

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

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

ر<sup>۱</sup>، ملیحه طبعی<sup>۲</sup>

سعید فلاح پو

### چکیده

یکی از حوزه های اصلی مدیریت مالی، مدیریت ریسک می باشد. منظور از مدیریت ریسک، شناسایی، اندازه گیری و نظارت بر ریسک است. بنابراین اندازه گیری ریسک از جایگاه ویژه ای در مدیریت ریسک برخوردار است. از جمله روش های شناخته شده و پرکاربرد اندازه گیری ریسک، محاسبه ارزش در معرض ریسک می باشد 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 عملکرد آن با استفاده از پس آزمون لویز و پس آزمون مبتنی بر ریزش مورد انتظار، با برخی از مدل های سنتی چون ریسک متریک، گارچ و ای گارچ مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که مدل ترکیبی نسبت به سایر مدل های مورد استفاده در این پژوهش، از عملکرد بهتری برخوردار است.

**واژه های کلیدی:** نوسان پذیری، ارزش در معرض ریسک، ماشین بردار پشتیبان

طبقه بندی موضوعی: G32 , G17, C58, C44

۱. استادیار دانشکده مدیریت دانشگاه تهران، ایران

۲. دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت مالی دانشگاه تهران، (مهلاول مکاتبات malihe.tabasi@gmail.com)

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

## مقدمه

بروز بحران‌های مالی، اهمیت مدیریت ریسک و یافتن مدلی مناسب برای اندازه‌گیری ریسک را بیش از پیش آشکار می‌کند. تا کنون معیارهای گوناگونی برای اندازه‌گیری و مدیریت ریسک معرفی شده‌اند و در یک دسته‌بندی کلی که توسط بیسیس در سال ۱۹۹۸ صورت گرفت. می‌توان آنها را به طور کلی به سه دسته معیارهای حساسیت، نوسان و معیار ریسک نامطلوب تقسیم‌بندی کرد. معیار ارزش در معرض ریسک از جمله معیارهای اندازه‌گیری ریسک نامطلوب محسوب می‌شود که اولین بار به طور رسمی در سال ۱۹۹۳ توسط موسسه جی‌پی مورگان 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 در معرض ریسک یک روزه در یک بازه زمانی ۱۰ ساله برای شاخص کل و شاخص پنجاه شرکت فعال بورس اوراق بهادار تهران می‌باشد. در این پژوهش برای مقایسه مدل‌ها از پس‌آزمون لاپز 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 پیش‌بینی 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 پردازیم. 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

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

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 قرار گرفته است. به طور کلی رویکردهای پارامتریک به روش‌هایی گفته می‌شود که برای توزیع بازده دارایی‌ها مورد خاصی را در نظر می گیرند. توزیع‌های 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 رویکرد‌هایی گفته می‌شود که برای توزیع بازده دارایی‌ها هیچ نظری مشخص و از پیش تعیین شده‌ای را در نظر نمی‌گیرند بلکه از توزیع واقعی گذشته خود بازده دارایی‌ها بهره می‌گیرند. 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 در شرایط نسبتا ثابتی به سر برد [۸].

رویکرد شبیه‌سازی 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 می‌کنند. 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 می‌گیرد، رویکرد واریانس – کواریانس نام دارد. شکل کلی این رویکرد به صورت زیر است :

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

$$-VaR = MV_0 \times (\mu - z_\alpha \times \sigma)$$

که در آن  $MV_0$  نشان دهنده ارزش بازار پرتفوی و دارایی، نشان دهنده میانگین ارزش پرتفوی،  $Z_\alpha$  میزان متناظر با سطح اطمینان و  $\sigma$  هم نشان دهنده نوسان یا انحراف معیار توزیع بازدهی می‌باشد. ماشین بردار پشتیبان از نظریه یادگیری آماری و پَنیک به وجود آمده است. در واقع الگوریتم ماشین بردار پشتیبان اولیه در سال ۱۹۶۳ توسط ولادیمیر و پَنیک 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 در سال‌های اخیر کارایی 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 می‌یابد که حداکثر حاشیه ابر صفحه را حداکثر 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 می‌توان برداشت کرد، طراحی ماشین بردار پشتیبان کاملاً 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 دارند و علاوه بر این، ماشین بردار پشتیبان‌ها 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

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

پژوهش‌های بسیاری در خصوص برآورد ارزش در معرض ریسک صورت گرفته است. پیترجی ولار در سال ۱۹۹۹ برای تخمین ارزش در معرض ریسک ۱۰ روزه از رویکردهای شبیه‌سازی تاریخی، شبیه‌سازی مونت کارلو و روش واریانس - کواریانس و روش ترکیبی استفاده نمود. در این روش ترکیبی، واریانس را از طریق رویکرد شبیه سازی مونت کارلو 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 غیر ترکیبی 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 مدل‌های آرچ<sup>۳</sup> توزیع تی‌استیودنت جایگزین توزیع نرمال شود [۶].

پیرز و کروز و دیگران در سال ۲۰۰۳ از مدل ماشین بردار پشتیبان بر اساس مدل گارچ (۱ و ۱) 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 بل‌چهار 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].

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

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 کاپولال ترکیبی کاپولا گارچ<sup>۱</sup> ارائه داده و بیان کردند که روش کاپولا، ساختار همبستگی متغیرهای تصادفی چند بعدی را به خوبی تشریح می کند و بنابراین به وسیله ترکیب آن با مدل گارچ بهترین معیارهای ریسک، از جمله معیار ارزش در معرض ریسک را برای پرتفوی مدل سازی کرد. نتایج پژوهش آنها حاکی از این بود که در مقایسه با روش های سنتی برآورد ارزش در معرض ریسک، این مدل ترکیبی بهتر عمل می کند<sup>[۱]</sup>.

چکرآلوی و سمیر مبروک در سال ۲۰۱۰ به تخمین ارزش در معرض ریسک و ریزش مورد انتظار کالاهای نفتی و گازی با استفاده از روش های کلاسیک تخمین ارزش در معرض ریسک از جمله ریسک متریک پرداختند و نتایج آن را با مدل های خانواده آرچ و گارچ و همچنین فی گارچ<sup>۲</sup> و هی گارچ<sup>۳</sup> مقایسه کردند. نتایج پژوهش آنها حاکی از این بود که مدل فی آپارچ<sup>۴</sup> بهتر از سایر مدل ها، ارزش در معرض ریسک را تخمین می زند<sup>[۳]</sup>.

آنیلاسیفتر در سال ۲۰۱۱ نیز با ترکیب نظریه موجکو تئور لویزش فریو مدل ترکیبی برای تخمین ارزش در معرض ریسک دست یافت. وی عملکرد این مدل را در مقابل مدل هایی 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 پیش بینی های مالی را افزایش می دهد<sup>[۵]</sup>.

### روش شناسی پژوهش

قلمرو این پژوهش از نظر زمانی بین سالهای ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۰ می باشد. جامعه آماری این پژوهش، شاخص های بورس اوراق بهادار تهران و نمونه آماری، شاخص کل و شاخص قیمت پنباه شرکت فعال

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

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

می‌باشد. داده‌های مورد نیاز از طریق سایت بورس<sup>۹</sup> گردآوری شده است. بازدهی لگاریتم طبیعی مقادیر شاخص‌ها به طریق زیر محاسبه می‌شود:

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

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 و گارچ 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 پس‌آزمون 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 تحلیل‌ها را برای تابع واریانس شرطی به مدل استاندارد گوارچ (۱) برای معادله میانگین شرطی به فرآیند آرما (۳) محدود می‌کنیم. زیرا نتایج تجربی نشان می‌دهد که مدل گارچ، مدل صرفه‌جویی است و ویژگی‌های مدل گوارچ (۱) برای مدلسازی تغییرات واریانس طی دوره بلند مدت نمونه کافی است [۴] و به این دلیل فرآیند آرما (۳) انتخاب شد که در این حالت، خود همبستگی‌های مدل حذف می‌شود. بنابراین مدل استاندارد گوارچ (۱) را به صورت زیر مشخص کنیم:

$$r_t = c + \phi_1 r_{t-1} + \phi_2 \varepsilon_{t-1} + \phi_3 \varepsilon_{t-2} + \phi_4 \varepsilon_{t-3} + u_t \quad (2)$$

$$\sigma_t^2 = \omega + \beta_1 \sigma_{t-1}^2 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 \quad (3)$$

که  $c$  و  $\phi_1$  و  $\omega$  و  $\beta_1$  و  $\alpha_1$  پارامترهای ثابتی هستند و  $\omega$  و  $\beta_1$  و  $\alpha_1$  همگی غیر منفی بوده و شرط  $\alpha_1 + \beta_1 < 1$  به منظور جلوگیری از منفی شدن واریانس برقرار است.

در مدل ترکیبی ماشین‌بردار پشتیبان و گارچ، متغیرهای ورودی مدل ترکیبی از مدل گارچ استخراج می‌شود. برای ساخت این مدل ترکیبی ابتدا مدل‌های ۲ و ۳ به طور همزمان در نرم افزار

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

ای ویوز<sup>۱۰</sup> تخمین می‌خورند، سپس متغیرهای زیر به عنوان متغیرهای ورودی معرفی می‌شوند که قرار است وارد فضای ماشین بردار پشتیبان شوند:

$$\sigma_{t-1}^2 = \beta \sigma_{t-1}^2 \varepsilon_{t-1}^2 = \hat{\alpha} \varepsilon_{t-1}^2 \quad (۴)$$

متغیر هدف نیز نوسانات تاریخی است که در این پژوهش به صورت واریانس متحرک طبق آنچه که روه<sup>۱۱</sup> در سال ۲۰۰۷ در مقاله خود مورد استفاده قرار داده، محاسبه می‌شود. 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]:

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

که n همانطور که ذکر کردیم، معادل ۵ روز (داده‌های مالی هفتگی) در نظر گرفته شده و  $r_t$ ها بازده‌های ۵ روز بعد از روز t است و  $\bar{r}_{\text{روزه } n}$  هم میانگین بازدهی ۵ روزه بعد از روز t می‌باشد. تابع کرنل یکی از اجزای ضروری‌ترین بردار پشتیبان است. ماشین‌های بردار پشتیبان طبقه‌بندی کننده‌های خطی هستند اما چون قابلیت به کارگیری بالایی در بهره‌برداری از لم کرنل دارند، به توانایی هم‌مایل غیر خطی را حل کنند. بنابراین به کارگیری کرنل ملثین بردار پشتیبان میزان بسیار زیادی پیچیدگی محاسباتی را کاهش می‌دهد. در ادامه به ذکر فرمولی کرنلی می‌پردازیم که در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفته است

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



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

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 می‌پردازیم 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 مقدار کمتری از این تابع زیان داشته باشد، می‌توان نتیجه گرفت که مدل بهتری است و در سطوح بالاتر رتبه‌بندی جای می‌گیرد.

### پس آزمون لویز

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

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

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 می‌شود 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 پس آزمون لویز این است که از اندازه زیان‌های دنباله صرف نظر می‌کند 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:

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

$$C_t = \begin{cases} L_t & \text{اگر } L_t > VaR_t \\ 0 & \text{اگر } L_t \leq VaR_t \end{cases} \quad (10)$$

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:

$$QS = \frac{2}{n} \sum_{i=1}^n (C_t - ES_t)^2 \quad (11)$$

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

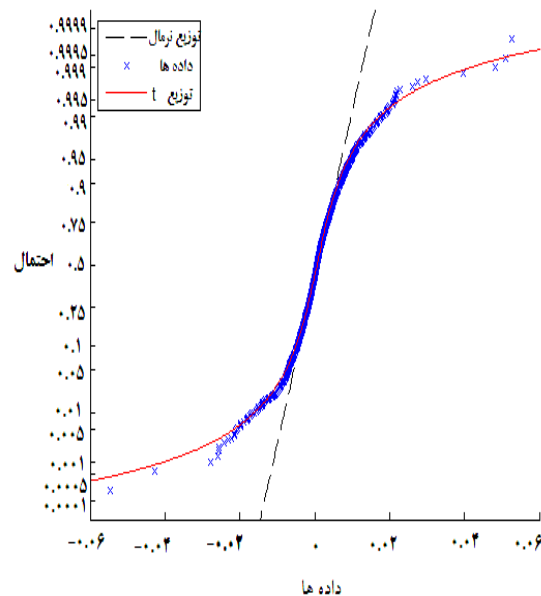
### یافته‌های پژوهش

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 می‌رود. در ادامه، ویژگی‌های آماری مربوط به دو شاخص در جدول ۱ آورده شده است:

جدول ۱. ویژگی‌های آماری شاخص کل و شاخص قیمت پنجاه شرکت

نام شاخص	میانگین	انحراف معیار	چولگی	کشیدگی
شاخص کل	۰.۰۰۰۸۳۳	۰.۰۰۰۵۸	۰.۳۲۲۴	۱۶.۰۸۲۶۸

سال اول ، شماره ۱		<b>فصلنامه راهبرد مدیریت مالی</b>		تاریخ دریافت
تابستان ۱۳۹۲		دانشکده علوم اجتماعی و اقتصادی		۹۱/۰۲/۲۴
				تاریخ تصویب
				۹۲/۰۵/۲۳
۳۰.۸۲۱۶	۱.۲۶۲۵	۰.۰۰۰۶۵	۰.۰۰۰۰۶۳۲	شاخص قیمت پنجاه شرکت



منحنی ۱. مقادیر شاخص ها در برابر توزیع احتمال تجمعی نرمال و تی استیودنت

منحنی ۱ که توزیع احتمال تجمعی نرمال و تی استیودنت و مقادیر شاخص را برای شاخص کل (سمت راست) و شاخص قیمت پنجاه شرکت (سمت چپ) به نمایش می گذارد، این حقیقت را به اثبات می رساند که هر دو سری از توزیع تی استیودنت پیروی می کنند.

برای بررسی مانایی سری بازده های شاخص کل و شاخص پنجاه شرکت را هم با روش فیکسگی و هم با روش فیلیپس پرون بررسی کردیم همانطور که در جدول یک دیده می شود، فرضیه صفر مبنی بر وجود ریشه واحد رد می شود و نتایج آزمون هانشان دهنده مانا بودن سری های بازده هر دو شاخص می باشد.

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

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

نوع شاخص	آزمون فیلیپس پرون			آزمون دیکی فولر		
	ارزش بحرانی	آماره	H	ارزش بحرانی	آماره	H
شاخص کل	-۳.۴۳۶۶	-۳۴.۴۴	۱	-۳.۴۳۶۶	-۱۱.۱۸	۱
شاخص ۵۰ شرکت	-۳.۴۳۶۵	-۳۶.۳۷	۱	-۳.۴۳۶۵	-۱۳.۰۳	۱

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 آورده شده 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 قیمت پنجاه شرکت			شاخص کل		
ارزش بحرانی	آماره	H	ارزش بحرانی	آماره	H
۲۰.۰۹	۴۷.۶۰	۱	۲۰.۰۹	۱۳۱.۸۴	۱

همانطور که در قسمت روش پژوهش نیز ذکر شد، ابتدا با استفاده از کلیه داده‌ها، معادله (۱،۳) و گارچ (۱،۱) تخمین می‌خورد و خروجی آن که متغیرهای معادله ۴ باشد، به عنوان متغیر ورودی و واریانس متحرک ۵ روزه به عنوان متغیر هدف در نظر گرفته می‌شود و با استفاده از ماشین بردار پشتیبان نوسانات یک سال آخر (سال ۹۰) پیش‌بینی می‌شود و سپس با استفاده از رویکرد واریانس-کواریانس به طریق زیر، ارزش در معرض ریسک با سطح اطمینان ۹۵٪ و ۹۹٪ برآورد می‌شود:

$$-VaR = MV_0 \times (\mu - z_\alpha \times \sigma) \quad (12)$$

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 جداول ۴ تا ۷ آورده شده است :

جدول ۴. نتایج پس آزمون ارزش در معرض ریسک با سطح اطمینان ۹۵ درصد

تخصص کل	نام مدل	تعداد تخطی‌ها	پس آزمون لوپز	رتبه	پس آزمون مبتنی بر ریزش مورد انتظار	رتبه
	گارچ با توزیع نرمال	۲۹	۰/۲۲۲۵	۶	۱/۴۶۷۲e-۰۰۴	۶
	گارچ با توزیع تی استیودنت	۲۴	۰/۱۸۵	۴	۱/۲۰۴۹e-۰۰۴	۳
	ای گارچ با توزیع نرمال	۲۶	۰/۲۰	۵	۱/۴۴۶۴e-۰۰۴	۵
	ای گارچ با توزیع تی استیودنت	۲۲	۰/۱۷	۳	۱/۲۴۲۶e-۰۰۴	۴
	ریسک متریک	۴۰	۰/۳۰۵۰	۷	۱/۴۹۳۱e-۰۰۴	۷
	مدل ترکیبی با کرنل خطی	۱۳	۰/۱۰۲۵	۱	۹/۳۶۴۷e-۰۰۵	۱
	مدل ترکیبی با کرنل پایه شعاعی	۱۴	۰/۱۱	۲	۱/۰۱۳۴e-۰۰۴	۲

جدول ۵. نتایج پس آزمون برای ارزش در معرض ریسک با سطح اطمینان ۹۵ درصد

تخصص پنجاه شرکت	نام مدل	تعداد تخطی‌ها	پس آزمون لوپز	رتبه	پس آزمون مبتنی بر ریزش مورد انتظار	رتبه
	گارچ با توزیع نرمال	۲۵	۰/۱۹۲۵	۵	۱/۶۷۰۱e-۰۰۴	۵
	گارچ با توزیع تی استیودنت	۲۰	۰/۱۵۵۰	۲	۱/۳۹۰۰e-۰۰۴	۲
	ای گارچ با توزیع نرمال	۲۳	۰/۱۷۷۵	۴	۱/۵۸۰۲e-۰۰۴	۴
	ای گارچ با توزیع تی استیودنت	۲۱	۰/۱۶۲۵	۳	۱/۴۷۲۱e-۰۰۴	۳
	ریسک متریک	۴۶	۰/۳۵	۶	۲/۲۳۳۶e-۰۰۴	۶
	مدل ترکیبی با کرنل خطی	۱۴	۰/۱۱	۱	۱/۱۶۰۰e-۰۰۴	۱
مدل ترکیبی با کرنل پایه شعاعی	۱۴	۰/۱۱	۱	۱/۱۶۰۰e-۰۰۴	۱	

جدول ۶. نتایج پس آزمون برای ارزش در معرض ریسک با سطح اطمینان ۹۹ درصد

شاخص کل	نام مدل	تعداد تخطی‌ها	پس‌آزمون لوپز	رتبه	پس‌آزمون مبتنی بر ریزش مورد انتظار	رتبه
	گارچ با توزیع نرمال	۱۴	۰/۱۱۴۵	۴	۲/۳۱۲۶e-۰۰۴	۵
	گارچ با توزیع تی استیودنت	۹	۰/۰۷۳۷	۲	۱/۶۹۷۶e-۰۰۴	۳
	ای گارچ با توزیع نرمال	۱۴	۰/۱۱۴۵	۴	۲/۳۲۹۱e-۰۰۴	۶
	ای گارچ با توزیع تی استیودنت	۱۱	۰/۰۹۰۰	۳	۱/۸۶۲۱e-۰۰۴	۴
	ریسک متریک	۲۷	۰/۲۲۰۷	۵	۲/۶۵۱۷e-۰۰۴	۷
	مدل ترکیبی با کرنل خطی	۶	۰/۰۴۹۲	۱	۱/۳۵۱۷e-۰۰۴	۱
	مدل ترکیبی با کرنل پایه شعاعی	۶	۰/۰۴۹۲	۱	۱/۴۴۷۷e-۰۰۴	۲

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

شاخص پنجاه شرکت	نام مدل	تعداد تخطی‌ها	پس‌آزمون لوپز	رتبه	پس‌آزمون مبتنی بر ریزش مورد انتظار	رتبه
	گارچ با توزیع نرمال	۱۳	۰/۱۰۶۴	۳	۲/۷۸۹۲e-۰۰۴	۵
	گارچ با توزیع تی استیودنت	۱۲	۰/۰۹۸۲	۲	۲/۳۱۳۶e-۰۰۴	۲
	ای گارچ با توزیع نرمال	۱۳	۰/۱۰۶۴	۳	۲/۶۶۴۰e-۰۰۴	۴
	ای گارچ با توزیع تی استیودنت	۱۲	۰/۰۹۸۲	۲	۲/۴۷۷۳e-۰۰۴	۳
	ریسک متریک	۳۴	۰/۲۷۷۹	۴	۴/۲۱۹۶e-۰۰۴	۶

	مدل ترکیبی با کرنل خطی	۴	۰/۰۳۲۹	۱	۱/۵۲۱۳e-۰۰۴	۱
	مدل ترکیبی با کرنل پایه شعاعی	۴	۰/۰۳۲۹	۱	۱/۵۲۱۳e-۰۰۴	۱

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 که ترتیب 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 خطی
۲	مدل ترکیبی با کرنل پایه شعاعی	مدل ترکیبی با کرنل پایه شعاعی	مدل ترکیبی با کرنل پایه شعاعی	مدل ترکیبی با کرنل پایه شعاعی
۳	ای گارچ با توزیع تی استیودنت	ای گارچ با توزیع تی استیودنت	ای گارچ با توزیع تی استیودنت	ای گارچ با توزیع تی استیودنت
۴	ای گارچ با توزیع تی استیودنت	ای گارچ با توزیع تی استیودنت	ای گارچ با توزیع تی استیودنت	ای گارچ با توزیع تی استیودنت

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

جدول ۹. رتبه بندی مدل‌ها برای سطح اطمینان ۹۹٪

رتبه	شاخص کل		شاخص پنجاه شرکت	
	پس‌آزمون لوپز	پس‌آزمون مبتنی بر ریزش مورد انتظار	پس‌آزمون مبتنی بر ریزش مورد انتظار	پس‌آزمون لوپز
۱	مدل ترکیبی با کرنل خطی	مدل ترکیبی با کرنل خطی	مدل ترکیبی با کرنل خطی	مدل ترکیبی با کرنل خطی
۲	گارچ با توزیع تی استیودنت	مدل ترکیبی با کرنل پایه شعاع	گارچ با توزیع تی استیودنت	مدل ترکیبی با کرنل پایه شعاع
۳	ای گارچ با توزیع تی استیودنت	گارچ با توزیع تی استیودنت	ای گارچ با توزیع تی استیودنت	ای گارچ با توزیع تی استیودنت
۴	گارچ با توزیع نرمال	ای گارچ با توزیع تی استیودنت	ای گارچ با توزیع نرمال	ریسک متریک
۵	ریسک متریک	گارچ با توزیع نرمال	گارچ با توزیع نرمال	-
۶	-	ای گارچ با توزیع نرمال	ریسک متریک	-
۷	-	ریسک متریک	-	-

### بحث و نتیجه گیری



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

در مجموع می توان نتیجه گرفت که بر اساس هر دو روش پس آزمون، تمامی مدل های ترکیبی از تمامی مدل های سنتی بهتر عمل کرده اند و تمامی مدل های گارچ با انواع توزیع نرمال و تی استیودنت همواره در مرتبه پایین تری از مدل های ترکیبی قرار داشتند و در نهایت مدل ریسک متریک همواره ضعیف ترین عملکرد را داشته است.

به طور کلی برای شاخص پنجاهرکت هم در سطح اطمینان ۹۵٪ و هم ۹۹٪، مدل های ترکیبی ماشین بردار پشتیبان-گارچ هم با کرنل خطی و هم پایه شعاعی در جایگاه یک قرار دارند و از تمامی مدل های مورد استفاده بهتر عمل کردند. برای شاخص کل هم در سطح اطمینان ۹۵٪، مدل ترکیبی با تابع کرنل خطی طبق هر دو روش پس آزمون، بهتر از مدل ترکیبی با کرنل پایه شعاعی عمل کرده است. از جداول ۷ و ۹ این نکته نیزه چشم می خورد که مدل های گارچی که با توزیع تی استیودنت تخمین خورده اند، همواره در رتبه بالاتر از مدل های خانواده گارچ که با توزیع نرمال تخمین خورده اند، مسئله آشکار می کند که هر دو شاخص از توزیع تی استیودنت تبعیت می کنند و این توزیع برای مدل سازی شاخص ها مناسب تر است.

برای پژوهش های بعدی پیشنهاد می شود که عملکرد مدل ماشین بردار پشتیبان با شبکه عصبی مورد مقایسه قرار بگیرد. همچنین می توان عملکرد مدل ترکیبی با دیگر مدل های خانواده گارچ مثل پارچ و غیره مورد مقایسه قرار بگیرد.

به سازمان ها و موسسات مالی پیشنهاد می شود که برای اجرای مدل های مورد استفاده در این تحقیق به صورت کاربردی از توزیع تی استیودنت استفاده کنند. زیرا ویژگی های داده های مالی مرتبط با بورس اوراق بهادار تهران را بهتر توصیف می کند.

### منابع

- رادپور و عبده تبریزی، م. ح. (پاییز ۱۳۸۸). 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.

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

- 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 Huang 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.



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

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

Saeed Fallahpoor<sup>12</sup>  
Malihe Tabasi<sup>13</sup>

### 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