

طراحی سبد بهینه ارز برای ایران با استفاده از مدل خودرگرسیون واریانس ناهمسان شرطی تعمیم یافته

دکتر زهرا نصرالهی* و مینا شاهویری**

تاریخ دریافت: ۸۸/۲/۲۸ تاریخ پذیرش: ۸۹/۹/۱۶

مدیریت منابع ارزی در ایران به علت وجود درآمدهای ارزی عمده که از فروش نفت حاصل می‌شود، از اهمیت به‌سزایی برخوردار است. برنامه‌ریزی صحیح، می‌تواند از تحمیل هزینه‌های ناشی از مدیریت نامناسب این منابع جلوگیری نماید. بنابراین، در این پژوهش تلاش می‌کنیم تا به ارائه چارچوبی به منظور طراحی سبد بهینه برای آن بخش از درآمدهای ارزی که با هدف سرمایه‌گذاری نگهداری می‌شوند، بپردازیم. بر این اساس، با استفاده از بازده‌های روزانه ارز که بر مبنای داده‌های موجود در بازار ارز در سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۸ میلادی به دست آمده است، ترکیبی موزون و بهینه از ارزهای رایج با به‌کارگیری مدل‌های خودرگرسیونی واریانس ناهمسان شرطی تعمیم یافته تک متغیره و چند متغیره، با هدف حداکثر نمودن بازده مورد انتظار و تحت محدودیت ارزش در معرض ریسک پیشنهاد می‌شود. در نهایت، مدل‌های مورد استفاده با به‌کارگیری آزمون بازخور مورد ارزیابی قرار گرفته و بهترین مدل انتخاب می‌شود. نتایج این پژوهش برتری مدل GARCH چند متغیره را نسبت به تک متغیره در تخصیص سبد بهینه ارز نشان می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: سبد بهینه، نرخ ارز، ایران، مدل‌های GARCH، ارزش در معرض ریسک.

طبقه‌بندی JEL: G15, G11, F31, C53, C32.

۱. مقدمه

سیستم اقتصادی در جوامع مختلف از ترکیب سه بازار مالی، کالا و عوامل تولید شکل گرفته است. رابطه تنگاتنگ بازار ارز^۱ به عنوان بخشی از بازار مالی با رویدادهایی که در اقتصاد جهانی به وقوع می‌پیوندد، آن را به مهم‌ترین و فعال‌ترین جزء از این بازار در کشورهای در حال توسعه تبدیل نموده است.^۲ بازار ارز در واقع به منظور برآوردن تعدادی از اهداف مالی مانند سرمایه‌گذاری در خارج از مرزهای کشور، وام‌دهی و وام‌گیری برون‌مرزی، تجارت کالا و خدمات، همچنین سفته‌بازی و کسب سود به وجود آمده است.^۳ بازارهای ارز در کشورهای مختلف به طور نزدیکی با هم در ارتباط هستند، و فعالیت در آنها می‌تواند به عنوان یک منبع اشتغال بین‌المللی واقعی به شمار آید. توصیف بازار ارز به صورت فیزیکی بسیار مشکل است، زیرا این بازار، شامل تمام عملیاتی می‌شود که در سطح جهانی توسط دولت‌ها، بانک‌ها، شرکت‌ها و اشخاص به منظور مبادله ارز صورت می‌گیرد.^۴

در مجموع می‌توان گفت که بازار ارز با هر بازار دیگری که بر مبنای معاملات سهام، اوراق بهادار، اوراق قرضه و جز اینها شکل گرفته، متفاوت است. این بازار از نظر حجم معاملاتی که در آن صورت می‌گیرد، با یک گردش حدود ۱/۲ تریلیون دلاری در روز بزرگ‌ترین بازار مالی دنیا محسوب می‌شود و منافع و ریسک‌های حاصل از سرمایه‌گذاری در این بازار به طور قابل توجهی بیش از سایر بازارهای سرمایه است.^۵ بر این اساس، اهمیت یک روش علمی، دقیق و منسجم با هدف اضافه‌نمودن ارزش و اجتناب از زیان‌های ممکن برای مدیریت منابعی که به طور عمده در بازار ارز سرمایه‌گذاری می‌شوند، بیشتر نمایان می‌شود.

روش کاربردی برای مدیریت هر نوع دارایی مالی، تشکیل سبد بهینه با توجه به شرایط بازار آن دارایی است. دولت نیز می‌تواند با انتخاب ترکیب بهینه پورتفولیو برای درآمدهای ارزی و تعیین وزن هر کدام از ارزش‌های پرقدرت دنیا مانند دلار، پوند، یورو وین در این سبد، به مدیریت این متغیر مهم اقتصادی از طریق سرمایه‌گذاری آن در بازار ارز بپردازد. از سال ۱۹۵۲ تاکنون روش‌های متعددی برای بهینه‌سازی ترکیب دارایی‌های مختلف عرضه شده، اما نکته برجسته در همه ساختارهای ارائه شده، حداقل کردن بعضی از معیارهای ریسک در حالی است که به طور

1. Foreign Exchange Market, (Forex)

2. Canales-Kriljenko, (2004)

3. SITPRO, (2007)

4. David, (2008)

5. David, (2008)

طراحی سبد بهینه ارز برای ایران با استفاده از ... ۲۰۱

همزمان برخی معیارهای عملکرد حداکثر می‌شود. در بیشتر مدل‌های پیشنهادی، معیار اندازه‌گیری ریسک تابع محدوده وسیعی از بازده‌های دارایی است.^۱ معیار عملکرد در همه روش‌ها، بازده مورد انتظار دارایی با توجه به تغییرات نرخ آن دارایی است. ارز نیز به عنوان یک دارایی مالی از این قاعده مستثنی نیست.^۲

گفتنی است که نوسان رو به افزایش در بازارهای مالی از دهه ۱۹۷۰ تأکید بیشتری را بر روی معیارهای اندازه‌گیری ریسک به منظور مدیریت سبد دارایی ایجاد کرده‌است. با فروپاشی موافقت‌نامه برتون و وودز^۳ نوسان در بازار ارز افزایش یافته و پس از آن نیز پیشرفت‌های سریع در تکنولوژی انتقال اطلاعات، فعالیت‌های تجاری و سرمایه‌گذاری را افزایش و اهمیت عملکرد مدیریت دارایی‌های مالی را بیش از پیش مورد توجه قرار داده‌است.^۴

به دلیل اهمیت اندازه‌گیری ریسک دارایی‌های مالی و بر مبنای دلایل پیش‌گفته، شیوه‌های متعددی برای سنجش نوسان در بازده دارایی‌ها که به ریسک منجر می‌شود، ابداع و ارائه شده‌است. جدیدترین معیار سنجش ریسک دارایی به نام ارزش در معرض ریسک^۵ نخستین بار در دهه ۱۹۸۰ برای اندازه‌گیری کاهش در ارزش پورتفولیوهای تجاری بنگاه‌ها مورد استفاده قرار گرفته‌است. از آن زمان به کارگیری ارزش در معرض ریسک و شیوه‌های محاسبه آن گسترش یافت؛ به طوری که امروزه این معیار به ابزاری بسیار سودمند در دست بیشتر معامله‌گران و مدیران مالی برای مدیریت و اندازه‌گیری ریسک بازار تبدیل شده‌است.^۶

ارزش در معرض ریسک به صورت حداکثر زیان مورد انتظار در مورد یک سرمایه‌گذاری در دوره زمانی مشخص و بر اساس سطح اطمینان معین تعریف می‌شود.^۷ یکی از ویژگی‌های مفید ارزش در معرض ریسک برای سنجش ریسک این است که به سادگی قابل درک می‌باشد، زیرا ریسک کل پورتفولیو را در یک عدد خلاصه می‌کند. افزون بر این، این معیار بر حسب واحد پول مثلاً دلار، زیان بالقوه را در ارزش پورتفولیو بیان می‌نماید. به طور کلی، ارزش در معرض ریسک یک معیار مفید از خانواده تکنیک‌های اندازه‌گیری ریسک را به وجود آورده‌است که می‌تواند

-
1. Puelz, (1999)
 2. Qian *et al*, (2005)
 3. Bretton Woods
 4. Simons, (1996)
 5. Value at Risk (VaR)
 6. Linsmeier and Pearson, (1996)
 7. Rombouts and Verbeek, (2004)

زبانی مشترک را برای بحث‌های مربوط به ریسک ایجاد کند.^۱ هیچ توافقی برای بهترین روش اجرای ارزش در معرض ریسک وجود ندارد. بیشتر مباحث روش‌شناسی در این مورد برآورد توزیع‌های آماری بازده‌های دارایی را مطرح می‌سازند. شیوه‌های اصلی محاسبه ارزش در معرض ریسک روش پارامتریک (با استفاده از مدل‌های اقتصادسنجی) و ناپارامتریک شامل شیوه تاریخی، شیوه‌سازی تاریخی و شیوه‌سازی تصادفی (مونت کارلو) هستند.^۲ در این پژوهش، برای محاسبه ارزش در معرض ریسک از شیوه پارامتریک استفاده کرده‌ایم.

همان‌طور که بیان شد برای محاسبه ارزش در معرض ریسک مدلی مورد نیاز است که توزیع بازده‌های دارایی را برآورد نماید. کشیدگی بیشتر از توزیع نرمال^۳، همچنین پایداری موقت نوسان (یعنی خوشه‌بندی نوسان)^۴ در سری‌های زمانی مالی تردیدی را در مورد درستی و اعتبار مدل‌سازی مدل‌سازی استاندارد که فرایند ایجاد بازده را در حالتی با فرض واریانس همسانی توصیف می‌نماید، ایجاد کرده‌است. بر این اساس، استفاده از مدل‌های خودرگرسیون واریانس ناهمسان شرطی^۵ و نوع تعمیم یافته آن^۶، در زمینه مدیریت دارایی‌های مالی توسعه یافته‌است. یکی از حوزه‌های بازار سرمایه که فرض ARCH یا GARCH در آن به طور گسترده مورد آزمون قرار گرفته، بازار ارز است. مدل GARCH دارای پشتوانه تجربی معتبر برای نرخ ارز بوده، و نتایج عملی و سودمندی را در بازار ارز به اثبات رسانده است.^۷ یکی از دلایل اصلی برای به کارگیری مدل GARCH در مطالعات مربوط به بازده‌های ارز، وجود واریانس ناهمسانی ذاتی در داده‌های مربوط به نرخ‌های ارز می‌باشد.^۸ این نوع مدل، با در نظر گرفتن واریانس به صورت شرطی اجازه تغییر آن را در طول زمان می‌دهد و آن را تابعی از رفتار جملات خطا و واریانس‌های شرطی در گذشته می‌داند. به این معنی که نوسانات بازده ارز در آینده نه تنها تابعی از شوک‌های گذشته است، بلکه تحت تأثیر نوسانات دوره‌های قبل نیز قرار دارد.^۹

1. Simons, (1996)

2. Simons, (1996)

3. Leptokurtosis or Heavy Tails and Sharp Peaks

4. Volatility Clustering

5. Auto Regressive Conditional Heteroskedasticity (ARCH)

6. Generalized Auto Regressive Conditional Heteroskedasticity (GARCH)

7. Hopper, (1997)

8. Kormas, (1998)

با توجه به چنین نتایجی می توان دریافت که مدل های گروه GARCH در بین مدل های نوسان برای تعیین نوسان بازده های ارز موفق تر عمل می نمایند.^۱ گفتنی است در صورتی که محور اصلی توجه مدل نویسی نوسان بازده ها باشد، درک حرکات با هم بازده های مالی از اهمیت کاربردی به سزایی برخوردار است.^۲ این امر، توانایی مدل GARCH چند متغیره را در مقایسه با مدل GARCH تک متغیره به اثبات می رساند. زیرا، در تشکیل سبد بهینه ارز که نیاز به پیش بینی بازده ها و نوسان آنها تحت معیار ارزش در معرض ریسک دارد، می توان با در نظر گرفتن حرکات همزمان ارزهای مختلف با استفاده از مدل GARCH چند متغیره و تحت ماتریس واریانس-کوواریانس شرطی به جای واریانس شرطی، پیش بینی های دقیق تری را نسبت به مدل های GARCH تک متغیره ارائه داد. بر این اساس، در این مطالعه از مدل GARCH چند متغیره همبستگی شرطی پویای^۳ ارائه شده توسط تسو و تسو^۴، که در مدل سازی ابعاد بزرگ سری های زمانی مالی، کارایی بسیار بالایی را نشان داده، در کنار مدل GARCH تک متغیره استفاده می کنیم. این مدل جزء ترکیبات غیرخطی مدل های GARCH چند متغیره به شمار می آید^۵ و بر اساس ایده مدل نویسی واریانس ها و همبستگی های شرطی بجای مدل نویسی مستقیم ماتریس کوواریانس شرطی ساخته شده است.^۶

در مجموع، می توان بیان نمود صرف نظر از آن بخش از درآمدهای ارزی که به هزینه های ارزی جاری کشور تخصیص می یابد، برای بخش دوم که با هدف سرمایه گذاری و کسب سود نگهداری می شود، باید برنامه ریزی دقیقی وجود داشته باشد و ترکیب مطلوب این پورتفولیو باید با توجه به نوسانات ارزها در بازارهای بین المللی با محاسبات دقیق سنجیده شود تا به سمت ترکیب موزون و بهینه حرکت نماید. با توجه به بررسی های به عمل آمده، تاکنون در ایران مطالعه ای در رابطه با طراحی سبد بهینه پویای ارز صورت نگرفته است. حتی اگر کارشناسان بانک مرکزی روی مدیریت ذخایر ارزی ایران برنامه ریزی نموده و ترکیب مناسبی را برای نگهداری از ارزها برگزیده باشند، همواره ترکیب بهینه تری وجود خواهد داشت که بازدهی بالاتری را حاصل می نماید. بر این اساس، تعیین و برآورد مدلی که بتواند با حداکثر نمودن بازده مورد انتظار و در

1. Kormas, (1998)
2. Silvennoinen and Teräsvirta, (2008)
3. Dynamic Conditional Correlation (DCC)
4. Tse and Tsui
5. Bauwens *et al*, (2006a)
6. Silvennoinen and Teräsvirta, (2008)

نظر گرفتن محدودیت ریسک سرمایه‌گذاری، ترکیب بهینه ذخایر ارزی کشور را مشخص کند، هدف اصلی این پژوهش است. به علت اینکه دو مدل متفاوت در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفته است، پس از تعیین سبد بهینه توسط آنها، مناسب‌ترین مدل از طریق ارزیابی آزمون نرخ شکست کوپیک^۱، انتخاب می‌شود.

بر این اساس این پژوهش را در پنج بخش تنظیم کرده‌ایم. پس از مقدمه، بخش اول به بیان پیشینه پژوهش می‌پردازیم. بخش دوم به معرفی مدل تخصیص می‌یابد. داده‌ها و توصیف آماری آنها در بخش سوم بیان می‌شود. نتایج تجربی برآورد مدل‌های تک متغیره و چند متغیره ی GARCH برای تعیین وزن‌های بهینه پورتفولیو و همچنین مقایسه نتایج آنها، موضوع‌های بخش چهارم را تشکیل می‌دهد. در پایان، جمع‌بندی و نتیجه‌گیری را ارائه خواهیم کرد.

۲. پیشینه پژوهش

اگرچه بیش از نیم قرن از نخستین مطالعه‌ای که توسط مارکوویتز^۲ در سال ۱۹۵۲ در زمینه بهینه‌سازی سبد دارایی صورت گرفته، می‌گذرد و تاکنون پژوهش‌های بسیاری به انتخاب سبد بهینه برای دارایی‌های مختلف به شیوه‌های متعدد پارامتریک و ناپارامتریک اختصاص یافته‌است؛ اما با توجه به بررسی‌های به عمل آمده تنها یک مطالعه در سال ۲۰۰۶ به طراحی سبد بهینه ارز با استفاده از مدل‌های مختلف GARCH پرداخته است.

مارکوویتز در سال ۱۹۵۲ در مقاله خود با نام "انتخاب پورتفولیو" فرایند انتخاب سبد بهینه را برای هر دارایی مالی به دو مرحله تقسیم کرده است. قدم نخست با مشاهده و تجربه شروع شده و با پیش‌بینی‌های فرد نسبت به عملکرد آینده دارایی یادشده پایان می‌یابد. مرحله دوم با پیش‌بینی وی آغاز و با انتخاب سبد بهینه به اتمام می‌رسد. وی در پژوهش خود به مرحله دوم پرداخته و در فرایند بهینه‌سازی، حداکثر کردن بازده‌های مورد انتظار تنزیل شده را به عنوان هدف سرمایه‌گذار رد نموده است. وی در بهینه‌سازی پورتفولیو از قاعده‌ای با نام بازده مورد انتظار-واریانس بازده $(E - V)$ استفاده کرده است؛ به طوری که، سرمایه‌گذار سبدي را که دارای کاراترین ترکیبات $(E - V)$ است، انتخاب می‌نماید. در واقع، ترکیب دارایی برای سرمایه‌گذار بهینه در نظر

1. Kupiec Proportion of Failures (POF) Test

2. Markowitz

طراحی سبد بهینه ارزش برای ایران با استفاده از ... ۲۰۵

گرفته شده که حداقل واریانس برای بازده مورد انتظار معین و یا حداکثر بازده مورد انتظار برای واریانس معین را داشته باشد.^۱

همان طور که پیشتر نیز بیان شد مارکوویتز در نظریه مدرن بهینه‌سازی پیشقدم بوده و مطالعات و مدل‌های تعمیم‌یافته برای انتخاب سبد بهینه بر مبنای روش میانگین-واریانس وی گسترش یافته‌است.^۲ در زیر به تعدادی از این پژوهش‌ها اشاره می‌کنیم:

در سال ۲۰۰۰، شامپوروف^۳ در مقاله "تحلیل پورتفولیوی بهینه برای جمهوری چک، مجارستان و لهستان در دوره ۱۹۹۴-۱۹۹۵" به ارزیابی فرصت‌های سرمایه‌گذاری در بازارهای سرمایه در حال توسعه اروپای شرقی پرداخته است. وی در این پژوهش، دو الگوریتم بهینه‌سازی پورتفولیو شامل روش واریانس-کوواریانس مارکوویتز و تحلیل LPM^۴، به منظور فراهم نمودن روابط جایگزینی بین ریسک و بازده را مورد استفاده قرار داده است. همچنین، با بهره‌گیری از این محاسبات به مرز کارایی یعنی ترکیباتی از پورتفولیو که بیشترین بازده مورد انتظار را برای یک ریسک معین و یا حداقل ریسک را برای یک بازده معین ارائه می‌دهد، دست یافته‌است.^۵

کمپل، هیوسمن و کوئیدیک^۶ در سال ۲۰۰۱ در پژوهشی با نام "انتخاب پورتفولیوی بهینه در یک چارچوب ارزش در معرض ریسک" یک مدل انتخاب سبد بهینه برای دارایی‌های مالی به وسیله حداکثر نمودن بازده مورد انتظار در ارتباط با محدودیت ارزش در معرض ریسک را ارائه داده‌اند. آنها اثبات نموده‌اند در صورتی که توزیع بازده‌های مورد انتظار دارایی که برای آن سبد بهینه تعریف می‌شود، نرمال باشد مدل یادشده نتایج یکسانی را با روش میانگین-واریانس مارکوویتز ایجاد می‌نماید. آنها بیان کرده‌اند که در عمل، توزیع بسیاری از سری‌های بازده برای دارایی‌های مالی، غیرنرمال با چولگی و کشیدگی قابل توجه است. بنابراین، انتخاب سبد بهینه با روش میانگین-واریانس به یک بهینه‌سازی ناکارا منجر می‌شود.^۷

پژوهش دیگری در سال ۲۰۰۴ با عنوان "انتخاب پورتفولیوی بهینه پویا در یک چارچوب ارزش در معرض ریسک" توسط رنکیفو و رومبوتس^۸ صورت گرفته است. در این مطالعه به این

1. Markowitz, (1952)
2. Puelz, (1999)
3. Shachmurove
4. Lower Partial Moment
5. Shachmurove, (2000)
6. Campbell, Huisman and Koedijk
7. Campbell *et al*, (2001)
8. Rengifo and Rombouts

نکته مهم اشاره شده که مدل مورد استفاده کمپل و همکاران وی تنها در حالت ایستا و برای یافتن وزن‌های بهینه در سبد دارایی برای یک دوره قبل کاربرد داشته است. بنابراین، این دو پژوهشگر با عمومیت بخشیدن به کار کمپل و دیگران (۲۰۰۱)، یک چارچوب انتخاب سبد بهینه پویای انعطاف‌پذیر را پیشنهاد داده‌اند. آنها با در نظر گرفتن این فرض که سرمایه‌گذار بازده مورد انتظار را در ارتباط با محدودیت ارزش در معرض ریسک حداکثر می‌کند، مدل‌های ایستا و پویای پارامتری را که واریانس شرطی با استفاده از مدل GARCH و APARCH^۱ برآورد می‌کند، مقایسه نموده‌اند. برای تعدیل وزن‌های سبد بهینه، پارامترهای مدل پویا هر ۱۰ روز یکبار دوباره برآورد شده‌اند. ارزیابی سبدهای بهینه حاصل از این سه مدل با دو معیار ثروت نهایی و نرخ شکست صورت گرفته است. نتایج نشان می‌دهد که ثروت نهایی به دست آمده به وسیله مدل ایستا کمتر از مدل‌های پویا بوده است. همچنین، مدل‌های پویا بر حسب نرخ‌های شکست یکسان و بهتر از مدل ایستا عمل نموده‌اند.^۲

رومیوتس و وریبک^۳ در سال ۲۰۰۴ در مطالعه خود با نام "ارزیابی پورتفولیوی ارزش در معرض ریسک با استفاده از مدل‌های GARCH نیمه پارامتریک" اهمیت مدل‌های GARCH چند متغیره نیمه پارامتریک را برای انتخاب پورتفولیو تحت محدودیت ارزش در معرض ریسک را بررسی و آزمون نموده‌اند. همچنین، در این پژوهش روش استفاده از مدل GARCH برای تعیین یک سبد بهینه بر مبنای حداکثر نمودن بازده مورد انتظار در ارتباط با محدودیت ریسک اندازه‌گیری شده به وسیله ارزش در معرض ریسک بیان شده است. در نهایت، آنها پورتفولیوهای ساخته شده با در نظر گرفتن توزیع‌های آماری نرمال و t با توزیع نیمه پارامتریک ارائه شده در این مطالعه را مورد مقایسه قرار داده‌اند. وزن‌های به دست آمده برای سبدهای بهینه و ثروت نهایی حاصل نیز با استفاده از فروض توزیعی مختلف مقادیر مشابهی بوده‌اند. اما بر اساس نرخ‌های شکست فرایند نیمه پارامتریک نسبت به فرایندهای پارامتریک بهتر عمل نموده است.^۴

در سال ۲۰۰۶، نخستین مطالعه در زمینه بهینه‌سازی پورتفولیوی ارز توسط بائوونز، عمرانه و رنگیفو^۵ صورت گرفته است. در این پژوهش با نام "تخصیص پورتفولیوی بهینه ارز به صورت درون روزانه" از مدل نظری کمپل و دیگران (۲۰۰۱) مبنی بر حداکثر کردن بازده مورد انتظار در

-
1. Asymmetric Power ARCH
 2. Rengifo and Rombouts, (2004)
 3. Rombouts and Verbeek
 4. Rombouts and Verbeek, (2004)
 5. Bauwens, Omrane and Rengifo

طراحی سبد بهینه ارز برای ایران با استفاده از ... ۲۰۷

ارتباط با محدودیت ارزش در معرض ریسک، استفاده شده و مانند رنگینفو و رومبوتس (۲۰۰۴) مدل های اقتصادسنجی مورد نظر با بهره گیری از داده های گذشته برآورد شده و هر مدل برآوردی سپس برای پیش بینی خارج از نمونه^۱ بازده های مورد انتظار که ورودی های تخصیص بهینه دارایی بوده اند، به کار رفته است. آنها قدم را فراتر نهاده و به منظور بهینه سازی پویا از مدل های GARCH چند متغیره نیز استفاده نموده اند. زیرا توزیع چند متغیره بازده ها می تواند به طور مستقیم برای محاسبه ارزش در معرض ریسک هر سبد ارز استفاده شود و نیازی به برآورد دوباره مدل برای دستیابی به بردارهای مختلف وزن به منظور تعدیل سبد ندارد. عملکرد مدل ها با استفاده از دو معیار اقتصادی (ثروت نهایی و نسبت عملکرد) و دو آزمون آماری (نرخ شکست و آزمون چارک پویا) مورد سنجش قرار گرفته و نتیجه این بوده است که استفاده از مدل های GARCH چند متغیره نتایج تخصیص سبد بهینه پویا را بر حسب ملاک های ارزیابی بهبود بخشیده است.^۲

همان طور که مشاهده شد با همه اهمیت و جایگاه مدیریت منابع ارزی و به دنبال آن ارائه چارچوب برای انتخاب سبد بهینه ارز، دانش ما در رابطه با این موضوع تنها به تعدادی از مطالعات در خارج از ایران و بیشتر در کشورهای توسعه یافته ختم می شود. این پژوهش با توجه به همه محدودیت هایی که در انجام آن، به ویژه از نظر داده ها وجود دارد، می تواند به عنوان یکی از معدود مطالعات انجام شده در این زمینه تلقی شود.

۳. معرفی مدل

در این بخش، روند تخصیص پورتفولیوی بهینه را برای ارز با به کارگیری معیار ارزش در معرض ریسک و همچنین مدل های تک متغیره و چند متغیره ی خودرگرسیون واریانس ناهمسان شرطی تعمیم یافته ارائه می کنیم.

۳-۱. فرآیند تخصیص پورتفولیوی بهینه

مدل پورتفولیوی برای پیدا کردن تخصیصی از ارزهایی که بازده مورد انتظار را در ارتباط با محدودیت ارزش در معرض ریسک حداکثر می کند، به کار می رود. پورتفولیوی بهینه به گونه ای است که بیشترین زیان مورد انتظار برای دوره سرمایه گذاری انتخابی و در یک سطح اطمینان معین α از مقدار ارزش در معرض ریسک تجاوز نمی کند. بدین منظور، این فرض مورد توجه قرار

1. Out of Sample

2. Bauwens *et al.*, (2006b)

می‌گیرد که هیچ هزینه معامله و هیچ شکافی بین قیمت‌های عرضه و تقاضا وجود ندارد. این فرض به این حقیقت در بازارهای ارز اشاره می‌کند که شکاف مؤثر تقریباً ثابت و بسیار کوچک است. با این توضیح مدل تخصیص پورتفولیوی بهینه که توسط بائوونز، عمرانه و رنگیفو در سال ۲۰۰۶ ارائه شده است، به صورت زیر بیان می‌شود.

$n+1$ تعداد ارزهای در دسترس برای تجارت است. ارز $n+1$ ام به عنوان شمارشگر^۱ (در اینجا ریال ایران^۲) در نظر گرفته می‌شود. $p_{i,t}$ با $i=1, \dots, n$ نرخ مبادله بین ارزهای i و $n+1$ بر حسب واحدهای ارز $n+1$ است. بازده ارز i در زمان $t+1$ به صورت $r_{i,t+1}$ نشان داده می‌شود. ثروت سرمایه‌گذار بر حسب ریال ایران در زمان t و یا مبلغی است که قصد سرمایه‌گذاری برای تشکیل سبد بهینه بر روی آن وجود دارد. $\Omega_t \equiv \left\{ w_t \in R^n : \sum_{i=1}^n w_{i,t} = 1 \right\}$ مجموعه‌ای از وزن‌های پورتفولیو در زمان t است. این فرمول‌بندی فرض می‌کند که درآمد حاصل از فروش ارز در ارزهای دیگر سبد، سرمایه‌گذاری می‌شود. $x_{i,t} = w_{i,t} W_t / p_{i,t}$ تعداد ارزهای i نگهداری شده در زمان t است که بر رابطه ۱، دلالت می‌کند.

$$x_{i,t} p_{i,t} = w_{i,t} W_t \quad (۱)$$

$$W_t = \sum_{i=1}^n x_{i,t} p_{i,t} \quad (۲)$$

سرمایه حاصل در زمان $t+1$ می‌تواند به صورت رابطه ۳ بیان شود.

$$W_{t+1} = W_t \left(1 + \sum_{i=1}^n w_{i,t} r_{i,t+1} \right) \quad (۳)$$

سرمایه‌گذار برای فرض گرفتن یا قرض دادن ریال بر اساس میزان ریسک‌گریزی خود عمل می‌کند. این وام می‌تواند به عنوان اهرمی برای به دست آوردن بازده بالاتر در نظر گرفته شود. b_t مقداری است که سرمایه‌گذار می‌تواند در نرخ بهره بدون ریسک r_f قرض بگیرد ($b_t > 0$) یا وام بدهد ($b_t < 0$). با در نظر گرفتن وام، رابطه ۳ به ۴ تبدیل می‌شود.

$$W_{t+1} = (W_t + b_t) \left(1 + \sum_{i=1}^n w_{i,t} r_{i,t+1} \right) - b_t (1 + r_f) \quad (۴)$$

1. Counter Currency or Quote Currency

2. IRR

سرمایه گذار تمایل به حداکثر کردن ثروت یا سرمایه مورد انتظار خود دارد؛ چون بازده‌های آینده به علت نااطمینانی در بازارهای مالی مقادیر مشخصی نیستند، رابطه ۴ بر مبنای انتظارات شرطی به وسیله رابطه ۵ تعیین می‌شود.

$$E_t W_{t+1}(w_t) = (W_t + b_t)(1 + E_t r_{t+1}(w_t)) - b_t(1 + r_f) \quad (5)$$

به طوری که $E_t r_{t+1}(w_t)$ بازده مورد انتظار پورتفولیو در پایان دوره تخصیص مجدد (تغییر نسبت‌های دارایی در سبد) است. کارایی E_t مشروط بر همه اطلاعات در دسترس تا زمان t است.

به منظور حداکثر کردن تابع هدف، سرمایه گذار با دو محدودیت مواجه است. نخست محدودیت بودجه و دوم محدودیت ریسک معین بر حسب ارزش در معرض ریسک که برای ابزارهای مورد سرمایه گذاری که نرخ آنها به سادگی در دسترس است، مانند ارز، بیشترین کارایی را دارد.^۱ محدودیت بودجه با رابطه ۶ معین می‌شود.

$$W_t + b_t = \sum_{i=1}^n x_{i,t} p_{i,t} = x'_t p_t \quad (6)$$

محدودیت ارزش در معرض ریسک برای یک فاصله زمانی معین و سطح اطمینان α به صورت رابطه ۷ تعریف می‌شود.

$$P_t [W_{t+1}(w_t) \leq W_t - VaR^*] \leq 1 - \alpha \quad (7)$$

به طوری که، P_t احتمال معین همه اطلاعات در دسترس در زمان t و VaR^* ارزش در معرض ریسک مطلوب سرمایه گذار در یک سطح اطمینان مشخص است.

مسئله بهینه‌سازی پورتفولیو با حداکثر کردن بازده مورد انتظار، رابطه ۵، و در ارتباط با محدودیت بودجه، رابطه ۶، محدودیت ارزش در معرض ریسک، رابطه ۷، و محدودیت $\sum w_{i,t} = 1$ حل می‌شود. هدف، تعیین وزن‌هایی است که بازده مورد انتظار را در رابطه با این محدودیت‌ها حداکثر کنند، که با رابطه ۸ نشان داده می‌شود.

1. Simons, (1996)

$$w_t^* \equiv \arg \max_{w_t} (W_t + b_t)(1 + E_t r_{t+1}(w_t)) - b_t(1 + r_f) \quad (8)$$

قرار دادن محدودیت بودجه ۶ در تابع هدف ۵، رابطه ۹ را حاصل می‌نماید.

$$E_t W_{t+1}(w_t) = x'_t p_t (E_t r_{t+1}(w_t) - r_f) + W_t(1 + r_f) \quad (9)$$

رابطه ۹ بیان می‌کند که سرمایه‌گذار ریسک‌گریز حاضر است بخشی از ثروتش را در ارزش‌های مختلف سرمایه‌گذاری نماید، اگر بازده مورد انتظار پورتفولیو بیشتر از نرخ بهره بدون ریسک (r_f) باشد. با جایگذاری رابطه ۹ در رابطه ۷ رابطه ۱۰ به دست می‌آید.

$$P_t [x'_t p_t (E_t r_{t+1}(w_t) - r_f) + W_t(1 + r_f)] \leq W_t - VaR^* \leq 1 - \alpha \quad (10)$$

بنابراین، می‌توان نوشت:

$$P_t \left[r_{t+1}(w_t) \leq r_f - \frac{VaR^* + W_t r_f}{x'_t p_t} \right] \leq 1 - \alpha \quad (11)$$

رابطه ۱۱، چارک $q_t(w_t, \alpha)$ از توزیع بازده پورتفولیو را در سطح اطمینان α یا احتمال وقوع $1 - \alpha$ تعریف می‌کند. با استفاده از این نتیجه، ارزش سرمایه‌گذاری می‌تواند به صورت رابطه ۱۲ بیان شود.

$$x'_t p_t = \frac{VaR^* + W_t r_f}{r_f - q_t(w_t, \alpha)} \quad (12)$$

در نهایت، جایگذاری رابطه ۱۲ در ۹ و تقسیم نمودن بر سرمایه اولیه (W_t)، رابطه ۱۳ را ایجاد می‌کند.

$$\frac{E_t(W_{t+1}(w_t))}{W_t} = \frac{VaR^* + W_t r_f}{W_t r_f - W_t q_t(w_t, \alpha)} (E_t r_{t+1}(w_t) - r_f) + (1 + r_f) \quad (13)$$

بنابراین، مجموعه بهینه از وزن‌های پورتفولیوی ارز به وسیله رابطه ۱۴ تعیین می‌شود.

$$w_t^* \equiv \arg \max_{w_t} \frac{E_t r_{t+1}(w_t) - r_f}{W_t r_f - W_t q_t(w_t, \alpha)} \quad (14)$$

قضیه مشهور تفکیک دو دارایی^۱ در این حالت مطرح می‌شود. این قاعده بر این امر دلالت می‌کند که ثروت یا سرمایه اولیه سرمایه‌گذار و ارزش در معرض ریسک مطلوب او (Var^*) بر نتیجه حداکثرسازی اثری ندارد. بنابراین، تخصیص بهینه دارایی در پورتفولیوی سرمایه‌گذار به سرمایه اولیه او یا ارزش در معرض ریسک که مورد نظر وی بوده، بستگی ندارد. به هر حال، در مورد ارزش در معرض ریسک باید توجه نمود که سطوح مختلف اطمینان به تخصیص‌های متفاوتی از دارایی‌های ریسکی منجر می‌شوند.^۲

۲-۳. اجرای اقتصادسنجی مدل

به منظور دستیابی به w_t^* که در رابطه ۱۴ تعریف شده، لازم است تا بازده‌های مورد انتظار برای هر کدام از n ارز یعنی $E_t r_{t+1}(w_t)$ و چارک‌های $q_t(w_t^*, \alpha)$ به وسیله داده‌های موجود با استفاده از یک مدل اقتصادسنجی برای توزیع بازده پورتفولیو برآورد شوند. مدل‌های اقتصادسنجی مورد استفاده در این پژوهش GARCH تک متغیره ساده و GARCH چند متغیره همبستگی شرطی پویا هستند که در ادامه معرفی می‌شوند.

۳-۲-۱. مدل GARCH تک متغیره

در این قسمت، مراحل تخصیص سبد بهینه ارز با استفاده از رایج‌ترین شیوه برای پیش‌بینی میانگین و واریانس‌های شرطی به ترتیب شرح داده می‌شود.

الف) برآورد بازده‌های پورتفولیو

بازده پورتفولیو یا $R_{p,t}$ به صورت رابطه ۱۵ مدل‌سازی می‌شود.

$$R_{p,t} = \mu_{p,t} + \varepsilon_t \quad (15)$$

1. Two Fund Separation Theorem

۲. وزن‌های بهینه پورتفولیو پس از محاسبه بازده‌ها و ارزش در معرض ریسک سبد معیار، طی فرآیند حداکثرسازی بازده پورتفولیو نسبت به محدودیت ارزش در معرض ریسک (همان‌طور که در روابط این بخش نیز ارائه شد) توسط نرم‌افزار Lingo، به دست می‌آید.

به طوری که $\mu_{p,t}$ میانگین شرطی و ε_t جمله خطا است. میانگین شرطی $R_{p,t}$ توسط فرایند $AR(1)$ با استفاده از رابطه ۱۶ تعیین می‌شود.^۱

$$\mu_{p,t} = \mu_p + \rho_p R_{p,t-1} \quad (16)$$

ب) برآورد واریانس شرطی

در رابطه ۱۵، جمله خطای ε_t به $\sigma_t z_t$ تجزیه می‌شود؛ به طوری که z_t یک فرایند IID با میانگین صفر و واریانس واحد است. در این حالت، به منظور تعیین تخصیص پورتفولیو، بازده‌ها برای برآورد واریانس شرطی σ_t^2 با استفاده از یک مدل مناسب به کار گرفته می‌شوند. مدل‌های خودرگرسیون واریانس ناهمسان شرطی تعمیم‌یافته برای مدل‌سازی واریانس شرطی بازده‌ها به عنوان تابعی از واریانس گذشته و مربع بازده‌های دوره‌های قبل، رواج و مقبولیت بیشتری نسبت به سایر مدل‌ها به دست آورده‌اند.^۲

مدل خودرگرسیون واریانس ناهمسان شرطی تعمیم‌یافته، توسط بولرسلو^۳ (۱۹۸۶) پیشنهاد شده است. این مدل از طریق اضافه نمودن p جمله خودرگرسیون برای σ_t^2 به مدل $ARCH(q)$ ارائه شده به وسیله انگل^۴ در سال ۱۹۸۲ به دست می‌آید. بنابراین، $GARCH(p, q)$ به صورت رابطه ۱۷ تعریف می‌شود:

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \sum_{i=1}^q \alpha_i \varepsilon_{t-i}^2 + \sum_{i=1}^p \beta_i \sigma_{t-i}^2 \quad (17)$$

با شرط اینکه $\alpha_0 > 0$ ، $\alpha_i \geq 0$ ، $\beta_i \geq 0$ و $\sum_{i=1}^q \alpha_i + \sum_{i=1}^p \beta_i < 1$ صادق باشد.

اگرچه مدل تعمیم‌یافته $GARCH$ تعداد p و q وقفه زمانی را برای واریانس و مربع تغییرات در نظر می‌گیرد، تعداد زیادی از مطالعات تجربی اثبات نموده‌اند که یک مدل $GARCH(1,1)$ برای توصیف واریانس ناهمسانی در بازده‌های ارز کافی است. پژوهشگران به این نتیجه دست یافته‌اند که $GARCH(1,1)$ استاندارد در توضیح واریانس ناهمسانی شرطی حرکات روزانه ارز موفقیت قابل توجهی را نشان داده است.^۵

1. Bauwens *et al.*, (2006b)
 2. Thapar, (2006)
 3. Bollerslev
 4. Engle
 5. Kormas, (1998)

پایین ترین مرتبه GARCH که به طور گسترده مورد استفاده قرار می گیرد و جایگزینی مناسب برای مدل های ARCH مراتب بالا می باشد، $GARCH(1,1)$ است. رابطه ۱۸ این مدل را به نمایش می گذارد:

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha \varepsilon_{t-1}^2 + \beta \sigma_{t-1}^2 \quad (18)$$

با توجه به معادله $GARCH(1,1)$ می توان دریافت که واریانس شرطی σ_t^2 از سه میانگین وزنی واریانس بلندمدت $\alpha_0 / (1 - \alpha - \beta)$ ، واریانس گذشته σ_{t-1}^2 با وزن β و مجدور جمله اختلال ε_t^2 با وزن α تشکیل شده است.

پ) برآورد ارزش در معرض ریسک

ارزش در معرض ریسک با استفاده از میانگین ها و انحراف معیارهای شرطی برآورد شده برای زمان t و در سطح اطمینان α به صورت رابطه ۱۹ محاسبه می شود:

$$VaR_{t,\alpha}^p = \hat{\mu}_{p,t} + \hat{\sigma}_{p,t} q_{1-\alpha} \quad (19)$$

به طوری که $\hat{\mu}_{p,t}$ و $\hat{\sigma}_{p,t}$ میانگین و انحراف معیار شرطی پیش بینی شده با استفاده از داده های موجود تا زمان $t-1$ هستند. $q_{1-\alpha}$ چارک $1-\alpha$ ام از توزیع z_t است.^۱

ت) تعیین سرمایه گذاری ریسکی بهینه

در این مرحله، وزن های پورتفولیو که بازده مورد انتظار را در ارتباط با محدودیت ارزش در معرض ریسک مطابق رابطه ۱۴ حداکثر می کنند، محاسبه می شوند.

۳-۲-۲. مدل GARCH چند متغیره

با توجه به تفاوت های موجود در چگونگی کاربرد مدل های GARCH چند متغیره و تک متغیره برای انجام پیش بینی های لازم در تخصیص سبد دارایی، مراحل دستیابی به وزن های بهینه ی سبد ارز با به کارگیری مدل GARCH چند متغیره همبستگی شرطی پویا، به ترتیب زیر بیان می شود.

1. Bauwens et al, (2006b)

الف) مدل‌سازی بازده‌های ارزش‌های به کار رفته در تشکیل سبد

در حالت چند متغیره به منظور مدل‌سازی بازده‌ها، $R_{p,t}$ ، به وسیله بردار $n \times 1$ با نام R_t جایگزین می‌شود که شامل بازده‌های $R_{i,t}$ ، $i=1, \dots, n$ برای n ارز در زمان t است. این امر، در رابطه شماره ۲۰ مشاهده می‌شود:

$$R_t = \mu_t + \varepsilon_t \quad (20)$$

به طوری که μ_t و ε_t نیز، بردارهای $n \times 1$ هستند. میانگین شرطی $R_{i,t}$ برای $i=1, \dots, n$ توسط فرآیند $AR(1)$ با استفاده از رابطه ۲۱، محاسبه می‌شود.^۱

$$\mu_{i,t} = \mu_i + \rho_i R_{i,t-1} \quad (21)$$

ب) مدل‌سازی ماتریس واریانس-کوواریانس شرطی

با در نظر گرفتن GARCH چند متغیره، جمله خطای ε_t در رابطه ۲۰ برابر با $\sum_t^{1/2} z_t$ است. به طوری که $\sum_t^{1/2}$ ، از ماتریس واریانس-کوواریانس شرطی $n \times n$ یعنی Σ_t حاصل می‌شود. z_t نیز یک بردار $n \times 1$ و فرآیند IID با میانگین صفر و واریانس I_n (ماتریس واحد با رتبه n) است. به منظور مدل‌سازی این ماتریس واریانس-کوواریانس از مدل GARCH چند متغیره همبستگی شرطی پویا استفاده می‌کنیم که به طور کلی می‌توان آن را به صورت رابطه ۲۲ نشان داد.

$$\Sigma_t = D_t \Lambda_t D_t \quad (22)$$

به این صورت که D_t یک ماتریس قطری $n \times n$ شامل انحراف معیارهای شرطی به صورت رابطه ۲۳ است.

$$D_t = \text{diag} \left(\sum_{1,t}^{1/2} \dots \sum_{n,t}^{1/2} \right) \quad (23)$$

در رابطه ۲۲، ماتریس همبستگی شرطی $n \times n$ است که به صورت یک میانگین متحرک خودرگرسیو طبق رابطه ۲۴ تعریف می‌شود.

1. Bauwens et al, (2006b)

$$\Lambda_t = (1 - \theta_1 - \theta_\tau) \Lambda + \theta_1 \Psi_{t-1} + \theta_\tau \Lambda_{t-1} \quad (24)$$

که در آن $\Lambda = \{P_{ij}\}$, $i, j = 1, \dots, n$ یک ماتریس پارامتر مثبت معین $n \times n$ متقارن با عناصر قطری واحد است. θ_1 و θ_τ نیز، پارامترهای غیر منفی با شرط $\theta_1 + \theta_\tau \leq 1$ و Ψ_{t-1} ماتریس همبستگی ε_τ با مرتبه $n \times n$ برای $\tau = t-1, \dots, t-M$ هستند. به طور ساده می توان بیان نمود که Ψ_{t-1} با ε_{t-1}^τ در مدل $GARCH(1,1)$ مشابه است. از آنجا که $\Psi_{ij,t-1} = \Psi_{ij,t-1}$ است، عنصر i و j ام Ψ_{t-1} با رابطه ۲۵ معین می شود.

$$\Psi_{ij,t-1} = \frac{\sum_{m=1}^M u_{i,t-m} u_{j,t-m}}{\sqrt{\left(\sum_{m=1}^M u_{i,t-m}^2\right) \left(\sum_{m=1}^M u_{j,t-m}^2\right)}} \quad (25)$$

به طوری که، $u_{i,t} = \varepsilon_{it} / \sqrt{\Sigma_{iit}}$ است.^۱

پ) برآورد ارزش در معرض ریسک

به منظور محاسبه ارزش در معرض ریسک با استفاده از مدل $GARCH$ چند متغیره همبستگی شرطی پویا، باید واریانس و میانگین شرطی بازده پورتفولیو به ترتیب با استفاده از روابط ۲۶ و ۲۷ محاسبه شود.

$$\bar{\sigma}_t^2 = w_t' \hat{\Sigma}_t w_t \quad (26)$$

$$\bar{\mu}_t = w_t' \hat{\mu}_t \quad (27)$$

که در آن، w_t بردار $n \times 1$ وزنهای پورتفولیو است. پس از محاسبه $\bar{\mu}_t$ و $\bar{\sigma}_t^2$ ، ارزش در معرض ریسک برای زمان t در سطح اطمینان α به وسیله رابطه ۲۸ تعیین می شود.

$$VaR_{t,\alpha} = \bar{\mu}_t + \bar{\sigma}_t q_{1-\alpha} \quad (28)$$

به طوری که، $q_{1-\alpha}$ چارک $1-\alpha$ ام از توزیع z_t است که بازدهها به پیروی از آن فرض شده اند.^۲

1. Tse and Tsui, (2000), Rombouts and Verbeek, (2004), Bauwens et al, (2006b)

2. Bauwens et al, (2006b)

ت) تعیین سرمایه‌گذاری ریسکی بهینه

پس از محاسبه مقادیر ارزش در معرض ریسک با استفاده از پیش‌بینی میانگین‌ها و واریانس‌های شرطی، وزن‌های پورتفولیو که بازده مورد انتظار را در ارتباط با محدودیت ارزش در معرض ریسک حداکثر می‌کنند، به دست می‌آید.^۱

۴. داده‌ها و توصیف آماری آنها

بیشترین ارزش‌های مبادله‌شده در بازار ارز مربوط به کشورهای است که دولت‌های باثبات، بانک‌های شناخته شده بین‌المللی و تورم پایین دارند.^۲ بر این اساس، بیش از ۸۵ درصد معاملات روزانه ارز، دلار آمریکا (USD)، ین ژاپن (JPY)، یورو (EUR)، پوند انگلیس (GBP)، فرانک سوئیس (CHF)، دلار کانادا (CAD)، و دلار استرالیا (AUD) اختصاص دارد.^۳ با توجه به این مطلب ترکیب مورد ارزیابی در این پژوهش، شامل چهار ارز اصلی دلار آمریکا، ین ژاپن، یورو و پوند انگلیس بر مبنای ریال ایران می‌شود.

داده‌های مورد استفاده در این پژوهش دربرگیرنده قیمت‌های نقدی ارز^۴ به صورت روزانه برای USD/IRR، GBP/IRR، EUR/IRR و JPY/IRR از پایان سال ۲۰۰۰ تا انتهای سال ۲۰۰۸ میلادی است که از پایگاه داده‌های خدمات ارز^۵ استخراج کرده‌ایم. در مجموعه داده‌های موجود، برای روزهای شنبه و یکشنبه که بازار ارز غیرفعال بوده، نرخ‌ها در نظر گرفته نشده است.^۶

1. Bauwens *et al.*, (2006b)

2. David, (2008)

3. Nwaobi, (2008)

4. Spot Foreign Exchange Prices

5. Foreign Exchange Services (ozforex.com.au)

۶. روش‌های سری زمانی نیاز به تقسیم‌بندی داده‌ها به صورت مساوی و یا فاصله‌گذاری برابر بین داده‌ها دارند و حذف دو روز کامل از فعالیت مشکلاتی را در تعریف مدل ایجاد می‌نماید. به منظور رفع مسأله مربوط به عدم فعالیت بازار، یک مقیاس زمانی جدید مطرح شده که به صورت $\theta - time$ نشان داده می‌شود. این مقیاس زمانی معمولاً بر زمان کاری دلالت می‌نماید، زیرا قیمت‌های ثبت شده در طول یک هفته کاری منظم را منعکس می‌کند. با این وجود به تازگی مقیاس $\theta - time$ به دو دلیل مورد استفاده قرار نمی‌گیرد. اول اینکه، مطالعاتی که برآوردهای نوسان را با به کارگیری GARCH یک متغیره و با استفاده از مقیاس $\theta - time$ انجام داده‌اند، نتایج قانع‌کننده‌ای به دست نیاورده‌اند. دوم، هدف مقیاس $\theta - time$ رفع نمودن الگوهای فصلی انتخابی از داده‌ها می‌باشد. بنابراین، ممکن است بخشی از آنچه برای سنجش و اندازه‌گیری مورد نیاز است نیز حذف نماید.

الگوهای فصلی قدرتمندی به وسیله بیشتر ارزش‌ها ارائه شده‌اند که منظور نمودن داده برای آخر هفته این الگوهای فصلی را تشدید می‌نماید. به علت مشکلات ناشی از روش $\theta - time$ در محاسبات، در نظر نگرفتن قیمت‌های ثبت‌شده برای آخر هفته، عمومی‌ترین روش برای جلوگیری از این رویداد می‌باشد (Kormas, 1998).

طراحی سبد بهینه ارز برای ایران با استفاده از ... ۲۱۷

بر این مبنا، داده‌های جمع‌آوری شده و به دنبال آن تعداد کل بازده‌ها در نمونه مورد مطالعه، ۲۲۱۷ می‌باشد.

بازده ارز i در زمان $t+1$ به صورت $r_{i,t+1} = \log(p_{i,t+1}) - \log(p_{i,t})$ محاسبه می‌شود. به طوری که، $p_{i,t}$ نرخ ارز i در زمان t است. ویژگی‌های آماری برای بازده نرخ‌های USD/IRR، GBP/IRR، EUR/IRR و JPY/IRR را در جدول ۱ ارائه کرده‌ایم.

جدول ۱، بیان می‌کند که در طول دوره مورد بررسی، میانگین بازده برای همه ارزها تقریباً برابر صفر بوده است. همچنین، توزیع بازده‌های هر چهار ارز میزان کشیدگی را نشان می‌دهند که به طور قابل توجهی از کشیدگی توزیع نرمال بیشتر است. این امر بر لزوم استفاده از توزیع با دنباله کشیده (به عنوان مثال توزیع t) برای توصیف توزیع شرطی مجموعه بازده دلالت می‌کند. با توجه به مقدار چولگی می‌توان عدم تقارن را در توزیع بازده‌ها به وضوح مشاهده نمود. همچنین، آماره آزمون جارکو- برا که دو معیار چولگی و کشیدگی را برای آزمون فرضیه نرمال بودن توزیع بازدهی دارایی‌ها تلفیق می‌نماید، فرض نرمال بودن توزیع بازده‌های چهار ارز مورد نظر را رد می‌کند.

جدول ۱. توصیف آماری بازده‌های روزانه ارز

				ارز	ویژگی آماری
JPY/IRR	EUR/IRR	GBP/IRR	USD/IRR		
۰/۰۰۰۳۸	۰/۰۰۰۴۲	۰/۰۰۰۳۳	۰/۰۰۰۳۴		میانگین
۰/۰۳۹۲	۰/۰۳۹۱	۰/۰۳۹۱	۰/۰۳۹۰		انحراف معیار
۲/۳۱۱۹	۲/۲۴۵۴	۲/۲۵۴۴	۲/۲۳۳۱		چولگی
۳۱۲/۳۶۶	۳۱۲/۸۲۹	۳۱۲/۶۸۲	۳۱۴/۵۸۶		کشیدگی
۰/۷۳۴۸	۰/۷۳۲۳	۰/۷۳۲۸	۰/۷۳۱۲		حداکثر
-۰/۷۳۲۰	-۰/۷۳۱۹	-۰/۷۳۱۵	-۰/۷۳۱۲		حداقل
۸۹۷۴۴۵۴	۹۰۰۰۹۹۸	۸۹۹۲۵۸۲	۹۰۰۰۹۹۸		آماره آزمون جارکو- برا ^۱
(۰/۰۰۰۰)	(۰/۰۰۰۰)	(۰/۰۰۰۰)	(۰/۰۰۰۰)		
۸۱۳/۶۲	۸۱۶/۲۱	۸۴۱۵/۴۶	۸۲۱/۳۳		آماره Q برای آزمون
(۰/۰۰۰)	(۰/۰۰۰)	(۰/۰۰۰)	(۰/۰۰۰)		باکس- یونگ ^۲

مأخذ: محاسبات این پژوهش.

1. Jarque-Bera Test
2. Box-Ljung

به منظور ارائه عملکرد مؤثر مدل GARCH بر روی سری‌های بازده، لازم است تا بازده‌ها دارای خودهمبستگی معناداری باشند. به بیان دیگر، نوسان تنها زمانی می‌تواند به صورت یک فرایند خودرگرسیو ارائه شود، که خودهمبستگی معناداری در بین سری بازده‌ها مشاهده شود و این امر نیز با استفاده از آزمون باکس-یونگ امکان‌پذیر است. این آزمون آماره‌ای به نام Q را که دارای توزیع کای دو می‌باشد، به وجود می‌آورد. برای آزمون باکس-یونگ فرضیه صفر به صورت $H_0 = \rho_0 = \rho_1 = \dots = 0$ یعنی خودهمبسته نبودن بازده‌ها و فرضیه مقابل نیز خودهمبسته بودن بازده‌ها در نظر گرفته می‌شود.^۱ به طوری که جدول ۱ نشان می‌دهد برای بازده‌های تمام ارزها مقدار آماره Q با به کارگیری ۱۵ وقفه از مقدار بحرانی کای دو بیشتر بوده و بیانگر رد فرضیه صفر و حضور خودهمبستگی در سری بازده‌ها می‌باشد، حال آنکه فرضیه صفر نیز سفید نیز رد می‌شود.

۵. نتایج تجربی

تحلیل اقتصادسنجی ریسک، جزء جدانشدنی بهینه‌سازی پورتفولیو و مدیریت ریسک محسوب می‌شود.^۲ بر این اساس، در این قسمت نتایج حاصل از برآورد مدل‌های $GARCH(1,1)$ و همبستگی شرطی پویا برای ایجاد ترکیب بهینه‌ای از چهار ارز USD/IRR، GBP/IRR، EUR/IRR و JPY/IRR ارائه می‌شود.

در محاسبات مربوط به تشکیل سبد بهینه، به علت نبود دسترسی به مقدار دقیق درآمدهای ارزی که توسط دولت صرف سرمایه‌گذاری می‌شود، سرمایه اولیه به طور فرضی یک میلیارد ریال و همچنین نرخ بهره بدون ریسک سالانه ۱۰ درصد منظور شده است.

۵-۱. نتایج حاصل از مدل $GARCH(1,1)$

$GARCH(1,1)$ ساده‌ترین و رایج‌ترین مدل از خانواده تکنیک‌های مدل‌سازی نوسان یا بی‌ثباتی است. مدل‌های GARCH در محدوده وسیعی از تحلیل‌های سری زمانی به کار برده شده‌اند، اما همواره کاربرد آنها در بخش مالی موفق‌تر عمل نموده است.^۳

1. Soni, (2005)

2. Engle, (2001)

3. Engle, (2001)

به منظور مدل سازی لگاریتم تغییر نسبی (بازده) نرخ های ارز، نخست از مدل خودرگرسیون ساده استفاده کرده ایم. سپس، بازده های ارز را به منظور بررسی وجود خودهمبستگی بین مربع باقی مانده ها یا اثر ARCH در داده ها تحت آزمون ضریب لاگرانژ^۱ انگل قرار داده ایم. آماره آزمون انگل که خودهمبستگی بین جملات اختلال را از طریق برآورد یک مدل خودرگرسیونی برای مربع آنها و آزمون معناداری این رگرسیون بررسی می نماید، TR^2 با توزیع کای-دو است. نتایج این آزمون که در جدول ۲ بیان شده، واریانس ناهمسانی یا اثر ARCH را باقی مانده های مدل خودرگرسیونی ساده به وضوح نشان می دهد. پس از استفاده از مدل $GARCH(1,1)$ با در نظر گرفتن توزیع های نرمال و t برای بازده های ارز، اثر ARCH به طور کامل از مدل حذف شده است.

جدول ۲. نتایج آزمون LM انگل برای بررسی وجود اثر ARCH در باقیمانده ها

پورتفولیو	JPY/IRR	EUR/IRR	GBP/IRR	USD/IRR	آزمون LM	
۴۷۶/۰۱۲۵	۴۷۲/۹۲۸۳	۴۷۷/۰۳۹۹	۴۷۶/۷۵۵۳	۴۸۷/۲۷۴۷	آماره TR^2	پیش از برآورد
۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	سطح معناداری	$GARCH(1,1)$
۰/۴۰۶۶	۰/۳۵۴۴	۰/۴۲۴۳	۰/۴۹۴۰	۰/۴۹۰۲	آماره TR^2	توزیع
۱/۰۰۰۰	۱/۰۰۰۰	۱/۰۰۰۰	۱/۰۰۰۰	۱/۰۰۰۰	سطح معناداری	نرمال
۰/۰۱۶۴	۰/۰۳۸۷	۲/۵۹۳۳	۰/۰۱۵۵	۰/۰۱۵۵	آماره TR^2	پس از برآورد
۱/۰۰۰۰	۱/۰۰۰۰	۰/۹۹۹۸	۱/۰۰۰۰	۱/۰۰۰۰	سطح معناداری	$GARCH(1,1)$
					توزیع t	

مأخذ: محاسبات این پژوهش.

پارامترهای مدل $GARCH$ تک متغیره با استفاده از روش حداکثر درستنمایی^۲ برآورد شده اند. نتایج برآورد مدل $GARCH(1,1)$ برای بازده های این چهار ارز و پورتفولیوی معیار، با فرض توزیع نرمال را در جدول ۳ و با در نظر گرفتن توزیع t را در جدول ۴، ارائه کرده ایم. μ_p و ρ_p ضرایب مربوط به معادله میانگین شرطی و پیش بینی بازده های ارز هستند. α_0 ، α و β

1. Lagrange Multiplier Test

2. Maximum Likelihood

پارامترهای رابطه واریانس شرطی می‌باشند و در پیش‌بینی نوسان به عنوان عنصر تعیین‌کننده در محاسبه ریسک سبد دارایی، به کار می‌روند.

جدول ۳ معنادار نبودن ضرایب مربوط به معادله میانگین را با در نظر گرفتن توزیع نرمال برای بازده‌های ارز و پورتفولیوی مبنا، نشان می‌دهد. در این حالت می‌توان تعداد وقعه را در فرایند AR کاهش داد. در حالی که، با توجه به جدول ۴ می‌توان دریافت، فرض توزیع t برای بازده‌ها نتایج بهتری را در برآورد پارامترهای مدل $GARCH(1,1)$ به منظور پیش‌بینی بازده و نوسان ارزهای معرفی شده و پورتفولیوی معیار تشکیل شده از آنها ارائه می‌دهد. به طوری که تمام پارامترهای برآورد شده (به استثنای عرض از مبدأ معادله میانگین برای JPY/IRR) معنادار هستند.

جدول ۳. نتایج برآورد مدل $GARCH(1,1)$ با فرض توزیع نرمال

پورتفولیو	JPY/IRR	EUR/IRR	GBP/IRR	USD/IRR	
۰/۰۰۰۹	۰/۰۰۰۸	۰/۰۰۰۸	۰/۰۰۱۲	۰/۰۰۰۷	μ_p
(۰/۶۲۶۸)	(۰/۳۴۳۲)	(۰/۵۲۵۱)	(۰/۶۴۸۵)	(۰/۸۳۶۹)	
-۰/۱۶۲۶	-۰/۰۹۹۳	-۰/۰۷۰۸	۰/۱۱۳۴	-۰/۱۸۲۷	ρ_p
(۰/۳۴۲۵)	(۰/۵۰۳۰)	(۰/۶۵۶۲)	(۰/۴۸۵۸)	(۰/۴۰۴۲)	
۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۲	α_o
(۰/۰۰۰۰)	(۰/۰۰۰۰)	(۰/۰۰۰۰)	(۰/۰۰۰۰)	(۰/۰۰۰۰)	
۰/۲۴۳۴	۰/۲۱۹۹	۰/۲۴۱۵	۰/۲۴۱۵	۰/۳۴۳۰	α
(۰/۰۱۲۱)	(۰/۰۰۴۳)	(۰/۰۰۷۲)	(۰/۰۰۸۲)	(۰/۰۴۴۴)	
۰/۵۶۳۰	۰/۵۶۷۲	۰/۵۵۱۴	۰/۵۵۲۹	۰/۵۱۹۳	β
(۰/۰۰۰۰)	(۰/۰۰۰۰)	(۰/۰۰۰۰)	(۰/۰۰۰۰)	(۰/۰۰۰۰)	

مأخذ: محاسبات این پژوهش.

پس از برآورد پارامترهای مدل $GARCH(1,1)$ ، ارزش در معرض ریسک بر مبنای این مدل را با در نظر گرفتن هر دو فرض توزیع نرمال و t در سطح اطمینان ۹۵ درصد ($\alpha = 5\%$) محاسبه می‌کنیم. بدین منظور، دوره خارج از نمونه برای پیش‌بینی، ۳۰ روز کاری پایان سال ۲۰۰۸ را در نظر گرفته‌ایم. به دلیل وجود اثر ARCH در بازده‌های پورتفولیویی که با وزن ثابت به عنوان معیار تلقی شده، از میانگین و انحراف معیار شرطی محاسبه شده به وسیله مدل $GARCH(1,1)$ برای به دست آوردن ارزش در معرض ریسک آن استفاده می‌کنیم.

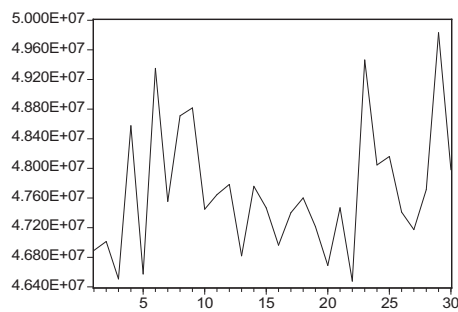
جدول ۴. نتایج برآورد مدل $GARCH(1,1)$ با فرض توزیع t

پورتفولیو	JPY/IRR	EUR/IRR	GBP/IRR	USD/IRR	
۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰	μ_p
(۰/۰۵۲۵)	(۰/۸۲۵۵)	(۰/۰۱۳۷)	(۰/۰۲۰۶)	(۰/۰۰۱۶)	
۰/۱۲۶۱	-۰/۰۸۴۷	-۰/۰۸۸۴	-۰/۰۷۰۶	۰/۲۸۶۳	ρ_p
(۰/۰۰۰۰)	(۰/۰۰۰۰)	(۰/۰۰۰۰)	(۰/۰۰۱۳)	(۰/۰۰۰۰)	
۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	α_0
(۰/۰۰۰۰)	(۰/۰۰۰۰)	(۰/۰۰۰۰)	(۰/۰۰۰۰)	(۰/۰۰۹۲)	
۰/۳۰۳۱	۰/۲۲۰۵	۰/۲۸۹۵	۰/۳۸۰۸	۰/۰۵۲۷	α
(۰/۰۰۰۰)	۰/۰۰۰۲	(۰/۰۰۰۰)	(۰/۰۰۰۰)	(۰/۰۰۹۲)	
۰/۰۷۲۴	۰/۰۰۵۶	۰/۱۶۸۴	۰/۱۲۱۵	۰/۳۳۶۰	β
(۰/۰۰۱۶)	(۰/۰۵۳۸)	(۰/۰۰۰۰)	(۰/۰۰۰۰)	(۰/۰۰۰۰)	

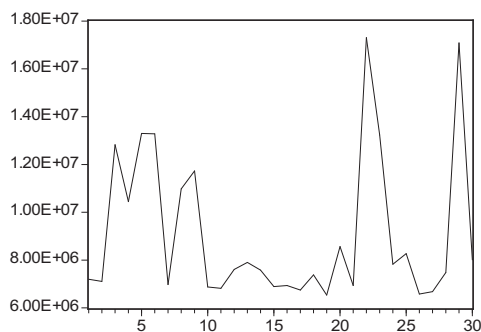
مأخذ: محاسبات این پژوهش.

ارزش در معرض ریسک حاصل از مدل سازی بر مبنای توزیع پارامتریک بازده های پورتفولیو برای توزیع های نرمال و t را در نمودارهای ۱ و ۲ به تصویر کشیده ایم. همان طور که مشاهده می شود، توزیع نرمال در سطح ۵ درصد ارزش در معرض ریسک های بزرگ تری را نسبت به توزیع t ایجاد نموده است.

نمودار ۱. پیش بینی ارزش در معرض ریسک از طریق مدل $N-GARCH(1,1)$ (ریال)



نمودار ۲. پیش‌بینی ارزش در معرض ریسک از طریق مدل $t-GARCH(1,1)$ (ریال)



۲-۵. نتایج حاصل از مدل GARCH چند متغیره همبستگی شرطی پویا

برآورد مدل GARCH چند متغیره همبستگی شرطی پویا در یک فرآیند دو مرحله‌ای به منظور برآورد پارامترهای پیش‌بینی بازده ارزش‌های مورد نظر و ضرایب ماتریس واریانس-کوواریانس شرطی با استفاده از روش حداکثر درستنمایی صورت می‌گیرد. با این توصیف، جدول ۵ نتایج مرحله اول برآورد مدل GARCH همبستگی شرطی پویا که پارامترهای مربوط به پیش‌بینی بازده شامل μ_i و ρ_i و همچنین، ماتریس قطری انحراف معیارهای شرطی شامل ω_i ، α_i و β_i را با در نظر گرفتن توزیع‌های نرمال و t برآورد می‌نماید، نشان می‌دهد. مقادیر آماره t در جدول ۵ بیان می‌نماید که با در نظر گرفتن هر دو توزیع آماری نرمال و t ، تمام پارامترها بجز ضرایب ثابت پیش‌بینی بازده برای دلار آمریکا و ین ژاپن، معنادار هستند.

در مرحله دوم، پارامترهای ماتریس همبستگی شرطی Λ_t برآورد می‌شوند. نتایج گام دوم اجرای مدل GARCH چند متغیره همبستگی شرطی پویا را در جدول ۶ ارائه کرده‌ایم. ضرایب P_{ij} به دست آمده، پارامترهای ماتریس همبستگی ثابت متقارن با عناصر قطری واحد را ارائه می‌دهند. توجه به مقادیر آماره‌ی t در پرانتزها، معناداری آماری همه ضرایب همبستگی را آشکار می‌نماید. θ_1 و θ_2 نیز که ضرایب بهنگام‌سازی ماتریس همبستگی شرطی هستند، برای هر دو توزیع معنادار شده‌اند و شرط $\theta_1 + \theta_2 \leq 1$ نیز در مورد آنها صادق است.

پس از برآورد پارامترهایی که برای پیش‌بینی بازده‌های ارزش به کار گرفته می‌شوند و همچنین، برآورد ضرایب مربوط به ماتریس واریانس-کوواریانس، ارزش در معرض ریسک پورتفولیوی ارزش را با استفاده از روابط ۲۶ تا ۲۸، محاسبه می‌کنیم. ارزش در معرض ریسک خارج از نمونه

برآوردشده توسط مدل GARCH چند متغیره با در نظر گرفتن توزیع‌های نرمال و t را در نمودارهای ۳ و ۴ به نمایش گذاشته‌ایم. توجه به این نمودارها، تفاوت در مقادیر ارزش در معرض ریسک به دست آمده از دو توزیع متفاوت را نشان می‌دهد. بر خلاف مدل $GARCH(1,1)$ ، ارزش در معرض ریسک با استفاده از توزیع t برای ۳۰ روز خارج از نمونه بزرگ‌تر از مقادیر توزیع نرمال به دست آمده است.

جدول ۵. نتایج برآورد مدل GARCH چند متغیره DCC برای ماتریس D_t

توزیع نرمال				توزیع t			
JPY/IRR	EUR/IRR	GBP/IRR	USD/IRR	JPY/IRR	EUR/IRR	GBP/IRR	USD/IRR
۰/۰۰۰۷۴۶	۰/۰۰۰۹۷۸	۰/۰۰۰۲۰۱	۰/۰۰۰۵۵۹	۰/۰۰۰۶۹۵	۰/۰۰۰۹۰۲	۰/۰۰۰۹۳۷	۰/۰۰۰۵۶۰
(۰/۱۶۰۱)	(۰/۰۰۰۰)	(۰/۰۰۰۰)	(۰/۱۳۶۷)	(۰/۱۶۰۸)	(۰/۰۰۰۰)	(۰/۰۰۰۰)	(۰/۱۳۶۴)
-۰/۰۹۰۰۱۷	-۰/۲۱۵۰۰۸	-۰/۱۴۶۵۲۲	-۰/۲۲۸۴۴۶	-۰/۰۹۴۰۰۴	-۰/۲۵۱۰۰۰	-۰/۱۰۰۰۰۳	-۰/۲۲۸۷۰۴
(۰/۰۵۰۰)	(۰/۰۰۰۰)	(۰/۰۰۰۰)	(۰/۰۰۰۰)	(۰/۰۵۱۰)	(۰/۰۰۰۰)	(۰/۰۰۰۰)	(۰/۰۱۸۹)
۰/۰۰۵۳۵۸	۰/۰۰۰۴۰۳	۰/۰۰۰۹۷۵۵	۰/۰۰۰۷۸۸۵	۰/۰۰۵۴۶۸	۰/۰۰۰۴۸۵	۰/۰۰۰۹۷۶۹	۰/۰۰۰۷۹۹۴
(۰/۰۱۳۳)	(۰/۰۰۰۰)	(۰/۰۰۰۰)	(۰/۰۱۴۳)	(۰/۰۱۵۱)	(۰/۰۰۰۰)	(۰/۰۰۰۰)	(۰/۰۰۰۰)
۰/۲۰۳۶۹۸	۰/۱۷۷۲۷۵	۰/۴۰۴۹۴۶	۰/۲۷۸۶۴۴	۰/۲۳۳۸۱۸	۰/۳۸۴۹۳۲	۰/۴۰۵۰۶۴	۰/۲۸۸۸۰۸
(۰/۰۰۵۳)	(۰/۰۰۰۰)	(۰/۰۰۰۰)	(۰/۰۰۵۰)	(۰/۰۰۵۳)	(۰/۰۰۰۰)	(۰/۰۰۰۰)	(۰/۰۰۵۵)
۰/۵۵۴۱۶۶	۰/۶۶۳۹۴۰	۰/۳۳۴۵۶۲	۰/۵۵۱۴۴۵	۰/۵۵۴۱۳۲	۰/۱۰۴۲۴۱	۰/۳۶۳۵۴۴	۰/۵۴۱۴۳۴
(۰/۰۰۰۰)	(۰/۰۰۰۰)	(۰/۰۰۰۰)	(۰/۰۰۰۰)	(۰/۰۰۰۰)	(۰/۰۰۰۰)	(۰/۰۰۰۰)	(۰/۰۰۰۰)

مأخذ: محاسبات این پژوهش.

۳-۵. پیش‌بینی وزن‌های بهینه برای سبد ارز و مقایسه مدل‌های مورد استفاده

در مرحله آخر برای به دست آوردن یک ترکیب بهینه از چهار ارز USD/IRR، GBP/IRR، EUR/IRR و JPY/IRR لازم است تا بازده مورد انتظار پورتفولیو با در نظر گرفتن محدودیت ارزش در معرض ریسک محاسبه شده، حداکثر شود. به دلیل وجود اثر ARCH در باقیمانده‌های حاصل از برآورد مدل خودرگرسیون ساده، بازده‌ها و نوسانات هر کدام از ارزها نیز مانند پورتفولیوی مبنا، توسط مدل‌های $GARCH(1,1)$ و GARCH چند متغیره همبستگی شرطی پویا پیش‌بینی و طی فرآیند بهینه‌سازی، وزن‌های بهینه برای هر روز کاری از ۳۰ روز مورد نظر محاسبه

می‌شود. جدول ۷، میانگین وزن‌های بهینه برای پورتفولیوی متشکل از چهار ارز نامبرده که بازده مورد انتظار آن را با محدودیت ارزش در معرض ریسک حداکثر می‌کند، نشان می‌دهد.

جدول ۶. نتایج برآورد مدل GARCH چند متغیره DCC برای ماتریس Λ_t

توزیع نرمال	توزیع t	
۰/۹۷۷۷۷۱	۰/۹۷۱۴۶۹	$P_{۲۱}$
(۰/۰۰۰۰)	(۰/۰۰۰۰)	
۰/۶۶۸۸۵۷	۰/۱۴۲۱۳۳	$P_{۳۱}$
(۰/۰۰۰۰)	(۰/۰۰۰۰)	
۰/۹۹۰۵۹۵	۰/۹۹۸۵۰۵	$P_{۴۱}$
(۰/۰۰۰۰)	(۰/۰۰۰۰)	
۰/۷۱۱۳۷۵	۰/۲۳۸۴۸۴	$P_{۳۲}$
(۰/۰۰۰۰)	(۰/۰۰۰۰)	
۰/۹۷۵۰۳۷	۰/۹۶۳۴۸۴	$P_{۴۲}$
(۰/۰۰۰۰)	(۰/۰۰۰۰)	
۰/۶۷۹۷۵۴	۰/۱۶۳۱۷۶	$P_{۴۳}$
(۰/۰۰۰۰)	(۰/۰۰۰۰)	
۰/۰۰۰۰۱۵	۰/۰۰۰۹۴۳	θ_1
(۰/۰۰۹۱)	(۰/۰۰۰۰)	
۰/۵۵۱۴۹۳	۰/۹۹۷۲۴۲	θ_2
(۰/۰۰۶۷)	(۰/۰۰۰۰)	
-	۳/۱۹۵۷۹۲	درجه
-	(۰/۰۰۰۰)	آزادی t

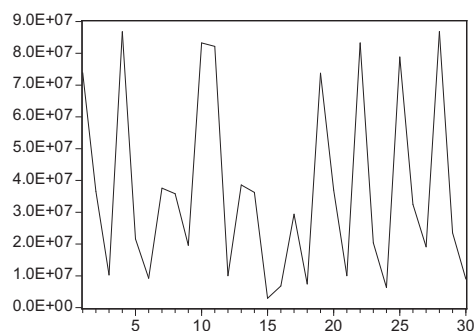
مأخذ: محاسبات این پژوهش.

بر خلاف دیدگاه رومبوتس و وریبیک (۲۰۰۴) که وزن‌های بهینه به دست آمده با استفاده از فروض مختلف توزیعی را کاملاً مشابه بیان نموده‌اند، نتایج جدول ۷، وزن‌های متفاوتی را برای دو فرض توزیعی مورد بررسی برای هر دو مدل کاربردی ارائه کرده است. همان‌گونه که جدول ۷ نشان می‌دهد هر دو مدل تک متغیره و چند متغیره، کمترین میزان سرمایه را در دوره زمانی مورد نظر به JPY/IRR اختصاص داده‌اند. اما بیشترین مقدار سرمایه گذاری با استفاده از روش

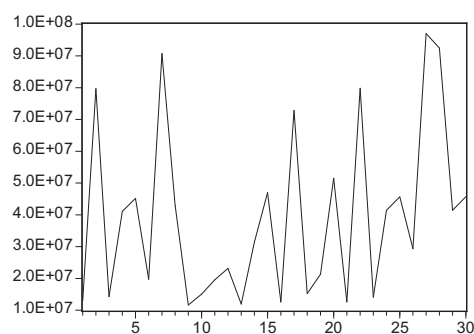
طراحی سبد بهینه ارز برای ایران با استفاده از ... ۲۲۵

GARCH تک متغیره مربوط به GBP/IRR و با به کارگیری مدل GARCH چند متغیره همبستگی شرطی پویا مربوط به EUR/IRR است. در مجموع، نتایج این دو روش برای پیش‌بینی وزن‌ها طی ۳۰ روز خارج از نمونه، با هم متفاوت بوده است.

نمودار ۳. پیش‌بینی ارزش در معرض ریسک از طریق مدل N-MGARCH (ریال)



نمودار ۴. پیش‌بینی ارزش در معرض ریسک از طریق مدل t-MGARCH (ریال)



جدول ۷. میانگین وزن‌های به دست آمده برای سبد بهینه در ۳۰ روز خارج از نمونه

JPY/IRR	EUR/IRR	GBP/IRR	USD/IRR	
۱۰ درصد	۱۳ درصد	۶۷ درصد	۱۰ درصد	$N - GARCH(1,1)$
۱۳ درصد	۲۴ درصد	۳۳ درصد	۳۰ درصد	$t - GARCH(1,1)$
۷ درصد	۶۲ درصد	۲۲ درصد	۹ درصد	N-MGARCH
۳ درصد	۷۵ درصد	۱۰ درصد	۱۲ درصد	t-MGARCH

مأخذ: محاسبات این پژوهش.

این موضوع، انتخاب یک مدل را برای سرمایه‌گذاری درآمدهای ارزی کشور، به امری اجتناب‌ناپذیر تبدیل می‌نماید. بر این اساس، لازم است تا بهترین مدل از لحاظ دقت و کیفیت، توسط سرمایه‌گذار برای انتخاب سبد بهینه ارز پذیرفته شود. بنابراین، در ادامه نتایج آزمون بازخورد نرخ شکست کوپیک، به منظور ارزیابی روش‌های مورد استفاده و برگزیدن کاراترین مدل برای تخصیص وزن‌های بهینه‌ی ارز، بیان می‌شود.

جدول ۸ مقادیر نرخ شکست، آماره LR آزمون کوپیک و نتیجه این آزمون را به تفکیک مدل‌های مورد استفاده در برآورد ارزش در معرض ریسک سبد ارزی طی ۳۰ روز کاری بیان می‌کند. بر اساس آزمون نرخ شکست کوپیک، فرضیه صفر مبنی بر برابری نرخ شکست محاسبه شده و سطح اطمینان مورد نظر ($H_0: \hat{\alpha} = \alpha$)، در صورتی مورد قبول قرار می‌گیرد که مقدار آماره LR از ارزش بحرانی توزیع χ^2 با درجه آزادی ۱ کمتر باشد. اگر آماره LR به دست آمده از ارزش بحرانی χ^2 تجاوز نماید، فرضیه صفر رد می‌شود و این امر دلیل بر عدم کارایی مدل به کاررفته در برآورد ارزش در معرض ریسک است. به طور ساده می‌توان بیان نمود که اگر نرخ شکست از سطح اطمینان انتخاب شده کمتر باشد، سیستم ریسک را با کیفیت بالایی برآورد کرده است. برعکس، استثنائات خیلی زیاد، برآورد با کیفیت پایین ریسک را نشان می‌دهد.^۱

جدول ۸. مقایسه ارزش در معرض ریسک محاسبه شده برای ۳۰ روز خارج از نمونه با استفاده از آزمون کوپیک

نتیجه آزمون	مقدار بحرانی $\chi^2(1)$	آماره LR کوپیک	نرخ شکست	تعداد خطا	α	مدل
قبول	۳/۸۴۱	۰/۱۹۸	٪۳/۳۳	۱	٪۵	$N - GARCH(1,1)$
قبول	۳/۸۴۱	۱/۲۳۹	٪۱۰	۳	٪۵	$t - GARCH(1,1)$
-	-	-	۰	۰	٪۵	N-MGARCH
-	-	-	۰	۰	٪۵	t-MGARCH

مأخذ: محاسبات این پژوهش.

مقادیر نشان داده شده در جدول ۸، قابل قبول بودن نتایج این مدل‌ها را اثبات می‌نماید. با این وجود، مدل MGARCH یا GARCH چند متغیره با در نظر گرفتن هر دو توزیع نرمال و t از وضعیت بهتری در پیش‌بینی برخوردار است. زیرا تمام پیش‌بینی‌های مورد نیاز در تخصیص سبد بهینه ارز را بدون خطا انجام داده است. بر این اساس، مدل GARCH چند متغیره همبستگی شرطی پویا می‌تواند چارچوبی قابل اعتماد برای سرمایه‌گذاری ریسکی بهینه در ارز، حتی برای سرمایه‌گذاران ریسک‌گریز^۱ به شمار آید.

۶. جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

برنامه‌ریزی به منظور مدیریت درآمدهای ارزی که به سرمایه‌گذاری اختصاص می‌یابند از اهمیت به‌سزایی برخوردار است. زیرا با تشکیل ترکیبی بهینه از ارزهای رایج و پر قدرت که به طور روزانه تعدیل می‌شود، نه تنها می‌توان سود ناشی از سرمایه‌گذاری این مبالغ را حداکثر نمود، بلکه امکان کاهش ریسک در نگهداری آن نیز افزایش می‌یابد. بر این اساس، در این پژوهش، چارچوبی را برای دستیابی به وزن‌های بهینه پورتفولیوی ارز، با استفاده از محاسبات دقیق اقتصادسنجی و پرکاربردترین معیار اندازه‌گیری ریسک دارایی‌های مالی یعنی ارزش در معرض ریسک ارائه کرده‌ایم. به علت اینکه واریانس ناهمسانی شوک‌های بازدهی یکی از دو ویژگی مهم داده‌های مالی به ویژه بازده‌های ارز به شمار می‌آید، برای برآورد بازده‌ها و نوسانات آنها مدل‌های تک متغیره و چند متغیره GARCH را به کار برده‌ایم. همچنین به دلیل ویژگی دیگر بازده‌های مالی که دنباله کشیده‌تر از توزیع نرمال دارد، در کنار توزیع نرمال برای برآورد این مدل‌ها و محاسبه ارزش در معرض ریسک، از توزیع t نیز استفاده کرده‌ایم. پس از پیش‌بینی بازده‌های مورد انتظار و ارزش در معرض ریسک سبد ارز برای ۳۰ روز خارج از نمونه، وزن‌های بهینه را از طریق حداکثر کردن بازده مورد انتظار تحت فرایند تخصیص سبد بهینه، محاسبه کرده‌ایم.

نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که مدل‌های مختلف با در نظر گرفتن فروض و مقدمات غیرمشابه، پیش‌بینی‌های متفاوتی را از بازده مورد انتظار و ارزش در معرض ریسک و به دنبال آن وزن‌های بهینه سبد ارز به وجود آورده‌اند. بنابراین، برای دستیابی به مناسب‌ترین مدل به عنوان چارچوبی برای پیش‌بینی‌های لازم، نتایج شیوه‌های کاربردی را با به کارگیری آزمون بازخور نرخ شکست مورد ارزیابی قرار داده‌ایم. نتایج آزمون بازخور، روش GARCH چند متغیره همبستگی

۲۲۸ فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی ایران سال پانزدهم شماره ۴۴

شرطی پویا را به دلیل در نظر گرفتن تمام جوانب در پیش‌بینی بازده و نوسان و عدم خطا در انجام پیش‌بینی‌های مورد نیاز در تخصیص سبد بهینه را به عنوان کارا ترین مدل برای انتخاب سبد بهینه ارز در دوره مورد بررسی معرفی نموده است.

منابع

الف- فارسی

ابراهیمی، علیرضا (۱۳۸۵)، «مدل‌های ARCH و GARCH و کاربردهای آنها در تحلیل داده‌های اقتصادی»، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه اصفهان، دانشکده علوم.

ب- انگلیسی

- Bauwens, L., S. Laurent and J.V.K. Rombouts (2006a), "Multivariate GARCH Models: A Survey", *Journal of Applied Econometrics*, vol. (21), pp. 79-109.
- Bauwens, L., W.B. Omrane and E. Rengifo (2006b), "Intra-Daily FX Optimal Portfolio Allocation", CORE Discussion Paper (2006/10).
- Bollerslev, T. (1986), "Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity", *Journal of Econometrics*, vol. 31(3), pp. 307-327.
- Campbell, R., R. Huisman and K. Koedijk (2001), "Optimal Portfolio Selection in a Value-at-Risk Framework", *Journal of Banking and Finance*, vol. (25), pp. 1789-1804.
- Canales-Kriljenko, J. I. (2004), "Foreign Exchange Market Organization in Selected Developing and Transition Economies: Evidence from a Survey", IMF Working Paper.
- David, O. (2008), "The Forex Market - An Alternative to the Stock Market. Asociatia Generala a Economistilor din Romania (AGER), Theoretical and Applied Economics", pp. 55-60.
- Engle, R. (2001), "GARCH 101: The Use of ARCH/GARCH Models in Applied Econometrics", *Journal of Economic Perspectives*, vol. 15(4), pp. 157-168.
- Foreign Exchange Services (ozforex.com.au)
- Hopper, G. P. (1997), "What Determines the Exchange Rate: Economic Factors or Market Sentiment?", *Business Review*, Federal Reserve Bank of Philadelphia, pp. 17-29.
- Kormas, G. (1998), "Daily and Intradaily Stochastic Covariance: Value at Risk Estimates for the Foreign Exchange Market", Master Thesis, Concordia University, Faculty of Commerce and Administration.
- Linsmeier, T. J. and N.D. Pearson (1996), "Risk Measurement: An Introduction to Value at Risk", *Working Paper*, University of Illinois at Urbana- Champaign.
- Markowitz, H. (1952), "Portfolio Selection", *The Journal of Finance*, vol. 7(1), pp. 77-91.
- Nieppola, O. (2009), "Backtesting Value-at-Risk Models", Master Thesis in Economics, Helsinki School of Economics.

- Nwaobi, G. (2008), "Modelling the World Exchange Rates: Dynamics, Volatility and Forecasting", MPRA Paper(6958), pp. 1-103.
- Puelz, A. v. (1999), "Value-at-Risk Based Portfolio Optimization", Working Paper, Southern Methodist University.
- Qian, E. Y., Y. Feng and J. Higgision (2005), "A Dynamic Decision Model for Portfolio Investment and Assets Management", *Journal of Zhejiang University Science*, vol. (6A), pp. 163-171.
- Rengifo, E. W. and J.V.K. Rombouts (2004), "Dynamic Optimal Portfolio Selection in a VaR Framework", CORE Discussion Paper (2004/57).
- Rombouts, J. V. K. and M. Verbeek (2004), "Evaluating Portfolio Value-at-Risk Using Semi-Parametric GARCH Models", *Cahier De Recherche Working Paper* (IEA-04-14), pp. 1-30.
- Shachmurove, Y. (2000), "Optimal Portfolio Analysis for the Czech Republic, Hungary and Poland During 1994- 1995 Period", CARESS Working Paper (00-12).
- Silvennoinen, A. and T. Teräsvirta (2008), "Multivariate GARCH Models", SSE/EFI Working Paper Series in Economics and Finance (669), pp. 1-25.
- Simons, K. (1996), "Value at Risk- New Approaches to Risk Management", *New England Economic Review*, pp. 3- 13.
- SITPRO. (2007), "The Foreign Exchange Market", *International Trade Guides*.
- Soni, V. (2005), "A Comparison of Value-at-Risk Methods for Portfolios Consisting of Interest Rate Swaps in the Indian Market under the GARCH Framework", *Credence Analytics (I) Pvt. Ltd.*, pp. 1-46.
- Thapar, R. (2006), "Volatility and Value at Risk Modeling Using Univariate GARCH Models", Master thesis, Stockholm School of Economics, Faculty of Finance.
- Tse, Y. K. and A.K.C. Tsui (2000), "A Multivariate GARCH Model with Time-Varying Correlations. Working Paper, National University of Singapore", Department of Economics, pp. 1-29.