تاریخ دریافت ۹۱/۰۲/۲۴	**فصلنامه راهبرد مدیریت مالی**	سال اول ، شماره ۱
تاریخ تصویب ۹۲/۰۵/۲۳	دانشکده علوم اجتماعی و اقتصادی	تابستان ۱۳۹۲

برآورد ارزش در معرض ریسک با استفاده از مدل ترکیبی ماشین بردار پشتیبان و گارچ

سعید فلاح پو[۱]، ملیحه طبسی[۲]

چکیده

یکی از حوزه های اصلی مدیریت مالی، مدیریت ریسک می‌باشد. منظور از مدیریت ریسک، شناسایی، اندازه گیری و نظارت بر ریسک است. بنابراین اندازه گیری ریسک از جایگاه ویژه‌ای در مدیریت ریسک برخوردار است . از جمله روش‌های شناخته شده و پرکاربرد اندازه گیری ریسک، محاسبه ارزش در معرض ریسک می‌باشد که موضوع اصلی این پژوهش است.

در این پژوهش با استفاده از مدل ترکیبی ماشین بردار پشتیبان و گارچ به پیش بینی نوسانات شاخص کل و شاخص پنجاه شرکت فعال پرداخته شده و سپس با روش واریانس-کواریانس ارزش در معرض ریسک برآورد شده است و عملکر د آن با استفاده از پس آزمون لوپز و پس‌آزمون مبتنی بر ریزش مورد انتظار، با برخی از مدل‌های سنتی چون ریسک متریک، گارچ و ای‌گارچ مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که مدل ترکیبی نسبت به سایر مدل‌های مورد استفاده در این پژوهش، از عملکرد بهتری برخوردار است.

واژه‌های کلیدی : نوسان‌پذیری، ارزش در معرض ریسک، ماشین بردار پشتیبان

طبقه‌بندی موضوعی: G32 , G17, C58, C44

۱.استادیار دانشکده مدیریت دانشگاه تهران، ایران

۲.دانشجوی‌کارشناسی‌ارشد مدیریت مالی دانشگاه تهران، (مسئول مکاتبات) malihe.tabasi@gmail.com

تاریخ دریافت ۹۱/۰۲/۲۴	فصلنامه راهبرد مدیریت مالی	سال اول ، شماره ۱
تاریخ تصویب ۹۲/۰۵/۲۳	دانشکده علوم اجتماعی و اقتصادی	تابستان ۱۳۹۲

مقدمه

بروز بحران‌های مالی، اهمیت مدیریت ریسک و یافتن مدلی مناسب برای اندازه گیری ریسک را بیش از پیش آشکار می کند. تا کنون معیارهای گوناگونی برای اندازه‌گیری و مدیریت ریسک معرفی شده‌اند و در یک دسته بندی کلی که توسط بسیس در سال ۱۹۹۸ صورت گرفت. می‌توان آنها را به طورکلی به سه دسته معیارهای حساسیت، نوسان و معیار ریسک نامطلوب تقسیم‌بندی کرد. معیار ارزش در معرض ریسک از جمله معیا رهای اندازه گیری ریسک نامطلوب محسوب می شودکه اولین بار به طور رسمی در سال ۱۹۹۳ توسط موسسه جی‌پی‌مورگان معرفی شد[۲].

هدف از این پژوهش، بررسی عملکرد مدل‌های گارچ(۱و۱)، ای‌گارچ(۱و۱)، ریسک‌متریک و مدل ترکیبی ماشین بردار پشتیبان و گارچ در محاسبه ارزش درمعرض ریسک یک روزه در یک بازه زمانی ۱۰ ساله برای شاخص کل و شاخص پنجاه شرکت فعال بورس اوراق بهادارتهران می باشد. در این پژوهش برای مقایسه مدل‌ها از پس‌آزمون لوپز و پس‌آزمون مبتنی بر ریزش مورد انتظار استفاده شده است. براساس فرضیه پژوهش، مدل ترکیبی عملکرد بهتری در برآورد ارزش در معرض ریسک نسبت به سایر مدل‌ها خواهد داشت. کارهای پژوهشی قبل از این با استفاده از روش‌های اقتصادسنجی و شبکه عصبی به پیش بینی نوسان‌پذیری و ارزش در معرض ریسک پرداخته‌اند اما در این پژوهش قصد داریم برای اولین بار با استفاده از ماشین بردار پشتیبان به برآورد ارزش در معرض ریسک بپردازیم.

در بخش دوم،مبانی نظری، در بخش سوم، پیشینه پژوهش، در بخش چهارم، روش پژوهش، در بخش پنجم، روش‌های ارزیابی مدل‌های پژوهش، در بخش ششم، یافته‌های پژوهش و در بخش آخر، نتیجه‌گیری آورده خواهد شد.

مبانی نظری

ارزش در معرض ریسک بیشترین ضرر و زیان وارده بر یک دارایی یا مجموعه‌ای از دارایی (پرتفوی) را با یک سطح اطمینان مشخص و در یک فاصله زمانی معین تعیین می‌کند. برای مثال فرض

تاریخ دریافت ۹۱/۰۲/۲۴	فصلنامه راهبرد مدیریت مالی	سال اول ، شماره ۱
تاریخ تصویب ۹۲/۰۵/۲۳	دانشکده علوم اجتماعی و اقتصادی	تابستان ۱۳۹۲

کنید پرتفوی مورد نظر دارای ارزش ۳۰۰ میلیارد ریال و ارزش در معرض ریسک ، برآوردی با سطح اطمینان ۹۵٪ برابر با ۵ میلیارد ریال باشد. یعنی تنها در ۵ روز از ۱۰۰ روز، زیان ما بیشتر از ۵ میلیارد ریال خواهد بود[۷].

روش‌های گوناگونی برای پیاده‌سازی مفهوم ارزش در معرض ریسک طراحی شده است . رویکرد پارامتریک و ناپارامتریک از جمله رویکردهای مشهور برآورد ارزش در معرض ریسک می باشد؛ اما روش ترکیبی از جمله روش‌هایی است که اخیرا بسیار محبوب واقع شده و مورد توجه قرارگرفته است.

به طورکلی رویکردهای پارامتریک به روش‌هایی گفته می‌شود که برای توزیع بازده دارایی‌ها مورد خاصی را در نظر می گیرند. توزیع های رایج مورد استفاده توزیع نرمال، توزیع t-استیودنت و توزیع خطای تعمیم یافته می‌باشند[۱].

معروف‌ترین مدل رویکرد پارامتریک، رویکرد واریانس – کواریانس نام دارد که به روش دلتای نرمال نیز معروف است. رویکردهای ناپارامتریک به رویکرد هایی گفته می شود که برای توزیع بازده دارایی‌ها هیچ نظری مشخص و از پیش تعیین شده‌ای را در نظر نمی گیرند بلکه از توزیع واقعی گذشته خود بازده دارایی ها بهره می گیرند. زیرا این فرض ضمنی اصلی را با خود به همراه دارد که در آن، آینده شبیه به گذشته می‌باشد. بدیهی است که استفاده از رویکرد ناپارامتریک زمانی به نتایج درستی می‌انجامد که تغییر قابل ملاحظه‌ای در شرایط بازار بوجود نیامده باشد و بازار درشرایط نسبتا ثابتی به سر برد[۸].

رویکرد شبیه سازی تاریخی و شبیه‌سازی مونت کارلو از جمله معروفترین مدل‌های این رویکرد می‌باشند. در رویکرد ترکیبی برای برآورد بهتر ارزش در معرض ریسک، مدل‌های مختلف را با هم ترکیب می کنند. برای مثال ، ترکیب شبکه عصبی دارای رویکردی ناپارامتریک با مدل گارچ دارای رویکردی پارامتریک نمونه‌ای از یک روش ترکیبی محسوب می‌شود. پژوهش پیش رو هم از روش‌های ترکیبی محسوب می‌شود که در واقع ترکیب مدل گارچ با ماشین‌بردار پشتیبان می‌باشد.

معروف‌ترین مدل رویکرد پارامتریک که در این پژوهش نیز مورد استفاده قرار می گیرد، رویکرد واریانس – کواریانس نام دارد. شکل کلی این رویکرد به صورت زیر است :

تاریخ دریافت ۹۱/۰۲/۲۴	فصلنامه راهبرد مدیریت مالی	سال اول ، شماره ۱
تاریخ تصویب ۹۲/۰۵/۲۳	دانشکده علوم اجتماعی و اقتصادی	تابستان ۱۳۹۲

$$-\mathrm{VaR} = \mathrm{MV}_0 \times (\mu - z_\alpha \times \sigma)$$

که در آن MV_0 نشان دهنده ارزش بازار پرتفوی و دارایی، نشان دهنده میانگین ارزش پرتفوی، z_α میزان متناظر با سطح اطمینان و σهم نشان دهنده نوسان یا انحراف معیار توزیع بازدهی می‌باشد.

ماشین بردار پشتیبان از نظریه یادگیری آماری وَپنیک به وجود آمده است. در واقع الگوریتم ماشین بردار پشتیبان اولیه درسال ۱۹۶۳ توسط ولادیمیر وَپنیک ابداع شد. ماشین بردار پشتیبان یکی از روش‌های یادگیری بانظارت است که از آن برای طبقه‌بندی و رگرسیون استفاده می‌کنند.این روش از جمله روش‌های به نسبت جدیدی است که درسال‌های اخیرکارایی خوبی نسبت به روش‌های قدیمی‌تر برای طبقه‌بندی از جمله شبکه‌های عصبی پرسپترون نشان داده است. در واقع ماشین بردار پشتیبان الگوریتمی است که نوع خاصی از مدل‌های خطی را می یابد که حداکثر حاشیه ابر صفحه را ح داکثر می‌کند و حداکثر کردن حاشیه ابر صفحه به حداکثر تفکیک بین طبقات می‌انجامد.ماشین بردار پشتیبان با نگاشت غیرخطی فضای داده‌ها به فضای پنهان با بعد بالا، تابع را تخمین زده و سپس رگرسیون خطی را در فضای خروجی به اجرا در می‌آورد. طبق تئوری مشخص شده، اگر ابعاد فضای مشخصه (فضای پنهان) به اندازه کافی بالا باشد، ماشین بردار پشتیبان ممکن است هر رابطه نگاشت غیرخطی را تقریب بزند. همانطور که از نامش می توان برداشت کرد، طراحی ماشین بردار پشتیبان کاملا به استخراج زیر مجموعه‌ای از داده‌های آموزش وابسته است که بردارهای پشتیبان نامیده می‌شوند و توانایی نمایش دادن ویژگی‌های پایدار و ثابت داده‌ها را دارند. ماشین‌های بردار پشتیبان توانایی رسیدن به راه حل کلی یگانه با استفاده از حل برنامه ریزی درجه دو دارندو علاوه بر این ، ماشین بردار پشتیبان ها به طور ذاتی مزایای شبکه عصبی مصنوعی، چون انعطاف‌پذیری در تقریب هر تابع غیرخطی دلخواه آنهم به خوبی و بدون هیچ‌گونه نیاز به داشتن فرض اولیه در خصوص ویژگی‌های داده‌ها را دارا هستند[۴].

پیشینه پژوهش

تاریخ دریافت ۹۱/۰۲/۲۴	فصلنامه راهبرد مدیریت مالی	سال اول ، شماره ۱
تاریخ تصویب ۹۲/۰۵/۲۳	دانشکده علوم اجتماعی و اقتصادی	تابستان ۱۳۹۲

پژوهش‌های بسیاری در خصوص برآورد ارزش در معرض ریسک صورت گرفته است.

پیترجی‌ولار در سال ۱۹۹۹ برای تخمین ارزش در معرض ریسک ۱۰ روزه از رویکردهای شبیه‌سازی تاریخی، شبیه‌سازی مونت‌کارلو و روش واریانس – کواریانس و روش ترکیبی استفاده نمود. در این روش ترکیبی، واریانس را از طریق رویکرد شبیه سازی مونت‌کارلو و با تولید توزیع t-استیودنت به دست آورده و سپس از روش واریانس-کواریانس به تخمین ارزش در معرض ریسک پرداخت. نتایج پژوهش وی نشان می‌دهد که روش ترکیبی واریانس- کواریانس و شبیه‌سازی مونت کارلو با استفاده از توزیع نرمال، نتایج بهتری نسبت به روش‌های غیرترکیبی دارد[۱۲].

کریستیانسنی در سال ۱۹۹۹ از مدل گارچ استفاده نموده و در این بررسی توصیه شده است که به منظور ارتقا تخمین ارزش در معرض ریسک با استفاده از مدل‌ها ی آرچ[۳] توزیع تی‌استیودنت جایگزین توزیع نرمال شود[۶].

پیرز وکروز و دیگران در سال ۲۰۰۳ از مدل ماشین بردار پشتیبان بر اساس مدل گارچ (۱و۱) برای پیش‌بینی نوسان پذیری پیشنهاد دادند.نتایج پژوهش‌های آنها حاکی از این امر بود که این مدل پیش‌بینی دقیق‌تری از مدل گارچ استاندارد ارائه می‌کند[۴].

انگل و منگانلی در سال ۲۰۰۴ بچهار روش به تخمین ارزش در معرض ریسک پرداختند و مدل خود را ارزش در معرض ریسک خود رگرسیون شرطی نامیدند . آنها به جای اینکه برای تخمین ارزش در معرض ریسک ابتدا به تخمین توزیع بازدهی بپردازند و سپس با کوانتیل گرفتن از آن به ارزش در معرض ریسک برسند، بدون نیاز به فرض توزیع خاصی با استفاده از رگرسیون کوانتیل به تخمین ارزش در معرض ریسک پرداختند[۱۰].

ژان و هوانگدر سال ۲۰۰۴ برای رتبه‌بندی اعتباری شرکت‌های فعال در بازار سهام آمریکا و تایوان از شبکه عصبی و ماشین بردار پشتیبان استفاده کردند و به بررسی و مقایسه نتایج این دو روش پرداختند. آنها شبکه عصبی پس انتشار خطا را به عنوان مدل الگو یا معیار در نظر گرفته و دریافتند که دقت پیش‌بینی ماشین بردار پشتیبان تا حدودی بهتر از شبکه عصبی است[۱۳].

---

3. ARCH

تاریخ دریافت ۹۱/۰۲/۲۴	فصلنامه راهبرد مدیریت مالی	سال اول ، شماره ۱
تاریخ تصویب ۹۲/۰۵/۲۳	دانشکده علوم اجتماعی و اقتصادی	تابستان ۱۳۹۲

کوجونگ لی و دیگران به سال ۲۰۰۹ در مقاله خود به معرفی مدلی جدید برای محاسبه ارزش در معرض ریسک پرداختند. آنها به وسیله ترکیب مدل گارچ با تابع کاپولا[4] مدل ترکیبی کاپولا گارچ[5] را ارائه داده و بیان کردند که روش کاپولا، ساختار همبستگی متغیرهای تصادفی چند بعدی را به خوبی تشریح می‌کند و بنابراین به وسیله ترکیب آن با مدل گارچ بهتر می‌توان معیارهای ریسک، از جمله معیار ارزش در معرض ریسک را برای پرتفوی مدل‌سازی کرد. نتایج پژوهش آنها حاکی از این بود که در مقایسه با روش‌های سنتی برآورد ارزش در معرض ریسک، این مدل ترکیبی بهتر عمل می‌کند[۹۵].

چکرآلووی و سمیر مبروک در سال ۲۰۱۰ به تخمین ارزش در معرض ریسک و ریزش مورد انتظار کالاهای نفتی وگازی با استفاده از روش‌های کلاسیک تخمین ارزش در معرض ریسک از جمله ریسک متریک پرداختند و نتایج آن را با مدل‌های خانواده آرچ وگارچ و همچنین فی گارچ[6] و هی گارچ[7] مقایسه کردند. نتایج پژوهش آنها حاکی از این بود که مدل فی‌آپارچ[8] بهتر از سایر مدل‌ها، ارزش در معرض ریسک را تخمین می زند[۳].

آتیلاسیفتردر سال ۲۰۱۱ نیز با ترکیب نظریه موجکو تئوری ارزش فرین مدل ترکیبی برای تخمین ارزش در معرض ریسک دست یافت. وی عملکرد این مدل را در مقابل مدل‌هایی چون ریسک متریک، میانگین موزون متحرک نمایی، آرچ و گارچ ... مورد بررسی قرار داد. نتایج پژوهش وی حاکی از این بود که مطابق بسیاری از آزمون های زیان دنباله ، این مدل ترکیبی عملکرد پیشگویانه پیش‌بینی‌های مالی را افزایش می‌دهد[۵].

روش شناسی پژوهش

قلمرو این پژوهش از نظر زمانی بین سالهای ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۰ می‌باشد.جامعه آماری این پژوهش، شاخص‌های بورس اوراق بهادار تهران و نمونه آماری، شاخص کل و شاخص قیمت پنجاه شرکت فعال

4. Cupola function
5. Cupola-GARCH
6. Figarch
7. Hygarch
8. Fiaparch

تاریخ دریافت ۹۱/۰۲/۲۴	فصلنامه راهبرد مدیریت مالی	سال اول ، شماره ۱
تاریخ تصویب ۹۲/۰۵/۲۳	دانشکده علوم اجتماعی و اقتصادی	تابستان ۱۳۹۲

می‌باشد. داده‌های مورد نیاز از طریق سایت بورس[9] گردآوری شده است. بازدهی لگاریتم طبیعی مقادیر شاخص‌ها به طریق زیر محاسبه می‌شود:

$$R_T = LN\left(\frac{I_T}{I_{T-1}}\right) \qquad (۱)$$

که r_t نشان دهنده بازده شاخص و I_t معرف عدد شاخص است.

همانطور که پیش‌تر ذکر شد، در این پژوهش سعی بر آن است که با استفاده از مدل ترکیبی ماشین‌بردار پشتیبان وگارچ به پیش‌بینی نوسانات شاخص کل و شاخص پنجاه شرکت پرداخته و سپس با روش واریانس-کواریانس، ارزش در معرض ریسک برآورد شود و عملکرد آن با استفاده از پس‌آزمون لوپز و پس آزمون مبتنی بر ریزش مورد انتظار، با برخی از مدل‌های سنتی چون ریسک متریک، گارچ و ای‌گارچ مورد مقایسه قرار گیرد. بنابراین در ادامه، ویژگی‌های مدل ترکیبی و سایر مدل‌های مورد استفاده به اختصار شرح داده می‌شوند:

در این پژوهش تجزیه و تحلیل ها را برای تابع واریانس شرطی به مدل استاندارد گارچ (۱و۱) برای معادله میانگین شرطی به فرآیند آرما(۱و۳) محدود می‌کنیم. زیرا نتایج تجربی نشان می‌دهد که مدل گارچ، مدل صرفه‌جویی است و ویژگی‌های مدل گارچ(۱و۱) برای مدلسازی تغییرات واریانس طی دوره بلند مدت نمونه کافی است[۴] و به این دلیل فرآیند آرما(۱و۳) انتخاب شد که در این حالت، خود همبستگی‌های مدل حذف می‌شود. بنابراین مدل استاندارد گارچ(۱و۱) را به صورت زیر مشخص کنیم:

$$r_t = c + \varphi_1 r_{t-1} + \varphi_2 \varepsilon_{t-1} + \varphi_3 \varepsilon_{t-2} + \varphi_4 \varepsilon_{t-3} + u_t \qquad (۲)$$

$$\sigma_t^2 = \omega + \beta_1 \sigma_{t-1}^2 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 \qquad (۳)$$

که c و φ_1 و ω و β_1 و α_1 پارامترهای ثابتی هستند و ω و β_1 و α_1 همگی غیر منفی بوده و شرط $\alpha_1 + \beta_1 < 1$ به منظور جلوگیری از منفی شدن واریانس برقرار است.

در مدل ترکیبی ماشین بردار پشتیبان وگارچ، متغیر های ورودی مدل ترکیبی از مدل گارچ استخراج می شود. برای ساخت این مدل ترکیبی ابتدا مدل‌های ۲ و ۳ به طور همزمان در نرم افزار

9. Irobourse.com

تاریخ دریافت ۹۱/۰۲/۲۴	فصلنامه راهبرد مدیریت مالی	سال اول ، شماره ۱
تاریخ تصویب ۹۲/۰۵/۲۳	دانشکده علوم اجتماعی و اقتصادی	تابستان ۱۳۹۲

ای‌ویوز[10] تخمین می‌خورند، سپس متغیرهای زیر به عنوان متغیرهای ورودی معرفی می‌شوند که قرار است وارد فضای ماشین بردار پشتیبان شوند:

$$\acute{\sigma}^2_{t-1} = \hat{\beta}\sigma^2_{t-1}\acute{\varepsilon}^2_{t-1} = \hat{\alpha}\varepsilon^2_{t-1} \quad (۴)$$

متغیر هدف نیز نوسانات تاریخی است که در این پژوهش به صورت واریانس متحرک طبق آنچه که روه[11] در سال ۲۰۰۷ در مقاله خود مورد استفاده قرار داده، محاسبه می شود. با آزمون افق‌های زمانی گوناگون به این نتیجه رسیدیم که واریانس متحرک هفتگی (پنج روزه) با خروجی‌های مدل گارچ همخوانی بالایی دارد. بنابراین در پژوهش حاضر از واریانس متحرک ۵ روزه بهره برده ایم که به صورت زیر تعریف می‌شود[۱۱]:

$$K = \sqrt{\frac{1}{n} \times \sum_{t=1}^{n} \left(r_t - \bar{r}_{\text{روزه}n} \right)^2} \quad (۵)$$

که n همانطور که ذکر کردیم، معادل ۵ روز (داده های مالی هفتگی) در نظر گرفته شده و r_tها بازده‌های ۵ روز بعد از روزt است و $\bar{r}_{\text{روزه}}$ هم میانگین بازدهی۵ روزه بعد از روزt می‌باشد.

تابع کرنل یکی از اجزای ضروری ماشین بردار پشتیبان است. ماشین‌های بردار پشتیبان طبقه‌کننده‌های خطی هستند اما چون قابلیت به کارگیری بالایی در بهره‌برداری از تابع کرنل دارند، به توانایی مسائل غیرخطی را حل کنند. بنابراین به کارگیری کرنل در ماشین بردار پشتیبان میزان بسیار زیادی پیچیدگی محاسباتی را کاهش می‌دهد. در ادامه به ذکر فرمول‌های کرنلی می پردازیم که در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفتند[۴]

تابع کرنل خطی

$$K(x_t, x) = x_t^T x \quad (۶)$$

تابع کرنل پایه شعاعی

$$K(x_t, x) = exp\left(\frac{-\|x - x_t\|^2}{2\sigma^2}\right) \quad (۷)$$

10. EViews
11. Roh

تاریخ دریافت ۹۱/۰۲/۲۴	فصلنامه راهبرد مدیریت مالی	سال اول ، شماره ۱
تاریخ تصویب ۹۲/۰۵/۲۳	دانشکده علوم اجتماعی و اقتصادی	تابستان ۱۳۹۲

سایر مدل‌ها همانطور که پیشتر نیز ذکر شد، مدل‌های ریسک‌متریک، گارچ و ای‌گارچ هستند که برای جلوگیری از طولانی شدن بحث از تشریح این مدل‌ها صرف‌نظر می‌شود.

روش‌های ارزیابی مدل‌های پژوهش

در این قسمت به معرفی آزمون‌هایی می پردازیم که هدف مقایسه مدل‌های مختلف ارزش در معرض ریسک را دارند. برای حصول این منظور لازم است که تابع زیانی معرفی شود. بدین ترتیب هر چه مدل مقدارکمتری از این تابع زیان داشته باشد، می‌توان نتیجه گرفت که مدل بهتری است و در سطوح بالاتر رتبه‌بندی[۱] جای می‌گیرد

پس آزمون لوپز

این روش ارزیابی اعتبار مدل ارزش در معرض ریسک از جمله رویکردهای مقایسه ای بر اساس یک تابع زیان محسوب می شود.اولین تابع زیان لوپز به صورت زیر تعریف می شود:

$$C_t = \begin{cases} 1 & \text{اگر } L_t > VaR_t \\ 0 & \text{اگر } L_t \leq VaR_t \end{cases} \quad (۸)$$

در این روش ابتدا تعداد تخطی‌های معرفی شده در معادله ۸ را محاسبه می‌کنیم. چنانچه زیان واقعی در یکی از روزهای بازه مورد نظر بیشتر از مقدار ارزش در معرض ریسک محاسبه شده برای آن روز باشد، یک تخطی روی داده است. برای هر یک از مدل‌ها، تعداد تخطی‌ها محاسبه می شود و سپس مدل‌ها با استفاده از تابع نمره زیر، رتبه‌بندی می‌شوند[۱]:

$$QPS = \frac{2}{n}\sum_{i=1}^{n}(C_t - P)^2 \quad (۹)$$

پس آزمون مبتنی بر ریزش مورد انتظار

ایراد اولین پس‌آزمون لوپز این است که از اندازه زیان‌های دنباله صرف نظر می کند و تنها تعداد آنها را مورد ملاحظه قرار می‌دهد. بنابراین باید به دنبال تابع زیانی باشیم که مبتنی بر اندازه زیان باشد. یک گزینه مناسب، تعریف تابع زیان بر اساس زیان دنباله است :

تاریخ دریافت ۹۱/۰۲/۲۴	فصلنامه راهبرد مدیریت مالی	سال اول ، شماره ۱
تاریخ تصویب ۹۲/۰۵/۲۳	دانشکده علوم اجتماعی و اقتصادی	تابستان ۱۳۹۲

$$C_t = \begin{cases} L_t \text{ اگر } L_t > VaR_t \\ 0 \quad \text{اگر } L_t \leq VaR_t \end{cases} \qquad (۱۰)$$

بدیهی است که ریزش مورد انتظار دنباله برابر با ES است. بنابراین می توانیم ES را به عنوان معیار مقایسه در نظر بگیریم و از یک تابع نمره درجه دو به قرار زیر استفاده کنیم :

$$QS = \frac{2}{n}\sum_{i=1}^{n}(C_t - ES_t)^2 \qquad (۱۱)$$

این تابع، انحرافات زیان‌های دنباله از مقادیر مورد انتظارشان را مشمول جریمه می‌نماید[۱].

یافته‌های پژوهش

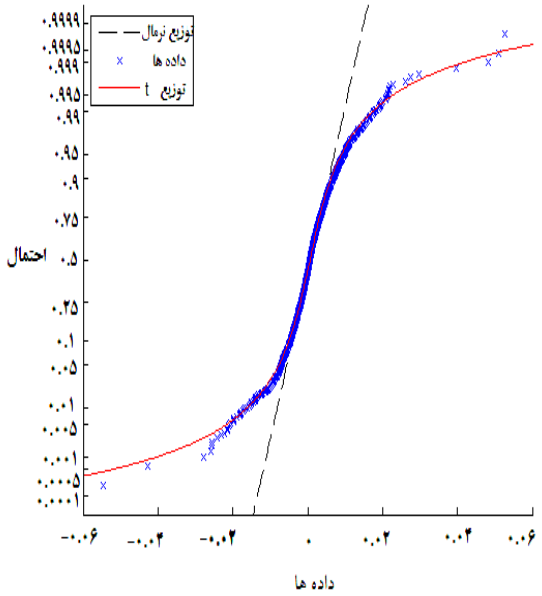
تعداد بازدهی شاخص کل طی دوره ده ساله، شامل ۲۵۸۴ داده و شاخص قیمت ۵۰ شرکت فعال نیز، ۲۵۹۸ داده است که داده‌های یکسال آخر آنها شامل ۲۴۰ داده برای پیش‌بینی به کار می رود. در ادامه، ویژگی‌های آماری مربوط به دو شاخص در جدول ۱ آورده شده است :

جدول۱. ویژگی‌های آماری شاخص کل و شاخص قیمت پنجاه شرکت

نام شاخص	میانگین	انحراف معیار	چولگی	کشیدگی
شاخص کل	۰.۰۰۰۸۳۳	۰.۰۰۵۸	۰.۳۲۲٤	١٦.٠٨٢٦٨

تاریخ دریافت ۹۱/۰۲/۲۴	فصلنامه راهبرد مدیریت مالی	سال اول ، شماره ۱
تاریخ تصویب ۹۲/۰۵/۲۳	دانشکده علوم اجتماعی و اقتصادی	تابستان ۱۳۹۲

شاخص قیمت پنجاه شرکت	۰.۰۰۰۶۳۲	۰.۰۰۶۵	۱.۲۶۲۵	۳۰.۸۲۱۶



منحنی ۱. مقادیر شاخص‌ها در برابر توزیع احتمال تجمعی نرمال و تی‌استیودنت

منحنی ۱ که توزیع احتمال تجمعی نرمال و تی‌استیودنت و مقادیر شاخص را برای شاخص کل (سمت راست) و شاخص قیمت پنجاه شرکت (سمت چپ) به نمایش می‌گذارد، این حقیقت را به اثبات می‌رساند که هر دو سری از توزیع تی‌استیودنت پیروی می‌کنند.

برای بررسی مانایی سری بازده‌های شاخص کل و شاخص پنجاه شرکت را هم با روش دیکی‌فولر و هم با روش فیلیپس‌پرون بررسی کردیم همانطور که در جدول یک دیده می‌شود، فرضیه صفر مبنی بر وجود ریشه واحد رد می‌شود و نتایج آزمون‌هایشان دهنده مانا بودن سری‌های بازده هر دو شاخص می‌باشد.

تاریخ دریافت ۹۱/۰۲/۲۴	فصلنامه راهبرد مدیریت مالی	سال اول ، شماره ۱
تاریخ تصویب ۹۲/۰۵/۲۳	دانشکده علوم اجتماعی و اقتصادی	تابستان ۱۳۹۲

جدول ۲. نتایج آزمون دیکی فولر و فیلیپس پرون برای شاخص کل و پنجاه شرکت

آزمون دیکی فولر			آزمون فیلیپس پرون			نوع شاخص
H	آماره	ارزش بحرانی	H	آماره	ارزش بحرانی	
۱	-۱۱.۱۸	-۳.٤۳٦٦	۱	-۳٤.٤٤	-۳.٤۳٦٦	شاخص کل
۱	-۱۳.۰۳	-۳.٤۳٦٥	۱	-۳٦.۳۷	-۳.٤۳٦٥	شاخص ۵۰ شرکت

نتایج آزمون اثر آرچ نیز بیانگر این بود که در هر دو شاخص کل و شاخص پنجاه شرکت اثر آرچ وجود دارد. در صورتی که سری زمانی دارای اثر آرچ باشد، مدل‌های شرطی پیش‌بینی نوسان‌پذیری همچون مدل‌های خانواده گارچ، برای مدل‌سازی نوسانات بهتر از مدل‌های غیر شرطی عمل می‌کنند. در جدول ۳، نتایج آزمون آرچ برای هر دو شاخص آوردمشده است. همانطور که از جدول برآورد می‌شود، برای هر دو شاخص فرضیه یک، وجود اثر آرچ پذیرفته شده است:

جدول ۳ . نتایج آزمون اثر آرچ برای دو شاخص با سطح خطای ۱ ٪

شاخص کل			شاخص قیمت پنجاه شرکت		
H	آماره	ارزش بحرانی	H	آماره	ارزش بحرانی
۱	۱۳۱.۸٤	۲۰.۰۹	۱	٤۷.٦۰	۲۰.۰۹

همانطور که در قسمت روش پژوهش نیز ذکر شد، ابتدا با استفاده از کلیه داده ها، معادلآرما (۱،۳) و گارچ (۱،۱) تخمین می‌خورد و خروجی آن که متغیرهای معادله۴ باشد، به عنوان متغیر ورودی و واریانس متحرک۵ روزه به عنوان متغیر هدف در نظر گرفته می‌شود و با استفاده از ماشین بردار پشتیبان نوسانات یک سال آخر (سال۹۰) پیش‌بینی می‌شود و سپس با استفاده از رویکرد واریانس-کواریانس به طریق زیر، ارزش در معرض ریسک با سطح اطمینا۹۵ ٪ و۹۹٪ برآورد می‌شود:

$$-\mathrm{VaR} = \mathrm{MV}_0 \times (\mu - z_\alpha \times \sigma) \qquad (۱۲)$$

تاریخ دریافت ۹۱/۰۲/۲۴	فصلنامه راهبرد مدیریت مالی	سال اول ، شماره ۱
تاریخ تصویب ۹۲/۰۵/۲۳	دانشکده علوم اجتماعی و اقتصادی	تابستان ۱۳۹۲

سپس پس آزمون لوپز و پس آزمون مبتنی بر ریزش مورد انتظار بر روی مقادیر ارزش در معرض ریسک محاسبه شده، انجام شد که خلاصه نتایج آن در جداول۴ تا ۷ آورده شده است :

جدول٤. نتایج پس آزمون ارزش در معرض ریسک با سطح اطمینان ۹۵ درصد

رتبه	پس‌آزمون مبتنی بر ریزش مورد انتظار	رتبه	پس‌آزمون لوپز	تعداد تخطی‌ها	نام مدل	
٦	۱/٤٦٧۲e-۰۰٤	٦	۰/۲۲۲٥	۲۹	گارچ با توزیع نرمال	شاخص کل
۳	۱/۲۰٤۹e-۰۰٤	٤	۰/۱۸٥	۲٤	گارچ با توزیع تی استیودنت	
٥	۱/٤٤٦٤e-۰۰٤	٥	۰/۲۰	۲٦	ای گارچ با توزیع نرمال	
٤	۱/۲٤۲٦e-۰۰٤	۳	۰/۱۷	۲۲	ای گارچ با توزیع تی استیودنت	
۷	۱/٤۹۳۱e-۰۰٤	۷	۰/۳۰٥۰	٤۰	ریسک متریک	
۱	۹/۳٦٤۷e-۰۰٥	۱	۰/۱۰۲٥	۱۳	مدل ترکیبی با کرنل خطی	
۲	۱/۰۱۳٤e-۰۰٤	۲	۰/۱۱	۱٤	مدل ترکیبی با کرنل پایه شعاعی	

جدول ٥. نتایج پس آزمون برای ارزش در معرض ریسک با سطح اطمینان ۹۵ درصد

رتبه	پس‌آزمون مبتنی بر ریزش مورد انتظار	رتبه	پس‌آزمون لوپز	تعداد تخطی‌ها	نام مدل	
٥	۱/٦۷۰۱e-۰۰٤	٥	۰/۱۹۲٥	۲٥	گارچ با توزیع نرمال	شاخص پنجاه شرکت
۲	۱/۳۹۰۰e-۰۰٤	۲	۰/۱٥٥۰	۲۰	گارچ با توزیع تی استیودنت	
٤	۱/٥۸۰۲e-۰۰٤	٤	۰/۱۷۷٥	۲۳	ای گارچ با توزیع نرمال	
۳	۱/٤۷۲۱e-۰۰٤	۳	۰/۱٦۲٥	۲۱	ای گارچ با توزیع تی استیودنت	
٦	۲/۲۳۳٦e-۰۰٤	٦	۰/۳٥	٤٦	ریسک متریک	
۱	۱/۱٦۰۰e-۰۰٤	۱	۰/۱۱	۱٤	مدل ترکیبی با کرنل خطی	
۱	۱/۱٦۰۰e-۰۰٤	۱	۰/۱۱	۱٤	مدل ترکیبی با کرنل پایه شعاعی	

جدول ٦ . نتایج پس آزمون برای ارزش در معرض ریسک با سطح اطمینان ۹۹ درصد

تاریخ دریافت ۹۱/۰۲/۲۴ | فصلنامه راهبرد مدیریت مالی | سال اول ، شماره ۱
تاریخ تصویب ۹۲/۰۵/۲۳ | دانشکده علوم اجتماعی و اقتصادی | تابستان ۱۳۹۲

	نام مدل	تعداد تخطی‌ها	پس‌آزمون لوپز	رتبه	پس‌آزمون مبتنی بر ریزش مورد انتظار	رتبه
شاخص کل	گارچ با توزیع نرمال	۱٤	۰/۱۱٤٥	٤	۲/۳۱۲٦e-۰۰٤	٥
	گارچ با توزیع تی استیودنت	۹	۰/۰۷۳۷	۲	۱/٦۹۷٦e-۰۰٤	۳
	ای گارچ با توزیع نرمال	۱٤	۰/۱۱٤٥	٤	۲/۳۲۹۱e-۰۰٤	٦
	ای گارچ با توزیع تی استیودنت	۱۱	۰/۰۹۰۰	۳	۱/۸٦۲۱e-۰۰٤	٤
	ریسک متریک	۲۷	۰/۲۲۰۷	٥	۲/٦٥۱۷e-۰۰٤	۷
	مدل ترکیبی با کرنل خطی	٦	۰/۰٤۹۲	۱	۱/۳٥۱۷e-۰۰٤	۱
	مدل ترکیبی با کرنل پایه شعاعی	٦	۰/۰٤۹۲	۱	۱/٤٤۷۷e-۰۰٤	۲

جدول ۷. نتایج پس آزمون برای ارزش در معرض ریسک با سطح اطمینان ۹۹ درصد

	نام مدل	تعداد تخطی‌ها	پس‌آزمون لوپز	رتبه	پس‌آزمون مبتنی بر ریزش مورد انتظار	رتبه
شاخص پنجاه شرکت	گارچ با توزیع نرمال	۱۳	۰/۱۰٦٤	۳	۲/۷۸۹۲e-۰۰٤	٥
	گارچ با توزیع تی استیودنت	۱۲	۰/۰۹۸۲	۲	۲/۳۱۳٦e-۰۰٤	۲
	ای گارچ با توزیع نرمال	۱۳	۰/۱۰٦٤	۳	۲/٦٦٤۰e-۰۰٤	٤
	ای گارچ با توزیع تی استیودنت	۱۲	۰/۰۹۸۲	۲	۲/٤۷۷۳e-۰۰٤	۳
	ریسک متریک	۳٤	۰/۲۷۷۹	٤	٤/۲۱۹٦e-۰۰٤	٦

۱	۱/۵۲۱۳e-۰۰٤	۱	۰/۰۳۲۹	٤	مدل ترکیبی با کرنل خطی	
۱	۱/۵۲۱۳e-۰۰٤	۱	۰/۰۳۲۹	٤	مدل ترکیبی با کرنل پایه شعاعی	

برای رتبه بندی مدل‌ها با استفاده از پس‌آزمون لوپز، ابتدا به وسیله تابع زیان لوپز، رتبه هر مدل را به دست می‌آوریم. هر مدلی که رتبه آن به رتبه مدل استاندارد نزدیک‌تر باشد، عملکرد بهتری داشته و برترین رتبه را به خود اختصاص می‌دهد. رتبه مدل استاندارد برای ارزش در معرض ریسک با سطح اطمینان ۹۵٪ برابر با ۰/۰۹۵ است و برای ارزش در معرض ریسک با سطح اطمینان ۹۹٪ برابر با ۰/۰۱۹۸ است. در ادامه، جداولی تنظیم شده‌اند که‌ترتیب ارجحیت هر مدل را در سطح اطمینان ۹۵٪ و ۹۹٪ به ترتیب نشان می‌دهند:

جدول ۸. رتبه بندی مدل‌ها برای سطح اطمینان ۹۵ ٪

رتبه	شاخص کل		شاخص پنجاه شرکت	
	پس‌آزمون لوپز	پس‌آزمون مبتنی بر ریزش مورد انتظار	پس‌آزمون لوپز	پس‌آزمون مبتنی بر ریزش مورد انتظار
۱	مدل ترکیبی با کرنل خطی	مدل ترکیبی با کرنل خطی	مدل ترکیبی با کرنل خطی مدل ترکیبی با کرنل پایه ش	مدل ترکیبی با کرنل خطی مدل ترکیبی با کرنل پایه
۲	مدل ترکیبی با کرنل پایه شع	مدل ترکیبی با کرنل پایه شعاع	گارچ با توزیع تی استیودنت	گارچ با توزیع تی استیود
۳	ای گارچ با توزیع تی استیو	گارچ با توزیع تی استیودنت	ای گارچ با توزیع تی استیو	ای گارچ با توزیع تی است
٤	گارچ با توزیع تی استیودنت	ای گارچ با توزیع تی استیودنت	ای گارچ با توزیع نرمال	ای گارچ با توزیع نرمال

۵	ای گارچ با توزیع نرمال	ای گارچ با توزیع نرمال	گارچ با توزیع نرمال	گارچ با توزیع نرمال
٦	گارچ با توزیع نرمال	گارچ با توزیع نرمال	ریسک متریک	ریسک متریک
۷	ریسک متریک	ریسک متریک	-	-

جدول۹. رتبه بندی مدل‌ها برای سطح اطمینان ۹۹ ٪

رتبه	شاخص کل		شاخص پنجاه شرکت	
	پس‌آزمون لوپز	پس‌آزمون مبتنی بر ریزش مورد انتظار	پس‌آزمون لوپز	پس‌آزمون مبتنی بر ریزش مورد انتظار
۱	مدل ترکیبی با کرنل خطی مدل ترکیبی با کرنل پایه شعا	مدل ترکیبی با کرنل خطی	مدل ترکیبی با کرنل خطی مدل ترکیبی با کرنل پایه شعاع	مدل ترکیبی با کرنل خطی مدل ترکیبی با کرنل پایه ش
۲	گارچ با توزیع تی استیودنت	مدل ترکیبی با کرنل پایه شعا	گارچ با توزیع تی استیودنت ای گارچ با توزیع تی استیودن	گارچ با توزیع تی استیودن
۳	ای گارچ با توزیع تی استیودن	گارچ با توزیع تی استیودنت	گارچ با توزیع نرمال ای گارچ با توزیع نرمال	ای گارچ با توزیع تی استیو
٤	گارچ با توزیع نرمال ای گارچ با توزیع نرمال	ای گارچ با توزیع تی استیودن	ریسک متریک	ای گارچ با توزیع نرمال
۵	ریسک متریک	گارچ با توزیع نرمال	_	گارچ با توزیع نرمال
٦	-	ای گارچ با توزیع نرمال	-	ریسک متریک
۷	-	ریسک متریک	-	-

بحث و نتیجه گیری

تاریخ دریافت ۹۱/۰۲/۲۴	**فصلنامه راهبرد مدیریت مالی**	سال اول ، شماره ۱
تاریخ تصویب ۹۲/۰۵/۲۳	دانشکده علوم اجتماعی و اقتصادی	تابستان ۱۳۹۲

در مجموع می‌توان نتیجه گرفت که بر اساس هر دو روش پس‌آزمون، تمامی‌مدل‌های ترکیبی از تمامی مدل‌های سنتی بهتر عمل کرده‌اند و تمامی مدل‌های گارچ با انواع توزیع نرمال و تی‌استیودنت همواره در مرتبه پایین‌تری از مدل‌های ترکیبی قرار داشتند و در نهایت مدل ریسک متریک همواره ضعیف‌ترین عملکرد را داشته است.

به طور کلی برای شاخص پنجاه‌شرکت هم در سطح اطمینان۹۵ ٪ و هم ۹۹٪، مدل‌های ترکیبی ماشین بردار پشتیبان-گارچ هم با کرنل خطی و هم پایه شعاعی در جایگاه یک قرار دارند و از تمامی مدل‌های مورد استفاده بهتر عمل کرده‌اند. برای شاخص کل هم در سطح اطمینان۹۵٪، مدل ترکیبی با تابع کرنل خطی طبق هر دو روش پس آزمون، بهتر از مدل ترکیبی با کرنل پایه شعاعی عمل کرده است.

از جداول۷ و ۹ این نکته نیزبه چشم می‌خورد که مدل‌های گارچی که با توزیع تی‌استیودنتتخمین خورده‌اند، همواره در رتبه بالاتر از مدل‌های خانواده گارچ که با توزیع نرمال تخمین‌خورده‌گرفته‌اند و این مسئله آشکار می‌کندکه هر دو شاخص از توزیع تی‌استیودنت تبعیت می‌کنند و این توزیع برای مدل‌سازی شاخص‌ها مناسب‌تر است.

برای پژوهش‌های بعدی پیشنهاد می‌شود که عملکرد مدل ماشین بردار پشتیبان با شبکه عصبی مورد مقایسه قرار بگیرد. همچنین می‌توان عملکرد مدل ترکیبی با دیگر مدل‌های خانواده گارچ مثل پارچ و غیره مورد مقایسه قرار بگیرد.

به سازمان‌ها و موسسات مالی پیشنهاد می‌شود که برای اجرای مدل‌های مورد استفاده در این تحقیق به صورت کاربردی از توزیع تی استیودنت استفاده کنند. زیرا ویژگی های داده‌های مالی مرتبط با بورس اوراق بهادار تهران را بهتر توصیف می‌کند.

منابع

- رادپور و عبده تبریزی، م. ح. (پاییز۱۳۸۸). اندازه گیری و مدیریت ریسک بازار (نسخه چاپ اول). تهران، ایران: انتشارات آگاه و انتشارات پیشبرد.
- راعی و سعیدی، ر.س. (۱۳۸۳). مبانی مهندسی مالی و مدیریت ریسک. تهران : دانشکده مدیریت دانشگاه تهران و سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاهها (سمت).
- Chaker Aloui & Mabrouk, S. (2010). Value-at-risk estimations of energy commodities via long-memory,asymmetry and fat-tailed GARCH models. Energy Policy , 2326–2339.

تاریخ دریافت ۹۱/۰۲/۲۴	فصلنامه راهبرد مدیریت مالی	سال اول ، شماره ۱
تاریخ تصویب ۹۲/۰۵/۲۳	دانشکده علوم اجتماعی و اقتصادی	تابستان ۱۳۹۲

- Chen & Hardel & Jeong, S. W. (2010). Forecasting Volatility with Support Vector Machine-Based GARCH Model. Journal of Forecasting , 406–433.
- Cifter, A. (2011). Value-at-risk estimation with wavelet-based extreme value theory: Evidence from emerging markets. Physica A , 2356–2367.
- Christiansen, C. (1999). Value at Risk Using the Factor-ARCH Model , The Journal of Risk.322-331
- Hull, J. (2009). Options,Futures,and other Derivatives (seventh ed.). New Jersey: Pearson Education Inc.
- Jorion, p. (2001). Value at risk : The new benchmark for managing financial risk (2nd ed.). New York: McGraw-Hill.
- Kuo-Jung Lee & Liang & Lin & Huang, H. (2009). Estimating value at risk of portfolio by conditional copula-GARCH method. Insurance: Mathematics and Economics , 315-324.
- Manganelli and Engle, R. F. (2004). CAViaR: Conditional Autoregressive Value at Risk by Regression Quantiles. Journal of Business & Economic Statistics , 367-381
- Roh, T. H. (2007). Forecasting the volatility of stock price index. Expert Systems with Applications 33 , 916–922.
- Vlaar, P. J. (2000). Value at risk models for Dutch bond portfolios. Journal of Banking & Finance , 1131-1154.
- zan Huanga et al, H. C.-J.-H. (2004). Credit rating analysis with support vector machines and neural networks: a market comparative study. Decision Support Systems , 543– 558.

تاریخ دریافت ۹۱/۰۲/۲۴	فصلنامه راهبرد مدیریت مالی	سال اول ، شماره ۱
تاریخ تصویب ۹۲/۰۵/۲۳	دانشکده علوم اجتماعی و اقتصادی	تابستان ۱۳۹۲

Evaluating Value at Risk Using a Hybrid Model of Support Vector Machine Based and the GARCH

Saeed Fallahpoor[12]
Malihe Tabasi[13]

Abstract

One of the main subjects of financial management is risk management. Risk management involves recognizing, measuring and monitoring risk. So measuring risk is very important part of the risk management. One of the most recognized and applied way of measuring risk, is evaluating value at risk that is the main subject of this research.

In this research, we forecast volatility of TEPIX index and TSE-50 index, using the hybrid model of support vector machine based and the GARCH, then we calculate Value at Risk by Variance-Covariance approach and finally we compare its result with the traditional models including: Risk Metrics, GARCH and EGARCH by LOPEZ's back testing and back testing based of expected shortfall.

The result of this research has shown that the hybrid model significantly outperform the competing models.

Keywords: Volatility; Value at Risk; Support Vector Machine

JEL: G32, G17, C58, C44

12. Faculty Member, the Faculty of Management, University of Tehran ,
13. Graduate Student, Financial Management, University of Tehran, Email : malihe.tabasi@gmail.com

Recived: 2013/05/14
Accepted: 2013/08/14