بازار ارز فعالیت دارند باید به منظور پوشش کافی در مقابل نوسانات آینده نرخ ارز چاره‌اندیشی کنند. بدیهی است در صورت عدم توجه به ترکیب بهینه پرتفوی ارزی و وضعیت هر ارز در بازارهای جهانی، موسسات پولی و بانک‌ها با زیان‌های هنگفتی مواجه می‌شوند. از این رو محاسبه ریسک نرخ ارز توسط بانک‌ها می‌تواند در کاهش زیان ناشی از نوسانات نرخ ارز موثر باشد. تأثیر عامل ریسک بر موقعیت مالی بانک‌ها و موسسات مالی انکارناپذیر است و به همین دلیل می‌تواند به صورت بالقوه تصمیمات مالی را تحت تأثیر قرار دهد. انگیزه اصلی در این مقاله، استفاده از روش ارزش در معرض خطر برای بهینه سازی یک پرتفوی ارزی شامل پنج ارز رایج در کشور

(دلار، پوند، فرانک، ین و یورو) است. در بهینه سازی پرتفوی ارزی، هدف حداقل کردن ریسک سرمایه گذاری در حالی است که مقدار بهینه وزن هر ارز در پرتفوی بهینه مشخص می شود.

این مقاله به این صورت ادامه می یابد که در بخش ۲ روش ارزش در معرض خطر به همراه مزایای روش های محاسبه آن معرفی می شود. در بخش ۳ یک مطالعه موردی روی بازار معاملات ارزی ایران ارائه می شود که ریسک سرمایه گذاری در پرتفوی ارزی با استفاده از روش ارزش در معرض خطر محاسبه و نتایج تحلیل می شوند. نتیجه گیری و پیشنهادات آتی نیز در بخش ۴ ارائه می شوند.

### روش ارزش در معرض خطر

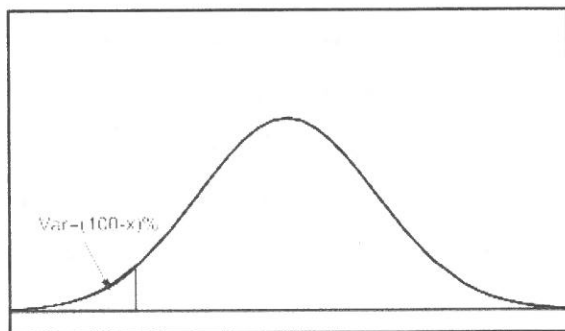
مفاهیم و معیارهای سنجش ریسک، متعدد و گاه متناقض هستند. در نتیجه سنجش ریسک پرتفو و تعیین نحوه تأثیر سرمایه گذاری ها و تخصیص دارایی ها بر ریسک پرتفو امری دشوار است. برای سال های متمادی، مدیران صندوق های سرمایه گذاری<sup>۱</sup> از معیارهای مختلف سنجش ریسک استفاده کرده اند. برای مثال، بتا برای پرتفوی متشکل از سهام، مفاهیم دیرش<sup>۲</sup> برای پرتفوی متشکل از ابزارهای مالی با درآمد ثابت<sup>۳</sup> و انحراف معیار تاریخی برای تمامی پرتفوها برخی از این معیارها بوده اند. اخیراً ارزش در معرض خطر به عنوان یک رویکرد جدید برای محاسبه ریسک پرتفو مورد توجه و علاقه گسترده مدیران قرار گرفته است.

در یک تعریف ساده، مفهوم ارزش در معرض خطر را می توان اینگونه بیان کرد [۵]: « $X$  درصد اطمینان وجود دارد که طی  $T$  روز آتی، شرکت قطعاً بیشتر از مبلغ  $V$  متحمل زیان نخواهد شد» (شکل (۱) را ملاحظه کنید). متغیر  $V$  همان ارزش در معرض خطر پرتفوی دارایی ها است که دو پارامتر  $T$  یعنی افق زمانی و  $X$  یعنی سطح اطمینان را در بر می گیرد.

1- Fund Managers

2- Duration

3- Fixed Income Portfolios



شکل ۱. محاسبه VaR با استفاده از توزیع احتمالات تغییرات در ارزش پرتفو با سطح اطمینان  $x\%$ .

به عنوان مثال چنانچه ارزش در معرض خطر نگهداری یک دارایی در سطح اطمینان ۹۹ درصد، روزانه ۱۰ میلیون ریال باشد، منظور آن است که متوسط زیان روزانه ناشی از کاهش ارزش بازار دارایی، تنها در یک روز از ۱۰۰ روز کاری بیشتر از ۱۰ میلیون ریال خواهد بود [۳]. ارزش در معرض خطر یک معیار سنجش آماري ساده و خلاصه برای زیان احتمالی پرتفو ناشی از ریسک بازار است. منظور از ریسک بازار احتمال کاهش ارزش دارایی‌ها یا پرتفو به علت تغییرات نامطلوب قیمت‌ها یا نرخ‌های بازار است. ریسک بازار عدم اطمینان نسبت به بازدهی آتی ناشی از تغییر شرایط بازار (مثلاً تغییر قیمت دارایی‌ها، تغییر نرخ بهره و نرخ ارز) را نشان می‌دهد.

در حال حاضر ارزش در معرض خطر یکی از کلیدی‌ترین شاخص‌های اندازه‌گیری ریسک به شمار می‌رود که تحلیلگران مالی از آن استفاده‌های متعددی می‌کنند. کاربردهای این روش در مدیریت ریسک و نیز برای مقاصد قانون گذاری، معیاری برای سنجش میزان ریسک و همچنین معیاری برای سنجش مقدار سرمایه مورد نیاز یک سازمان برای انجام عملیات خود است.

مزایای به کارگیری روش ارزش در معرض خطر

رایج‌ترین و پرطرفدارترین معیار سنجش ریسک، نوسانات<sup>۱</sup> است [۲]. معمولاً

برای محاسبه نوسانات از واریانس یا انحراف معیار بازده استفاده می‌شود. همچنین بتا به عنوان شاخصی برای اندازه‌گیری نوسانات نسبی یک سهم نسبت به بازار مطرح است. مشکلی که در استفاده از این معیارها برای محاسبه ریسک وجود دارد از آن است که نوسانات تفاوتی برای جهت تغییرات، قائل نیست. به عبارت دیگر، یک سهم ممکن است پرنوسان باشد، زیرا به صورت ناگهانی قیمت آن افزایش می‌یابد.

اما سرمایه‌گذاران معمولاً به بعد منفی ریسک توجه دارند و نوسانات منفی را نامطلوب ارزیابی می‌کنند. مشکل دیگر استفاده از معیارهای انحراف معیار و بتا به عنوان شاخص‌های سنجش ریسک، مفروضات محدود کننده آنها است. این دو معیار با فرض نرمال بودن توزیع بازده بر پایه اطلاعات تاریخی قرار دارند و صرفاً برای محاسبه ریسک گذشته ابزارهای مالی خطی مناسب می‌باشند. این معیارها هر چند برای سنجش عملکرد گذشته مفید هستند، ولی به دلیل نداشتن نگاه رو به جلو برای پیش‌بینی، بودجه‌بندی و مدیریت ریسک فاقد کارایی لازم می‌باشند. به دلیل این مشکلات و به منظور مدیریت واقعی ریسک بازار دارایی‌ها، بسیاری از موسسات در کنار سیستم رایج مدیریت دارایی‌ها و بدهی‌ها که مبتنی بر سیستم حسابداری تعهدی است، از روش ارزش در معرض خطر به عنوان یک سیستم گزارشگری داخلی استفاده می‌کنند.

### روش‌های محاسبه ارزش در معرض خطر

روش‌های محاسبه VaR به دو نوع پارامتریک و ناپارامتریک تقسیم می‌شود. روش پارامتریک به روش واریانس - کواریانس و برخی روش‌های تحلیلی خلاصه می‌شود [۲]. روش ناپارامتریک نیز شامل شبیه‌سازی تاریخی و شبیه‌سازی مونت کارلو است. کاربرد هر یک از این روش‌ها به میزان زیادی تحت تأثیر نیازهای تحلیلگران و مقامات تصمیم‌گیرنده سازمان، نوع دارایی‌های مورد بررسی، میزان دقت و سرعت مورد نظر در محاسبات و سایر ملاحظات است. در این مقاله رویکرد



- اصلی بر محاسبه VaR توسط روش واریانس - کواریانس استوار است.
- مفروضات روش واریانس - کواریانس به شرح زیر است:
- (۱) بازده سرمایه گذاری از توزیع نرمال پیروی می کند.
  - (۲) بازده سرمایه گذاری به لحاظ زمانی مستقل است.
  - (۳) دوره زمانی یک روزه، دوره زمانی مناسبی برای محاسبه VaR می باشد.
  - (۴) بین عوامل ریسک بازار و ارزش دارایی ها رابطه خطی وجود دارد.
  - (۵) توزیع بازده پرتفو را می توان بر اساس نرخ بازده مورد انتظار، انحراف معیار دارایی های منفرد تشکیل دهنده پرتفو، همبستگی میان ترکیب دوجه دوی دارایی ها و وزن دارایی های منفرد موجود در پرتفو محاسبه کرد.
- با توجه به توزیع نرمال، احتمال قرار گرفتن بازدهی (زیان) در قسمت گوشه سمت چپ منحنی توزیع نرمال برابر است با احتمال نرمال استاندارد  $Z_\alpha = P[Z < z]$ .
- با تفسیر تعریف ارزش در معرض خطر، احتمال اینکه ارزش پرتفو با انحراف معیار بازدهی مشخص و با سطح احتمال معین از ارزش مفروض کمتر باشد، از طریق رابطه (۱) قابل اندازه گیری است:

$$VaR = MZ_\alpha \sigma \sqrt{T} \quad (1)$$

به طوری که:

VaR: ارزش در معرض خطر،

$\alpha$ : سطح عدم اطمینان،

M: ارزش بازار دارایی،

T: طول دوره زمانی محاسبه بازده.

در رابطه (۱)، با دانستن انحراف معیار روزانه  $\sigma$ ، انحراف معیار T روز از رابطه  $\sigma \sqrt{T}$  قابل محاسبه است.

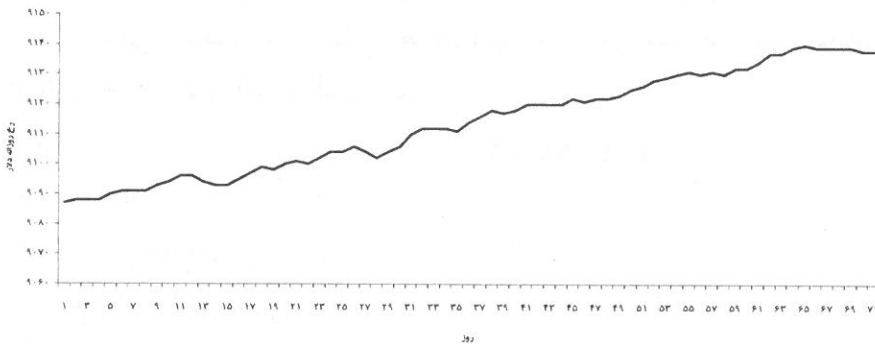
در روش پارامتریک برای محاسبه پارامترهای مورد نیاز ماتریس کواریانس، از جمله میانگین و انحراف معیار، از اطلاعات تاریخی گذشته استفاده می شود. این اطلاعات معمولاً در دسترس هستند. همچنین برای محاسبه VaR، در این روش نیازی به دانستن ارزش دارایی های منفرد موجود در پرتفو نیست و تنها پارامترهای

مورد نیاز، انحراف معیار و ضریب همبستگی دارایی‌ها است. لذا محاسبه VaR در روش پارامتریک نسبتاً آسان است و به قدرت محاسباتی چندانی نیاز ندارد. همین ویژگی‌ها موجب شده است تا روش پارامتریک به عنوان رایج‌ترین روش محاسبه VaR مطرح شود.

### مثال عددی

برای تشریح و آشنایی بیشتر با نحوه تخمین میزان ارزش در معرض خطر، ابتدا نرخ پنج ارز متفاوت دلار، پوند، فرانک، ین و یورو برای سه ماهه آخر سال ۸۵ (یعنی ۷۱ روز) از بانک مرکزی استخراج می‌شود. نمودارهای شکل (۲) به ترتیب روند تغییرات نرخ ارزهای دلار، پوند، فرانک، ین و یورو را طی بازه سه ماهه آخر سال ۸۵ نمایش می‌دهند:

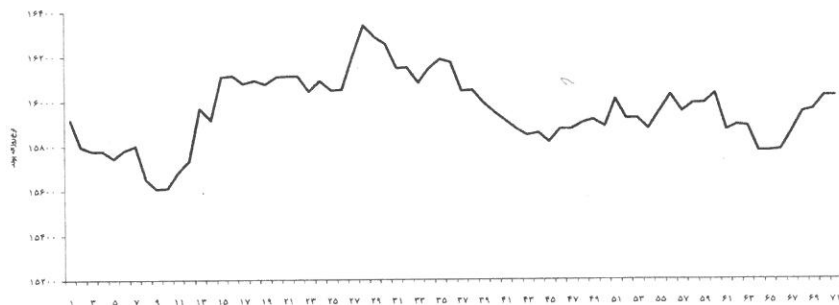
زمان-نرخ برای دلار



(الف)

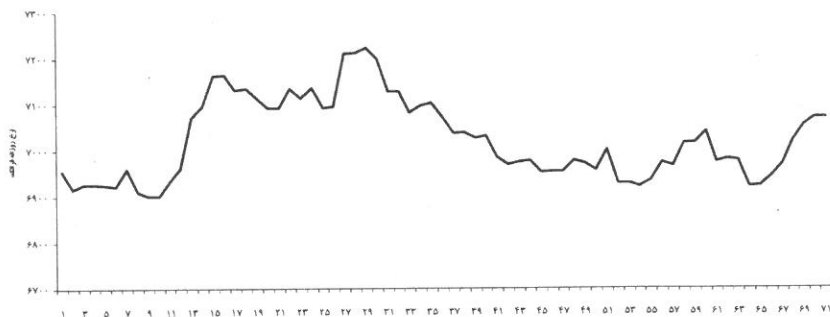
# تعیین ریسک سرمایه گذاری در یک پرتفوی... ۱۹۳

نمودار ریسک برای پوند



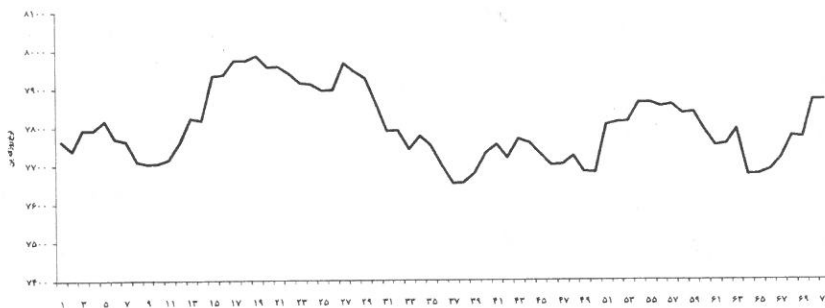
(ب)

نمودار ریسک برای فرانک



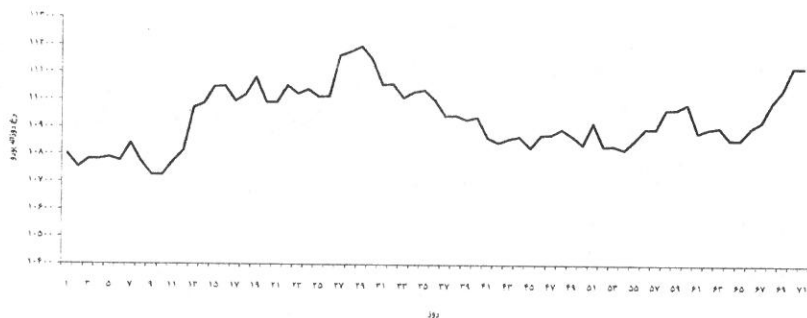
(ج)

نمودار ریسک برای دلار



(د)

زمان - نرخ برای یورو



(ه)

شکل ۲. روند تغییرات نرخ ارزهای الف) دلار، ب) پوند، ج) فرانک، د) ین، و ه) یورو طی سه ماهه آخر سال ۸۵ (۷۱ روز).

طبق نمودارهای ترسیم شده بر اساس زمان و نرخ روزانه ارزها، می‌توان گفت که در هر یک از نمودارهای مربوط به نرخ روزانه ارزهای پوند، فرانک، ین و یورو یک روند طبیعی و نرمال دیده می‌شود. یعنی در برهه‌ای از زمان میزان عرضه کاهش یافته و میزان تقاضای خرید افزایش می‌یابد و باعث افزایش نرخ ارز می‌شود و برعکس در برهه‌ای از زمان نیز میزان عرضه افزایش یافته و میزان تقاضای خرید کاهش می‌یابد که موجب کاهش نرخ ارز شده است.

به طور کلی روند تغییرات در چهار نمودار (ب)، (ج)، (د) و (ه) شکل (۲) به صورت یک موج سینوسی دیده می‌شود که بیانگر روندی طبیعی است. در نمودار الف) شکل (۲) روندی غیر طبیعی و غیر نرمال مشاهده می‌شود. شکل فوق بیانگر این موضوع است که امکان دارد در سه ماهه آخر سال ۸۵ عواملی همچون مسائل سیاسی و اجتماعی بر روند تغییرات تأثیرگذار بوده است، به طوری که با پیشرفت زمان از روز اول تا روز آخر میزان عرضه ارز دلار کاهش یافته و میزان تقاضای خرید ارز دلار نیز افزایش یافته و به همین دلیل روند افزایشی در قیمت روزانه دلار ایجاد شده است.

با توجه به نوسانات نرخ ارزها طی بازه سه ماهه آخر سال ۸۵، هدف تخمین میزان VaR برای یک افق زمانی ۱۰ روزه در آینده است. همچنین فرض می‌شود

سطح اطمینان مورد نظر ۹۵٪ باشد. گام‌های اندازه‌گیری ارزش در معرض خطر برای سرمایه گذاری در این پرتفوی ارزی به صورت زیر خواهد بود [۲]:

گام (۱) با توجه به نرخ مرجع هر ارز در هر روز و با استفاده از روابط زیر مقادیر بازده روزانه هر دارایی محاسبه می‌شود:

برای محاسبه بازه روزانه دارایی‌ها (ارزها) می‌توان از دو روش گسسته یا پیوسته استفاده کرد:

محاسبه بازده دارایی  $i$  ام (برای  $i=1, \dots, 5$ ) در روز  $t$  ام به صورت گسسته مطابق رابطه (۲) انجام می‌شود:

$$R_{i,t} = \frac{P_{i,t} - P_{i,t-1}}{P_{i,t-1}} \quad (2)$$

محاسبه بازده دارایی  $i$  ام (برای  $i=1, \dots, 5$ ) در روز  $t$  ام به صورت پیوسته مطابق با رابطه (۳) است:

$$R_{i,t} = \ln \left( \frac{P_{i,t}}{P_{i,t-1}} \right) \quad (3)$$

به طوری که:

$$P_{i,t} = \text{قیمت دارایی } i \text{ ام در روز } t \text{ ام,}$$

$$R_{i,t} = \text{بازده دارایی } i \text{ ام در روز } t \text{ ام,}$$

در این مقاله از روش گسسته برای محاسبه بازده روزانه دارایی‌ها استفاده می‌شود.

گام (۲) پس از محاسبه بازده روزانه هر ارز، شاخص‌های آماری میانگین و انحراف معیار بازده روزانه تعیین خواهند شد. این شاخص‌ها در جدول (۱) آورده شده‌اند.

جدول ۱. شاخص‌های آماری ارزها طی بازه سه ماهه آخر سال ۸۵

| ارز                                 | دلار        | پوند        | فرانک       | ین          | یورو        |
|-------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| تعداد روزهای مورد مطالعه            | ۷۱          | ۷۱          | ۷۱          | ۷۱          | ۷۱          |
| میانگین بازده روزانه دارایی‌ها      | ۰/۰۰۰۷۸۸۴   | ۰/۰۰۰۱۰۴۲۵۹ | ۰/۰۰۰۲۴۲۷۷  | ۰/۰۰۰۲۰۴۹۳۷ | ۰/۰۰۰۴۲۳۸۱۱ |
| انحراف معیار بازده روزانه دارایی‌ها | ۰/۰۰۰۱۴۳۹۲۹ | ۰/۰۰۴۴۸۰۲۴۸ | ۰/۰۰۴۸۸۹۸۱۶ | ۰/۰۰۵۳۱۵۲۱۱ | ۰/۰۰۴۴۹۳۲۷  |

قدم ۳) در جدول (۲) با استفاده از رابطه (۴)، ارزش در معرض خطر هر ارز به صورت جداگانه محاسبه شده است:

$$VaR_i = M_i \sigma_i Z_\alpha \sqrt{T} \quad (4)$$

به طوری که:

$i$ ، شماره ارزها (دارایی ها)،

$VaR_i$  = ارزش در معرض خطر برای سرمایه گذاری در ارز شماره  $i$  ام،

$M_i$  = ارزش بازار ارز شماره  $i$  ام یا نرخ ارز شماره  $i$  ام در آخرین روزی که اطلاعات آن در دست است. (در این مقاله نرخ ارزها در آخرین روز کاری اسفند ماه ۸۵ مورد نظر قرار می گیرد).

$\sigma_i$  = انحراف معیار بازده روزانه برای ارز شماره  $i$  ام،

$Z_\alpha$  = نقطه‌ای روی نمودار احتمال نرمال که به ازای آن خطای مورد نظر  $\alpha$  درصد خواهد بود (در این مقاله  $Z_{\alpha} = Z_{./0.5} = 1/645$  مد نظر می باشد)،

$T$  = افق زمانی مورد مطالعه در آینده (اینجا ۱۰ روز آینده مد نظر می باشد).

جدول ۲. اطلاعات مورد نیاز برای محاسبه ارزش در معرض خطر هر یک از ارزها

| ارز   | نرخ ارز در پایان اسفندماه ۸۴ (ریال) | $Z_\alpha$ ( $\alpha = 0.05$ ) | انحراف معیار بازده | افق زمانی مورد مطالعه در آینده (روز) | ارزش در معرض خطر در پایان افق زمانی |
|-------|-------------------------------------|--------------------------------|--------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|
| دلار  | ۹۱۳۸                                | ۱/۶۴۵                          | ۰/۰۰۰۱۴۳۹۲۹        | ۱۰                                   | ۷                                   |
| پوند  | ۱۶۰۲۲                               | ۱/۶۴۵                          | ۰/۰۰۴۴۸۰۲۴۸        | ۱۰                                   | ۳۷۳                                 |
| فرانک | ۷۰۷۰                                | ۱/۶۴۵                          | ۰/۰۰۴۸۸۹۸۱۶        | ۱۰                                   | ۱۸۰                                 |
| ین    | ۷۸۶۹                                | ۱/۶۴۵                          | ۰/۰۰۵۳۱۵۲۱۱        | ۱۰                                   | ۲۱۸                                 |
| یورو  | ۱۱۱۲۲                               | ۱/۶۴۵                          | ۰/۰۰۴۴۹۳۲۷         | ۱۰                                   | ۲۶۰                                 |

گام ۴) محاسبه کواریانس بازده روزانه دو به دو ارزها. در جدول (۳) مقادیر کواریانس دو به دو ارزها ارائه شده‌اند.

جدول ۳. ماتریس کواریانس بازده روزانه دارایی‌ها

|      | دلار         | پوند           | فرانک          | ین             | یورو           |
|------|--------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| دلار | ۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۲۱ | -۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۲۹۴ | -۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۳۸۶ | -۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۲۳۵ | -۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۴۰۲ |

|       |             |             |             |             |
|-------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| پوند  | ۰/۰۰۰۰۲۰۰۷۳ | ۰/۰۰۰۰۱۸۰۰۱ | ۰/۰۰۰۰۱۲۸۰۶ | ۰/۰۰۰۰۱۵۵۴۶ |
| فرانک |             | ۰/۰۰۰۰۲۳۹۱  | ۰/۰۰۰۰۱۴۷۴۹ | ۰/۰۰۰۰۱۹۹۰۸ |
| ین    |             |             | ۰/۰۰۰۰۲۸۲۵۱ | ۰/۰۰۰۰۱۳۷۹  |
| یورو  |             |             |             | ۰/۰۰۰۰۲۰۱۸۹ |

گام ۵) محاسبه بازده کل پرتفو موجود با استفاده از رابطه (۵):

$$R_{\text{exist}} = \sum_{i=1}^5 w_{i(\text{exist})} \bar{R}_i \quad (5)$$

به طوری که:

$w_{i(\text{exist})}$  = سهم (وزن) کنونی ارز  $i$  ام (برای  $i = 1, \dots, 5$ ) در پرتفو ارزی،

$\bar{R}_i$  = میانگین بازده روزانه ارز  $i$  ام (برای  $i = 1, \dots, 5$ )،

$R_{\text{exist}}$  = بازده کل پرتفوی ارزی موجود.

نتایج بدست آمده در جدول (۴) ارائه شده است:

جدول ۴. محاسبه بازده کل پرتفوی ارزی

| ارز (i)   | تعداد ارزهای موجود در پرتفو | وزن کنونی ارز $i$ ام در پرتفو ( $w_{i(\text{exist})}$ ) | میانگین بازده روزانه ارز $i$ ام ( $\bar{R}_i$ ) | $w_{i(\text{exist})} \bar{R}_i$ |
|---|-----------------------------|---|---|---------------------------------|
| دلار  | ۱۰۰۰                        | ۰/۲   | ۰/۰۰۰۰۷۸۸۴                                      | ۰/۰۰۰۰۱۵۷۶۸                     |
| پوند  | ۱۰۰۰                        | ۰/۲   | ۰/۰۰۰۱۰۴۲۵۹                                     | ۰/۰۰۰۰۲۰۸۵۱                     |
| فرانک   | ۱۰۰۰                        | ۰/۲   | ۰/۰۰۰۲۴۲۷۷                                      | ۰/۰۰۰۰۴۸۵۵۴                     |
| ین  | ۱۰۰۰                        | ۰/۲   | ۰/۰۰۰۲۰۴۹۳۷                                     | ۰/۰۰۰۰۴۰۹۸۷                     |
| یورو  | ۱۰۰۰                        | ۰/۲   | ۰/۰۰۰۴۲۳۸۱۱                                     | ۰/۰۰۰۰۸۴۷۶۲                     |
| بازده کل پرتفوی ارزی موجود ( $R_{\text{exist}}$ ) |                             |   |   | ۰/۰۰۰۰۲۱۰۹۲۲                    |

گام ۶) ارزش در معرض خطر بهینه برای کل پرتفوی ارزی موجود با استفاده از

رابطه (۶) قابل محاسبه است:

$$VaR = \sigma_p^2 = \sum_{i=1}^5 \sigma_i^2 w_i^2 + \sum_{j=1}^5 \sigma_j^2 w_j^2 + 2 \sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^5 w_i w_j Cov(i, j) \quad (6)$$

به طوری که:

$VaR = \sigma_p^2$  = ارزش در معرض خطر کل پرتفوی ارزی،

$w_i$  = سهم یا وزن ارز (دارایی)  $i$  ام (برای  $i = 1, \dots, 5$ ) در پرتفوی بهینه که باید

محاسبه گردد.

گام ۷) محاسبه مقدار بهینه  $\sigma_p^2$  و  $w_i$ :

شکل کلی محاسبه مقدار بهینه  $\sigma_p^2$  و  $w_i$  (برای  $i = 1, \dots, 5$ ) مطابق مدل (۱) است:

$$\text{Min } \sigma_p^2$$

s.t:

$$\sum_{i=1}^5 w_i = 1$$

مدل (۱)

$$\sum_{i=1}^5 w_i \bar{R}_i \geq R_{\text{exist}}$$

$$w_i \geq 0, \quad i = 1, \dots, 5$$

در واقع هدف از حل مدل برنامه‌ریزی خطی (۱) این است که با در نظر گرفتن سهم (وزن) هر ارز و بدست آوردن بازده کل پرتفوی ارزی موجود ( $R_{\text{exist}}$ )، وزن هر ارز ( $w_i$ ) چقدر باشد تا کل ریسک سرمایه‌گذاری در پرتفوی ارزی به حداقل ممکن برسد. از این رو با حل مدل (۲) می‌توان مقدار ریسک سرمایه‌گذاری در پرتفوی ارزی را می‌نیم کرد:

$$\begin{aligned} \text{Min } \sigma_p^2 = & /0.00000021w_1^2 + /0.000020073w_2^2 + /0.000023910w_3^2 + /0.000028251w_4^2 \\ & + /0.000020189w_5^2 - /0.00000581w_1w_2 - /0.00000722w_1w_3 - /0.0000047w_1w_4 \\ & - /0.00000804w_1w_5 + /0.0000026002w_2w_3 + /0.0000025612w_2w_4 + /0.0000031092 \\ & w_2w_5 + /0.0000029498w_3w_4 + /0.0000039816w_3w_5 + /0.0000027581w_4w_5 \end{aligned}$$

مدل

s.t:

$$w_1 + w_2 + w_3 + w_4 + w_5 = 1$$

$$/0.000007884w_1 + /0.0000104259w_2 + /0.000024227w_3 + /0.0000204937w_4 + /0.0000223811w_5 \geq /0.0000210922$$

$$w_1, w_2, w_3, w_4, w_5 \geq 0$$

(۲)

به طوری که:

$w_1^*$  = سهم (وزن) ارز دلار در پرتفوی ارزی بهینه،

$w_2^*$  = سهم (وزن) ارز پوند در پرتفوی ارزی بهینه،

$w_3^*$  = سهم (وزن) ارز فرانک در پرتفوی ارزی بهینه،

$w_4^*$  = سهم (وزن) ارز ین در پرتفوی ارزی بهینه،

$w_5^*$  = سهم (وزن) ارز یورو در پرتفوی ارزی بهینه،

$\sigma_p^{\circ} = \text{VaR}^* =$  میزان کمترین ریسک (مقدار ریسک بهینه) با توجه به وزن بهینه هر

ارز در پرتفوی ارزی بهینه.



مدل (۲) با استفاده از بسته نرم افزاری Lingo حل و نتایج آن پس از بهینه سازی به صورت زیر است:

$$W_1^* = 0.62$$

$$W_r^* = W_f^* = W_f^* = 0$$

$$W_\delta^* = 0.38$$

$$\sigma_p^* = 2.78 \times 10^{-6}$$

نتایج بالا بیانگر آن است که با احتمال ۰/۹۵ نگهداری پرتفوی ارزی و سرمایه گذاری در آن برای یک افق زمانی ۱۰ روزه (درآینده) بیش از  $\sqrt{2.78 \times 10^{-6} \times 1.645 \times 1000 \times \sqrt{10}} = 8.67$  ریال زیان به همراه نخواهد داشت.

همچنین حالت بهینه بیانگر آن است که برای سرمایه گذاری در پرتفوی ارزی بهتر است تنها دو نوع ارز دلار و پوند در نظر گرفته شوند. به طوری که سهم ارز دلار در این پرتفو ۰/۶۲ و سهم ارز پوند نیز ۰/۳۸ است. به عبارت دیگر، اگر قبل از بهینه سازی برای هر ارز ۱۰۰۰ واحد سرمایه گذاری شده و سهم هر ارز در پرتفو ۰/۲ بوده باشد، پس از بهینه سازی این نتیجه حاصل می شود که باید برای ارز دلار  $620 = 0.62 \times 1000$  واحد و برای ارز پوند  $380 = 0.38 \times 1000$  واحد سرمایه گذاری به عمل آورد.

### نتیجه گیری و پیشنهادات آتی

در این مقاله یکی از ابزارهای مدیریت مالی نوین تحت عنوان ارزش در معرض خطر معرفی و به وسیله آن حداکثر زیان مورد انتظار یک پرتفوی ارزی پیش بینی گردید. استفاده از روش ارزش در معرض خطر این امکان را برای مدیران فراهم می آورد تا تصمیمات مناسبی در خصوص نگهداری وضعیت موجود پرتفوی ارزی، کاهش یا افزایش آن اتخاذ نمایند. قدرت انعطاف پذیری برای انتخاب بهینه پرتفوی ارزی به نحوی که حداقل ریسک و حداکثر بازده را داشته باشد از مزایای روش ارزش در معرض خطر محسوب می شود. با تعیین میزان ارزش در معرض خطر پرتفوی ارزی و رابطه تغییرات هر ارز با سایر ارزها که از طریق محاسبه کواریانس

آنها بدست آمد، می توان ترکیب بهینه پرتفوی ارزی بانک را تعیین کرد. روش ارزش در معرض خطر می تواند به عنوان یک ابزار کارآمد و مطمئن برای بهینه سازی دیگر پرتفوی های سرمایه گذاری همچون پرتفوی بازار سهام ایران با اهداف چندگانه نیز مورد استفاده قرار گیرد.

## منابع و مأخذ

۱. پیکارجو، کامبیز، شهریار، بهنام و نواللهی، نیما. (۱۳۸۸). اندازه گیری ریسک دارایی شرکتها و موسسات مالی با استفاده از روش ارزش در معرض ریسک. فصلنامه علمی - پژوهشی پژوهشنامه اقتصادی. شماره پنجم. صفحات ۲۲۱-۱۹۵.
۲. راعی، رضا و سعیدی، علی. (۱۳۸۳). مبانی مهندسی مالی و مدیریت ریسک. تهران. انتشارات وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی.
۳. فدائی نژاد، محمد اسماعیل و اقبال نیا، محمد. (۱۳۸۵). طراحی مدلی برای مدیریت ریسک سرمایه گذاری در بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از مفهوم ارزش در معرض ریسک. چهارمین کنفرانس بین المللی مدیریت.
۴. نوروز زاده، پیام. (۱۳۸۵). کارایی روشهای اندازه گیری دارایی در خطر در بورس تهران. همایش آینده پژوهی، فناوری و چشم انداز توسعه. تهران. دانشگاه صنعتی امیرکبیر.
۵. نورنگ، احمدرضا، هزاوه، علی و قربانی سالانقوج، محمد. (۱۳۸۵). ارزش در معرض ریسک - پیش نیازی برای مهندسی ارزش در شرکتهای چند پروژه ای. چهارمین کنفرانس ملی مهندسی ارزش.
6. Aussenegg, W., and Miazhyńska, T. (2006). **Uncertainty in value-at-risk estimates under parametric and non-parametric modeling**. Financial Markets and Portfolio Management. 20, 3, 243-264.
7. Benati, S., and Rizzi, R. (2007). **A mixed integer linear programming formulation of the optimal mean/Value-at-Risk portfolio problem**. European Journal of Operational Research. 176, 1, 423-434.
8. Chen, Y., Härdle, W., and Spokoiny, V. (2007). Portfolio value at risk based on independent component analysis. Journal of Computational and Applied Mathematics. 205, 1, 594-607.
9. Huang, H-H. (2003). **Comment on "Optimal portfolio selection in a value-at-risk framework"**. Journal of Banking & Finance. 29, 12, 3181-3185.
10. Huang, A.Y. (2010). **An Optimization Process in Value-at-Risk Estimation**. Review of Financial Economics. Article in Press, Accepted Manuscript.
11. Lin, C-C. (2008). **Comments on "A mixed integer linear programming formulation of the optimal mean/Value-at-Risk portfolio problem"**. European Journal of Operational Research. 194, 1, 339-341.
12. Pérignon, C., Deng, Z.Y., and Wang, Z.J. (2007). **Do banks overstate their Value-at-Risk?** Journal of Banking and Finance. 32, 5, 783-794.
13. Prem, K.P., Ng, D., Pasman, H.J., Sawyer, M., Guo, Y., and Mannan, M.S. (2009). **Risk measures constituting a risk metrics which enables improved decision making: Value-at-Risk**. Journal of Loss Prevention in the Process Industries. 23, 2, 211-219.
14. Tolikas, K., Koulakiotis, A., and Brown, R.A. (2007). **Extreme risk and Value-at-Risk in the German stock market**. The European Journal of Finance. 13, 4, 373-395.
15. Yiu, K.F.C. (2003). **Optimal portfolios under a value-at-risk constraint**. Journal of Economic Dynamics and Control. 28, 7, 1317-1334.
16. Yoshida, Y. (2009). **An estimation model of value-at-risk portfolio under uncertainty**. Fuzzy Sets and Systems. 160, 22, 3250-3262.