# تعیین نسبت پویای پوشش ریسک بهینه برای نرخ ارز (دلار) با استفاده از قرارداد آتی طلا و پیش بینی آن: رویکرد مدلسازی شبکه عصبی مصنوعی

**نجمه نشاط [1] (استادیار،گروه مهندسی صنایع،دانشگاه میبد)**

در این تحقیق به تعیین و پیش بینی نسبت پویای بهینه پوشش ریسک نرخ ارز با استفاده از قراردادهای آتی سکه طلا در بورس کالای ایران پرداخته می شود. رهیافت مورد استفاده در تعیین این نسبت، حداقل واریانس بوده و از مقایسه مدل های مختلف اقتصاد سنجی بمنظور بهینه کاوی این نسبت استفاده گردید. با استفاده از داده های هفتگی بازده نقدی دلار و آتی سکه طلا از ابتدای سال۱۳۹۶ تا ۸ مردادماه سال ۱۴۰۰، نسبت بهینه پوشش ریسک برای هر مدل محاسبه و با تشکیل پرتفوی و ارزیابی واریانس، میزان اثر بخشی مدل ها مورد بررسی قرار گرفت که نتایج بیانگر برتری مدل پویای BEKK-GARCH بود. بر اساس نتیجه بدست آمده، از یک مدل شبکه عصبی پرسپترون به منظور پیش بینی این سری زمانی استفاده شد و نتیجه گیری شد مدل شبکه عصبی مدلی با کارایی بالا در پیش بینی این نسبت بر اساس بازده دارایی ها می باشد.

**واژگان کلیدی:**
نسبت بهینه پوشش ریسک؛ پوشش متقاطع ریسک ارز؛ سبد دارایی بهینه؛ مدل شبکه عصبی پرسپترون

**۱. مقدمه**

نرخ ارز در ایران با نوسانات شدیدی همراه است و ریسک ناشی از این نوسانات از جمله مقولآتی است که ذهن فعالان بخش های اقتصادی و سرمایه گذاران را به خود مشغول نموده است. در سال های اخیر در عرصه جهانی، ابزارهای متعدد مالی برای مدیریت این ریسک و تعیین استراتژی پوشش ریسک از جمله ابزارهای مشتقه ابداع شده و تکامل یافته اند. ابزار مشتقه، ابزارهایی مالی هستندکه عمدتاً مبتنی یا مشتق از یک دارائی پایه است. به عبارتی ارزش آنها به ارزش دارایی دیگری بستگی دارد که به آن دارایی پایه گویند. حجم مبادلات صورت گرفته بر روی اوراق مشتقه، نشانگر اهمیت این ابزارها در بازارهای بین المللی است از جمله ساده ترین و پرکاربردترین ابزار های مالی به جهت پوشش ریسک، قراردادهای آتی می باشد.

قرارداد آتی توافقی است برای خرید یا فروش یک دارایی مشخص در یک زمان مشخص و با یک قیمت مشخص که زمان آن نیز مربوط به آینده است. در واقع دربازار های آتی خرید و فروش دارایی بر اساس توافق نامه های استاندارد شده صورت می گیرد به این معنا که افراد قرارداد های آتی را با یکدیگر خرید و فروش می کنند که این قرارداد ها مبتنی بر یک دارایی پایه است. به موجب این قرارداد، خریدار متعهد می شود که قیمت کالا را مطابق با آنچه که به هنگام قرارداد تعیین شده، در زمان سررسید پرداخت کرده و کالا را دریافت نماید. اشخاص و نهادهایی که نوسان قیمت دارایی پایه بر روی آنها اثر نامطلوب می گذارد، می توانند با استفاده از قراردادهای آتی استراتژی های متفاوتی را اتخاذ نمایند. به عنوان مثال در ساده ترین استراتژی که به استراتژی پوشش ریسک ساده [1]معروف است، پوشش دهنده ریسک[2] دقیقاً به میزان موقعیت نقدی در بازار آتی موقعیت تعهدی اتخاذ می کند[۱]. عوامل متعددی از جمله ریسک مبنا، حجم قراردادهای آتی و سررسیدهای مختلف باعث می شوند که این استراتژی برای پوشش ریسک لزوماً کارا نباشد. به عبارت دیگر برای تعیین استراتژی پوشش ریسک کارا نیاز به تعیین نسبت بهینه پوشش ریسک[3] است. نسبت بهینه پوشش ریسک بصورت نسبت موقعیت آتی به موقعیت نقدی و یا تعداد قرارداد آتی لازم به ازای هر واحد دارائی نقدی تعریف می شود. به عبارت دیگر، نسبت بهینه پوشش ریسک تعیین کننده تعداد قراردادهای آتی است که فرد باید برای مقابله با نوسان قیمت ها نگه داری کند. با بروز تغییرات ساختاری (بروز شوک های اقتصادی، سیاسی، اجتماعی و ...) در ایران، انتظار عاملان اقتصادی با بروز تحولات در طول زمان تغییر می کند و این در حالی است که مدل های پارامتریک از جمله مدل های رگرسیونی که با فرض ثابت بودن مقدار پارامترها در طول زمان توسعه یافته اند، نمی توانند گزینه های مناسبی برای تعیین نسبت بهینه پوشش ریسک باشند. بعبارت دیگر، محاسبه این ضرایب

[1] . نویسنده مسئول neshat@meybod.ac.ir

بصورت پویا در طی زمان ضروری بنظر می رسد مضاف اینکه با توجه به شرایط نااطمینانی حاکم بر این سری زمانی، استفاده از یک رویکرد ناپارامتریک برای پیش بینی این سری زمانی نسبت به روش های پارامتریک ارجح می باشد [۲] که در این پژوهش برای اولین بار (بر اساس دانش نویسندگان) مورد عنایت قرار می گیرد. بنابراین این مطالعه با معرفی مدل های پویا و شبکه عصبی مصنوعی به برآورد پویا از نسبت بهینه پوشش ریسک خواهد پرداخت که در طول زمان با در نظر گرفتن تمامی اطلاعات موجود متعادل می گردد.

در ادامه مقاله حاضر در پنج بخش کلی ارائه می شود. در بخش دوم و پس از بیان مقدمه به بیان پیشینه‌ی پژوهش پرداخته شده و در قسمت سوم مبانی نظری ارائه خواهد شد . بخش چهارم این مقاله به معرفی روش پژوهش مورد استفاده و ارائه مدل پرداخته شده و در بخش پنجم جمع بندی و نتیجه گیری ارائه خواهد شد.

## ۲. پیشینه ی تحقیق:

از سال ۱۹۶۰ تاکنون مدل ها و رویکرد های متعددی در زمینه محاسبه نسبت بهینه پوشش ریسک مورد بحث قرار گرفته‌اند. در دهه اخیر، آروری و همکاران (۲۰۱۵)[۴] به بررسی نسبت بهینه پوشش ریسک در سبد دارایی طلا و سهام با استفاده از روش های چند متغیره گارچ پرداختند و دریافتند که بین بازار سهام چین و بازار جهانی طلا همبستگی وجود دارد و اضافه کردن طلا به سبد دارایی منجر به بهبود عملکرد پوشش ریسک شده و همچنین روش VAR-GARCH برای محاسبه همبستگی بازار های مالی بیشترین کارایی را دارد [۳]. در پژوهش بونگا بونگا و یوموتک [۵] در سال ۲۰۱۶، عملکرد روش های سنتی و همین طور روش پویای گارچ مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت. نتایج حاکی از آن بود که روش گارچ و اصلاح خطای برداری کارایی بیشتری داشتند. اما ایرادی که به این مدل ها وارد است خطی بودن مدل ها است زیرا این مدل ها نمی توانند تخمین زننده‌ی خوبی برای تعیین نسبت پوشش ریسک در شرایط مختلف بازار باشند [۴]. در ایران نیز انصاری اردلی و همکاران (۱۳۹۶) برای محاسبه نسبت پوشش ریسک بهینه در بازارهای گاز طبیعی در بازه‌ی زمانی ۲۰۱۶-۲۰۰۰ از مدل های OLS، BEEK-GARCH و VECM- GARCH استفاده کردند و نتایج نشان داد که قرارداد آتی ابزار مناسبی برای پوشش ریسک می باشد، مدل BEEK-GARCH بیشترین کارایی را در پوشش ریسک داشته و روش حداقل مربعات معمولی از اثربخشی کمتری نسبت به بقیه مدل‌ها برخوردار می باشد[۵].

فرزانگان در مطالعه خود در سال (۱۳۹۷) عملکرد پوشش ریسک بازار نقدی و آتی طلا را در بازه‌ی زمانی سال‌های ۸۹ تا ۹۵ و با روش های ADCC، GO- GARGH و GARCH مبتنی بر کاپیولا مورد بررسی قرارداد. نتایج بیانگر آن بود که اتخاذ موقعیت فروش در قرارداد آتی سکه باعث کاهش ریسک پورتفوی شده و مدل GO- GARGH نسبت به سایر مدل ها برتری دارد[۶]. مطالعه ای که در سال ۱۳۹۸ توسط صیادی و همکاران با هدف برآورد نسبت بهینه پوشش ریسک پویا انجام شد مدل های چند متغیره گارچ مانند DCC- BEEK – CCC برای برآورد نسبت بهینه پوشش ریسک و براساس سری زمانی قیمت نقدی نفت خام سبک و سنگین و قیمت آتی WTI و در بازه‌ی زمانی ژانویه ۱۹۸۵ تا دسامبر ۲۰۱۷ مورد استفاده قرار گرفتند و نتیجه این بود استفاده از مدل BEEK-GARCH در قرارداد هایی با سررسید یک ماهه بیشترین کارایی را دارد [۷].

احمد سادورسکی و شارما[۶] از مدل های گارچ چند متغیره در سال ۲۰۱۸ به منظور تخمین پوشش ریسک سهام های انرژی استفاده کردند [۸] و همچنین ملکی و رافعی (۱۳۹۷) نسبت بهینه پوشش ریسک آتی های سکه بهار آزادی را با مدل های ایستای OLS [۷] و مدل های پویای مارکوف سوئیچینگ مورد ارزیابی قراردادند و نتایج بیانگر این موضوع بود که مدل های مارکوف سوئیچینگ عملکردی بهتر از OLS از لحاظ کاهش واریانس و افزایش مطلوبیت دارند [۹].

درسال (۲۰۱۹) لای و همکاران [۸] عملکرد پوشش ریسک به وسیله قرارداد های آتی را با استفاده از داده های شاخص S&P ۵۰۰ بررسی کردند. در این پژوهش آزمون های درون نمونه ای و برون نمونه ای با استفاده از مدل های حداقل مربعات معمولی ، مدل اصلاح خطای برداری و چند متغیره گارچ انجام گرفت و نتایج نشان داد که در آزمون درون نمونه ای به ترتیب حداقل مربعات معمولی، اصلاح خطای برداری و چند متغیره گارچ دارای بیشترین کارایی می باشد و این در حالی است که در آزمون برون نمونه ای مدل های حداقل مربعات معمولی و اصلاح خطای برداری عملکرد ضعیف تری از مدل های چند متغیره گارچ داشتند[۱۰].

پس از آن، وانگ و همکاران (۲۰۱۹) [۹] به ارزیابی عملکرد پوشش ریسک قیمت نفت با استفاده از قرارداد آتی آن پرداختند. در این مطالعه، نسبت پوشش ریسک به دو روش حداقل واریانس و حداقل ریسک و با استفاده از مدل های سنتی ایستا و مدل های پویا مورد بررسی قرار گرفت و نتایج حاکی از آن بود که در روش حداقل واریانس، مدل های پویا کاراترند و در روش حداقل ریسک، مدل DCC- GARCH کارایی بیشتری دارد[۱۱]. بای (۲۰۱۹)[۱۰] در مقاله ای به روش حداقل واریانس و با استفاده از مدل های چند متغیره گارچ شامل DCC، GO و BEEK پرداخت. در این مطالعه از داده های روزانه در بازار شاخص سهام S&P500، DAX30 و KOSPI200 به منظور پوشش ریسک استفاده گردید و نتایج حاکی از آن بود که مدل های پویای چند متغیره گارچ مدل های مناسبی به جهت تعیین این نسبت می باشند[۱۲].

در پژوهشی که توسط برزآبادی فراهانی و همکاران در سال ۱۴۰۰ انجام گرفت، نویسندگان به مدلسازی برآورد نسبت بهینه پوشش روزانه ریسک سکه طلا با توجه به قراردادهای آتی زعفران، از طریق توابع کاپولا و تجزیه موجک و ترکیب این دو مدل پرداختند. نتایج بررسی با توجه به رویکردهای ایستا و متغیر زمانی نشان داد که بازار آتی زعفران توانایی برآورد نسبت پوشش ریسک بازار نقدی سکه طلا را دارا بوده و سرمایه گذاران می توانند از این بازار جهت پوشش ریسک خود استفاده نمایند؛ ضمن آنکه لحاظ وابستگی ساختاری بر اساس توابع کاپولا و تجزیه موجک، موجب برآورد نسبت بهینه دقیقتری از پوشش در افق های زمانی میان مدت و بلندمدت می گردد[۱۳].

در مطالعه‌ای که در سال ۲۰۲۳ انجام گرفت و عملکرد پوشش ریسک چهار قرارداد آتی کالا در برابر نوسانات قیمت بیت کوین مورد بررسی قرار گرفت؛ مدل‌هایی برای تخمین همبستگی‌های شرطی و نسبت‌های پوشش بهینه متغیر با زمان بین بازده معاملات آتی مس، گاز، طلا و نفت خام و بیت‌کوین توسعه یافتند. نتایج تجربی این مطالعه نشان داد که گاز و طلا دارای مزایای پوششی برای بیت کوین هستند. در این بین، نفت خام عملکرد پوششی ضعیفی را نشان داد. از نتایج نسبت‌های پوششی یک گام جلوتر، مشخص شد که نسبت‌های پوشش ریسک در سال ۲۰۱۸ به دلیل رکود اقتصادی کاهش یافته و در اوایل سال ۲۰۲۰ به دلیل تأثیر COVID-19 افزایش یافته است [۱۴].

### ۳. مبانی نظری

به طور کلی تحقیقات در حوزه نسبت بهینه پوشش ریسک را می‌توان در دو دسته حداقل‌کننده ریسک و حداکثر کننده مطلوبیت بر شمرد. بمنظور تعیین نسبت بهینه پوشش ریسک ابتدا باید تابع هدف انتخاب و با بهینه سازی آن نسبت پوشش ریسک بهینه را استخراج کرد. در روش‌های حداقل‌کننده ریسک، تعیین معیار ریسک اهمیت بسیاری دارد. یکی از رایج‌ترین معیارهای ارزیابی ریسک، واریانس می‌باشد. روش‌های حداکثر کننده مطلوبیت، علاوه بر ریسک، بازدهی انتظاری که جزء محدودیت اصلی روش‌های حداقل می باشد را در نظر گرفته و همزمان بازدهی و ریسک را در تابع هدف مورد استفاده قرار می دهد. برای دستیابی به هدف پوشش ریسک لازم است تا واریانس ارزش سبد سرمایه گذاری را به صفر رساند [۱۵]. بر این اساس، نسبت پوشش ریسک با حداقل واریانس را می توان ایجاد نمود به طوری که:

$$R_s = \frac{S_{t_1} - S_{t_0}}{S_{t_0}} \qquad (۱)$$

$R_S$ نرخ بازده در بازار نقدی و $S_{t_0}$ و $S_{t_1}$ ارزش دارایی دربازار نقدی زمان های $t_0$ و $t_1$ :

$$R_f = \frac{F_{t_1} - F_{t_0}}{F_{t_0}} \qquad (۲)$$

$R_f$ نرخ بازده در بازارهای قرارداد های آتی و $F_{t_0}$ و $F_{t_1}$ ارزش دارایی در بازار قراردادهای آتی در زمان های $t_0$ و $t_1$ بازده سبد سرمایه گذاری: شامل موضع معاملاتی خرید دربازار نقدی و موضع معاملاتی فروش در بازار آتی :

$$R_h = \frac{S_{t_1} - S_{t_0} - N \times (F_{t_1} - F_{t_0})}{S_{t_0}} = R_S - h \times R_f$$

$$R_h = \frac{S_{t_1} - S_{t_0} - N \times (F_{t_1} - F_{t_0})}{S_{t_0}} = R_S - h \times R_f \qquad (۳)$$

$N$ تعداد قرارداد های آتی و $h$ برابر با نسبت پوشش ریسک می باشد.

$$\mathrm{var}(R_h) = \mathrm{var}(R_s) + h^2\,\mathrm{var}(R_f) - 2 \times h \times \mathrm{cov}(R_s, R_f) \qquad (۴)$$

با درنظر گرفتن این واقعیت که با کاهش واریانس که نمایانگر ریسک است، کارایی پوشش ریسک افزایش می یابد بنابراین داریم:

$$\frac{\partial \operatorname{var}(R_h)}{\partial h} = 2 \times h \times \operatorname{var}(R_f) - 2\operatorname{cov}(R_s, R_f)$$

نسبت پوشش ریسک حداقل کننده واریانس $h^*$ بصورت زیر محاسبه می شود:

$$h* = \frac{\operatorname{cov}(R_s, R_f)}{\operatorname{var}(R_f)} \quad (۵)$$

تعداد قراردادهای آتی که به منظور پوشش ریسک بایستی مورد استفاده قرارگیرد از فرمول زیر بدست می آید:

$$N^* = h^* \frac{S_{t_0}}{F_{t_0}} \quad (۶)$$

با درنظر گرفتن این واقعیت که با کاهش واریانس که نمایانگر ریسک است، کارایی پوشش ریسک افزایش می یابد و در نهایت نرخ بهینه پوشش ریسک برابر است با :

$$h = \rho \frac{\sigma S}{\sigma F} \quad (۷)$$

در معادله رگرسیونی، ضریب بتا همان نرخ بهینه پوشش ریسک است در حالی که مفروضات رگرسیون کلاسیک برقرار باشد.

$$\sigma S_t = \alpha + \beta \sigma F_t + \varepsilon_t \quad (۸)$$

لازم بذکر می باشد که این مدل، تغییرات قیمت نقدی و آتی موجود در بازار در گذر زمان را نادیده می گیرد و این موضوع باعث کاهش کارایی آن در تعیین نسبت بهینه پوشش ریسک می شود. این در حالی است که مشکل مذکور در مدل های خودرگرسیون برداری مرتفع گردیده است. یک مدل خودرگرسیون برداری براساس معادلات ساختاری، از خطاهای دوره‌های قبل بمنظور تعیین مقدار فعلی استفاده می کند. درالگوی خودرگرسیون برداری فرض براین است که کلیه متغیرها در سطح مانا می باشند. وجود هم‌انباشتگی در این گام مهم است و برای بررسی آن از آزمون هایی از جمله آزمون یوهانسن- جوسیلیوس استفاده می شود. در این آزمون ابتدا تعداد بردارهای هم انباشتگی با آماره‌های اثر و حداکثر مقادیر ویژه تعیین و پس از اثبات وجود بردار هم انباشتگی، با وارد کردن بردار هم-انباشتگی در مدل خودرگرسیون برداری، مدل تصحیح خطا حاصل می شود؛ اگر چه ناهمسانی واریانس در این مدل ها نادیده گرفته می شود. در واقع در این مدل ها از گشتاورهای نمونه ای غیرشرطی به جای گشتاورهای نمونه ای شرطی استفاده می شود. از این رو، برای بهبود نسبت بهینه پوشش ریسک، از مدل‌های ناهمسان شرطی خود رگرسیو برداری استفاده می شود که در آن ها ماتریس واریانس کواریانس شرطی به جای غیر شرطی تشکیل می شود. این قابلیت موجب می شود که امکان تغییر نسبت پوشش ریسک بهینه در طول زمان وجود داشته باشد؛ در حالی که در مدل های قبل نسبت بهینه پوشش ریسک در طول زمان ایستا در نظر گرفته می شد. رویکرد مدل‌سازی گارچ چند متغیره بعنوان رویکردی توانمند در مدلسازی پویای این نسبت به کرات در مطالعات اخیر مورد استفاده قرار گرفته است از جمله مدلی که در آن نیازی به جداسازی الگوی واریانس کواریانس نبود این مدل تحت عنوان مدل همبستگی‌های شرطی ثابت گارچ برداری شده (CCC)[11] معرفی شد[ ۱۶].

## ۴. روش شناسی پژوهش:

به منظور تعیین پوشش بهینه ریسک نرخ ارز با استفاده از قرارداد های آتی طلا و پیش بینی آن، داده های مربوط به قیمت آتی سکه طلا طرح امام و نرخ ارز از ابتدای سال ۱۳۹۶ (یکم فروردین ۹۶) تا ۸ مرداد ماه سال ۱۴۰۰جمع آوری گردید. سری زمانی نرخ ارز از سایت مرکز آمار ایران و قیمت آتی سکه طلا طرح امام از شرکت بورس کالای ایران استخراج شد. برای تعیین نسبت بهینه پوشش ریسک ایستا و پویا سری زمانی هفتگی داده های مذکور در همین بازه زمانی استفاده شد. با عنایت به نوسانات زیاد قیمتی در بازه زمانی یک روزه، سری زمانی هفتگی داده ها در این پژوهش مورد بررسی قرار می‌گیرد تا در بازه زمانی یک هفته‌ای بسیاری از نوسانات یکدیگر را خنثی نمایند. به جهت دستیابی به سری‌زمانی هفتگی ابتدا بایستی سری زمانی روزانه آتی سکه طلا جمع‌آوری و سری زمانی هفتگی از آن استخراج شود. بمنظور فراهم سازی سری زمانی هفتگی قیمت آتی سکه طلا، قیمت تسویه ی روزانه قرارداد هایی با نزدیک ترین سر رسید استفاده شد که برای استفاده از قیمت آتی، با فرا رسیدن سر رسید قرار داد بایستی از داده های مربوط به قرار داد آتی بعدی استفاده نمود که این اتفاق منجر به وقوع یک جهش نامتعارف در قیمت‌ها می‌شود که برای مقابله با این اتفاق و هموار سازی داده‌ها روش های مختلفی وجود دارد که در این پژوهش یک میانگین وزنی از قیمت قرار داد در روز های نزدیک به سر رسید

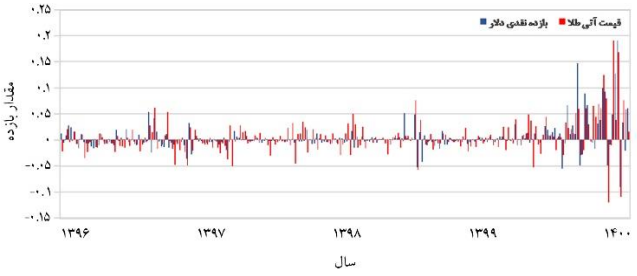
قرارداد فعلی و روزهای ابتدایی قرار داد بعدی با نزدیکترین سر رسید جهت هموار سازی استفاده می‌شود.

فرضیه اول در این پژوهش آن است که رابطه معناداری بین نرخ ارز دلار در بازار آزاد و قیمت سکه طلا طرح امام در بازار آتی وجود دارد. فرض دوم آن است که امکان پوشش ریسک نرخ ارز دلار در بازار آزاد به وسیله قیمت آتی سکه طلا وجود دارد. از این رو ابتدا خصوصیات آماری متغیرهای مورد استفاده در این پژوهش و ضریب همبستگی بین آن ها بررسی می شود (جدول ۱).

**جدول ۱. خلاصه خصوصیات آماری قیمت نقدی دلار در بازار آزاد و آتی سکه طلا طرح امام**

| | نرخ ارز دلار به ریال | قیمت آتی سکه طلا به ریال |
|---|---|---|
| **تعداد** | ۲۲۷ | ۲۲۷ |
| **میانگین** | ۳۹۸۱۷/۶۷ | ۱۲۵۲۵۵۱۳ |
| **میانه** | ۳۵۰۹۰ | ۱۰۵۶۵۹۵۷ |
| **حداکثر** | ۱۱۲۹۶۰ | ۴۲۸۶۱۵۲۳ |
| **حداقل** | ۳۰۴۸۰ | ۸۵۰۸۹۸۴ |
| **انحراف معیار** | ۱۴۱۲۸/۴۱ | ۵۸۴۱۶۷۸ |
| **چولگی** | ۳/۳۷۵۵۰۷ | ۳/۳۱۸۰۸۰ |
| **کشیدگی** | ۱۴/۹۳۵۱۶ | ۱۴/۷۴۸۸۴ |
| **جارک-برا** | ۱۷۷۸/۳۹۶ | ۱۷۲۲/۱۱۵ |
| **ضریب همبستگی** | ۰/۹۹۱۴۲۸ | |

قابل مشاهده است که نرخ ارز دلار با آتی سکه طلا همبستگی بالایی دارد و سری زمانی قیمت این داده به منظور شفافیت بیشتر در شکل (۱) قابل مشاهده می باشد.




**شکل ۱. سری زمانی بازده نقدی دلار و آتی سکه طلا**

همانطور که در شکل (۱) دیده می شود نوسانات نرخ ارز دلار با آتی سکه طلا طرح امام در بسیاری از مواقع همسو بوده که این موضوع بیانگر آن است که امکان پوشش ریسک نرخ ارز دلار با آتی سکه طلا وجود دارد. با عنایت به لزوم تعیین نسبت بهینه پوشش ریسک به بازده قیمت نقدی دلار و آتی سکه طلا، خصوصیات آماری موارد مذکور در قالب جدول ۲ بررسی می شود:

**جدول ۲. خلاصه خصوصیات آماری بازده نقدی دلار و بازده آتی سکه طلا**

| | بازده نقدی نرخ ارز | بازده آتی سکه طلا |
|---|---|---|
| **تعداد** | ۲۲۷ | ۲۲۷ |
| **میانگین** | ۰/۰۰۵۷۷۴ | ۰/۰۰۶۴۵۶ |
| **میانه** | ۰/۰۰۰۸۸۶ | ۰/۰۰۲۴۱۹ |
| **حداکثر** | ۰/۱۹۲۷۱۵ | ۰/۱۹۳۱۸۶ |
| **حداقل** | ۰/۰۸۸۸۱۶ | -۰/۱۱۸۱۵۲ |
| **انحراف معیار** | ۰/۰۲۷۰۶۴ | ۰/۰۳۱۵۷۰ |
| **چولگی** | ۲/۸۶۹۳۳۵ | ۱/۵۵۰۱۱۶ |
| **کشیدگی** | ۱۸/۷۰۵۷۰ | ۱۲/۷۳۰۴۳ |
| **جارک-برا** | ۲۶۴۴/۵۶۴ | ۹۸۶/۴۳۶۰ |
| **ضریب همبستگی** | ۰/۶۵۷۷۴۲ | |

برای تعیین نسبت پوشش ریسک بهینه رویکرد های متفاوتی وجود دارد که پر کاربردترین این روش‌ها، حداقل واریانس می‌باشد که در این پژوهش مورد استفاده قرار می گیرد. قبل از تعیین نسبت بهینه پوشش ریسک ابتدا ریشه واحد بودن سری‌های زمانی (مانایی) با استفاده از آزمون دیکی فلور تعمیم‌یافته بررسی می‌شود. نتایج آزمون بصورت جدول ۳ قابل ارایه می باشد.

**جدول ۳. نتایج آزمون دیکی فلور تعمیم یافته**

| تفاضل سطح | آماره t | | احتمال | | مفروضات آزمون |
|---|---|---|---|---|---|
| | بازده نقدی دلار | بازده آتی سکه طلا | بازده نقدی دلار | بازده آتی سکه طلا | |
| **صفر** | ۲/۲۲ | -۳/۴۱۳ | ۰/۹۹ | ۰/۰۰۰۷ | بدون عرض از مبدا |
| **یک** | -۸/۹۵ | -۱۰/۸۴ | ۰/۰ | ۰/۰۰۰ | |
| **صفر** | ۱/۷۶ | -۳/۸۲۴ | ۰/۹۹ | ۰/۰۰۳۱ | با عرض از مبدا |
| **یک** | -۹/۰۹ | -۱۰/۸۴ | ۰/۰۰ | ۰/۰۰۰ | |
| **صفر** | ۰/۶۰ | -۳۲/۳۲ | ۰/۹۹ | ۰/۰۰۰ | با عرض از مبدا و روند |
| **یک** | -۹/۴۹ | -۱۰/۸۹ | ۰/۰۰ | ۰/۰۰۰ | |

همانطور که در جدول قابل مشاهده است بازده نقدی دلار در سطح صفر در سه حالت بدون عرض از مبدا و روند، با عرض از مبدا و با عرض از مبدا و روند مانا نیست و با یکبار تفاضل‌گیری مانا می‌شود. در حالی که بازده آتی سکه طلا در همه‌ی حالات ماناست پس می توان گفت که بازده نقدی دلار و آتی سکه طلا با یکبار تفاضل-گیری مانا می‌شود.

### ۴. ۱. برآورد مدل رگرسیون خطی معمولی

نتایج حاصل از براورد نسبت پوشش ریسک دلار با آتی سکه طلا به روش رگرسیون خطی معمولی مقدار $p_{value}$=۰.۰۰<۰.۰۵ را برای فرض صفر $\beta$ یا همان نسبت بهینه پوشش ریسک برابر با صفر نتیجه می دهد؛ بنابراین فرض صفر رد شده و مقدار$\beta$ پذیرفته می‌شود و نسبت پوشش ریسک بهینه دلار با آتی سکه طلا حاصل از روش رگرسیون معمولی برابر با مقدار ۰/۵۶۳۸۵۶ تعیین می گردد.

### ۴. ۲. برآورد مدل رگرسیونی خود رگرسیون برداری

برای برآورد نسبت پوشش ریسک بهینه با مدل خودرگرسیون برداری ابتدا بایستی تعداد وقفه بهینه را مشخص نمود برای این منظور تعداد وقفه بهینه براساس معیار های مختلف مورد بررسی قرار می گیرد. در جدول ۴ خلاصه ای از تعداد وقفه بهینه با سه معیار شوارتز، حنان کویین و آکاییک قابل مشاهده می‌باشد [۱۷].

**جدول ۴. خلاصه ای از تعداد وقفه بهینه با سه معیار**

| وقفه ها | شوارتز (SC) | حنان کویین (AIC) | آکاییک AIC (C) |
|---|---|---|---|
| ۰ | -۸.۹۴۵۳۳۱ | -۸.۹۶۳۷۲۳ | -۸.۹۷۶۱۸۲ |
| ۱ | -۸.۹۰۶۵۷۷ | -۸.۹۶۱۷۵۵ | -۸.۹۹۹۱۳۰ |
| ۲ | -۸.۹۴۹۹۹۷ | -۹.۰۴۱۹۶۰ | -۹.۱۰۴۲۵۳ |
| ۳ | -۸.۹۵۹۵۱۹ | -۹.۰۸۸۲۶۸ | -۹.۱۷۵۴۷۸ |
| ۴ | -۸.۹۰۵۷۴۸ | -۹.۰۷۱۲۸۲ | -۹.۱۸۳۴۰۸ |
| ۵ | -۸.۸۷۸۲۹۰ | -۹.۰۸۰۶۰۹ | -۹.۲۱۷۶۵۲ |
| ۶ | -۸.۸۷۶۶۸۸ | -۹.۱۱۵۷۹۳ | -۹.۲۷۷۷۵۳ |
| ۷ | -۸.۸۵۴۵۳۲ | -۹.۱۳۰۴۲۲ | -۹.۳۱۷۳۰۰ |

درانتخاب تعداد وقفه بهینه برای داده هایی که بصورت سری زمانی هستند هنگامی که داده‌ها تعدادی کمتر از ۱۰۰ داشته باشند از معیار شوارتز، هنگامی که مقداری بین ۱۰۰ تا ۲۰۰ داشته باشند از معیار حنان کویین و هنگامی که مقداری بیش از ۲۰۰ داشته باشند از معیار آکاییک استفاده می شود و از انجایی که تعداد داده ها ۲۲۷ می باشد از معیار آکاییک به جهت انتخاب تعداد وقفه بهینه استفاده می‌شود پس تعداد وقفه بهینه برابر ۷ می‌باشد.

### ۴. ۳. آزمون علیت گرنجر

در برآورد مدل خودرگرسیون برداری بایستی همه متغیرها بریکدیگر تاثیرگذار باشند یعنی هر متغیر علت متغیر دیگر باشد در این آزمون فرض صفر آن است که یک متغیر، علت متغیر دیگر نیست. با توجه به مقدار $p_{value}$ برابر با ۰.۰۰۰۶< α=۰.۰۵ می باشد پس فرض صفر در هر دو حالت رد شده و می‌توان گفت تغییر در بازده آتی سکه طلا باعث تغییر در بازده نقدی دلار شده و از طرفی تغییر در بازده نقدی دلار باعث تغییر در بازده آتی سکه طلا می‌شود و یک رابطه‌ی دو سویه بین متغیرها وجود دارد.

براورد ضرایب مدل خودرگرسیون برداری و تعیین نسبت بهینه پوشش ریسک با استفاده از ماتریس واریانس-کواریانس جملات خطا انجام می‌شود که اگر فرض بر این باشد $\mathrm{var}(\varepsilon_{ft}) = \delta_{ff}$ و $\mathrm{cov}(\varepsilon_{ft}, \varepsilon_{st}) = \delta_{fs}$ آنگاه نسبت پوشش ریسک بهینه برابر با

$$h = \frac{\delta_{fs}}{\delta_{ff}} \qquad (2)$$

می‌باشد. که با توجه به محاسبات انجام شده مقدار نسبت پوشش ریسک بعد از تخمین مقدار $var$ از تقسیم کواریانس جملات خطای بازده های نقدی دلار و آتی سکه طلا به واریانس جملات خطای بازده آتی سکه طلا برابر با ۰.۵۲۵۳۲۲ تعیین می گردد.

### ۴.۴. برآورد مدل تصحیح خطای برداری (ECM)

برای تعیین نسبت بهینه پوشش ریسک به روش تصحیح خطای برداری (ECM) لازم است تا وجود یا عدم وجود یک رابطه بلند مدت بین متغیرهای مورد نظر مورد بررسی قرار گیرد بدین خاطر از آزمون هم انباشتگی یوهانسون استفاده می‌شود.

**جدول ۵. خلاصه نتایج آزمون هم انباشتگی یوهانسون برای تعیین تعداد بردار هم جمعی در مفید ترین حالت**

| فرضیات | آماره اثر | حداکثر مقادیر ویژه |
|---|---|---|

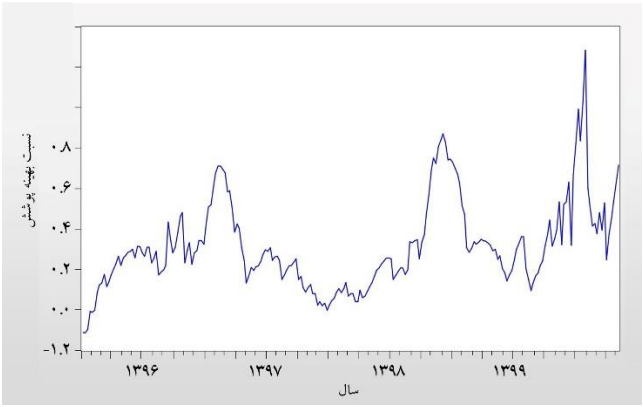
| | مقدار آماره | احتمال | مقدار آماره | احتمال |
|---|---|---|---|---|
| **فقدان بردار** | ۳۷/۲۹۸۳۶ | ۰/۰۰۰ | ۳۷/۲۹۲۹۹ | ۰/۰۰۰ |
| **حداکثر یک بردار** | ۰/۰۰۵۳۶۵ | ۰/۹۵۱۹ | ۰/۰۰۵۳۶۵ | ۰/۹۵۱۹ |

با توجه به نتایج آزمون همبستگی یوهانسون در جدول ۵ می توان دریافت که یک بردار هم انباشتگی بین قیمت دلار و آتی سکه طلا موجود می‌باشد پس می‌توان گفت با روش تصحیح خطای برداری می توان روابط کوتاه مدت و بلندمدت بین قیمت دلار و آتی سکه طلا را برآورد کرد. به دلیل انباشته بودن قیمت دلار و آتی سکه طلا از یک مرتبه، نیازی به تفاضل گیری از آنها نیست و رابطه بلند مدت بین این دو متغیر با استفاده از خود آنها با وجود ریشه واحد بودن آنها تخمین زده می‌شود. نسبت پوشش ریسک بهینه بعد از تخمین مدل VECM از تقسیم کواریانس جملات خطای بازده های نقدی دلار و آتی سکه طلا به واریانس جملات خطای بازده آتی سکه طلا بدست می‌آید که برابر ۰/۵۲۷۹۸ می‌باشد. مطابق با نتایج بدست آمده، در مورد جملات خطا در مدل خودرگرسیون برداری همبستگی وجود داشته و از طرفی اثرات آرچ قابل مشاهده می باشد، از این رو احتمال بهبود مدلهای ایستا با مدلهای پویای گارچ وجود دارد.

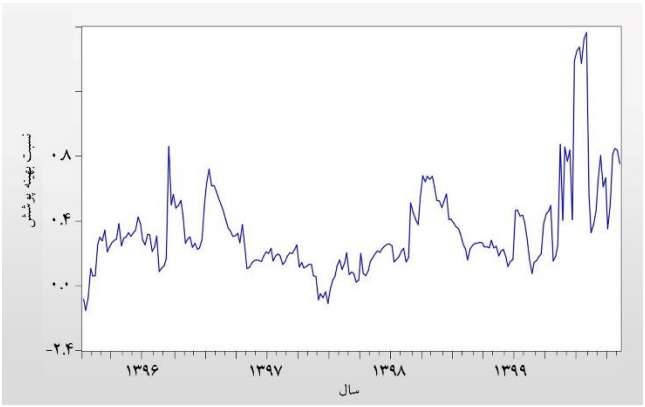
### ۴. ۵. برآورد نسبت بهینه پوشش ریسک با استفاده از مدل‌های پویا

همان طور که از خروجی مدل ها مشخص است، نسبت بهینه پوشش ریسک در مدل های OLS، VAR، ECM در طول زمان مقدار ثابتی در نظر گرفته شده است و این گونه تلقی شده که از دوره ای به دوره‌ی دیگر تغییر نمی‌کند. این در حالی است که می دانیم پوشش ریسک در دوره های مختلف ثابت نبوده و در طول زمان تغییر می کند اما در مدلهای مختلف گارچ نسبت پوشش ریسک بهینه در طول زمان ثابت نبوده و همواره در حال تغییر فرض می شود. بنابراین انتظار می رود که تخمین نسبت بهینه پوشش ریسک با استفاده از مدلهای VECH-GARCH، CCC-GARCH و BEEK-GARCH نتایج دقیق تری را نتیجه دهد.

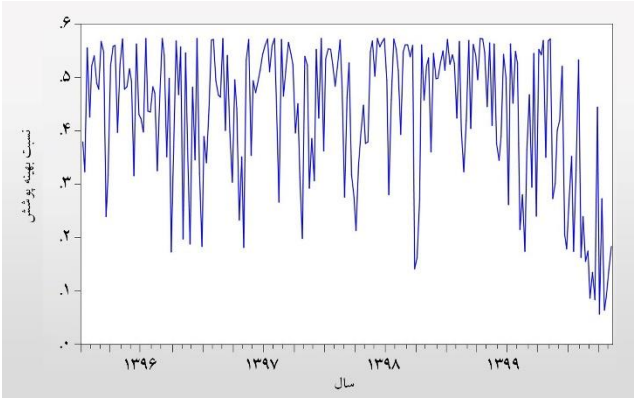
در تخمین مدل های پویای VECH-GARCH، CCC-GARCH و BEEK-GARCH ابتدا تخمین پارامتر های مدل انجام می شود که برای انجام این کار از نرم افزار ایویوز استفاده می‌شود. پس از تخمین پارامترها با هدف تعیین نسبت بهینه پوشش ریسک بایستی ماتریس کواریانس آن تشکیل شود در انتها همان طور که بیان شد از تقسیم کواریانس شرطی بین بازده نقدی قیت دلار و بازده آتی سکه طلا به واریانس شرطی بازده آتی سکه طلا نسبت بهینه پوشش ریسک بدست می‌آید که در شکل ۲ تا ۴ قابل مشاهده می باشد.




**شکل ۲. مقادیر نسبت پوشش ریسک بهینه با استفاده از مدل VECH-GARCH**




**شکل ۳. مقادیر نسبت پوشش ریسک بهینه با استفاده از مدل BEEK-GARCH**




**شکل ۴. مقادیر نسبت پوشش ریسک بهینه با استفاده از مدل CCC-GARCH**

جمع بندی نتایج حاصل از اجرای مدل های پویا مطابق با جدول قابل مشاهده می باشد.

**جدول ۶. خصوصیات آماری نسبت های بهینه پوشش ریسک پویا**

| | VECH-GARCH(۱,۱) | BEKK-GARCH (۱,۱) | CCC-GARCH (۱,۱) |
|---|---|---|---|
| **تعداد مشاهدات** | ۲۲۷ | ۲۲۷ | ۲۲۷ |
| **میانگین** | ۰.۳۱۵۰۹۳ | ۰.۳۲۹۲۲۱ | ۰.۴۳۱۹۵۴ |
| **میانه** | ۰.۲۷۱۶۵۱ | ۰.۲۵۶۲۱۲ | ۰.۴۷۷۶۸۵ |
| **حداکثر** | ۱.۲۸۵۱۲۸ | ۱.۵۶۳۱۴۷ | ۰.۵۷۳۳۲۱ |
| **حداقل** | -۰.۱۱۴۵۱۰ | -۰.۱۵۲۲۶۲ | ۰.۰۵۵۴۷۴ |
| **انحراف معیار** | ۰.۲۲۰۲۸۳ | ۰.۲۷۶۱۷۲ | ۰.۱۳۵۰۰۷ |
| **چولگی** | ۱.۱۳۱۱۱۲ | ۱.۹۸۱۴۶۴ | -۰.۸۹۹۲۶۱ |
| **کشیدگی** | ۴.۷۲۰۳۶۵ | ۸.۶۴۶۷۱۵ | ۲.۷۸۶۳۸۹ |
| **آماره چارک برا** | ۷۹.۳۹۷۹۳ | ۴۵۰.۱۲۳۸ | ۳۱.۰۲۶۲۵ |

پس از محاسبه نسبت بهینه پوشش ریسک با استفاده از مدل های ایستا و پویا، اقدام به تشکیل پورتفوی بر اساس نسبت های بدست آمد می‌نماییم. ارزیابی کارایی رویکردهای اتخاذ شده در کاهش ریسک پورتفوی با استفاده از شاخص $e$ انجام می شود به طوری که:

$$e = 1 - \frac{v(H)}{v(U)} \quad (3)$$

$v(H)$برابر واریانس پورتفوی پوشش داده شده و $v(U)$ واریانس پورتفوی بدون پوشش ریسک می باشد. جدول ۷ واریانس سبد دارایی و درصد کاهش واریانس را برای مدل های مختلف مورد بحث نشان می دهد.

**جدول ۷. کارایی پوشش ریسک با استراتژی های مختلف**

| استراتژی | واریانس سبد | درصد کاهش واریانس |
|---|---|---|
| **بدون پوشش** | ۰.۰۰۱۲۱۰۳۷ | - |
| **OLS** | ۰.۰۰۰۶۸۸۱۹۳ | ۰.۴۳۱۴۱۹ |
| **VAR** | ۰.۰۰۰۶۸۶۸۰۹ | ۰.۴۳۲۵۶۳ |
| **VECM** | ۰.۰۰۰۶۸۶۸۹۶ | ۰.۴۳۲۴۹۱ |
| **VECH-GARCH** | ۰.۰۰۰۷۰۲۴۸۶ | ۰.۴۱۹۶۱۱ |
| **BEKK-GARCH** | ۰.۰۰۰۳۳۰۵۱۹ | ۰.۷۲۶۹۲۷ |
| **CCC-GARCH** | ۰.۰۰۰۴۸۸۸۹۹ | ۰.۵۹۶۰۷۵ |
| **پوشش ریسک ساده** | ۰.۰۰۰۷۱۳۲۷ | ۰.۴۱۰۷۰۱ |

بر اساس نتایج می توان این گونه عنوان کرد همه مدل های OLS، VAR و VECM دارای کارایی یکسانی در تعیین نسبت پوشش ریسک بهینه و کاهش ریسک پورتفوی داشتند و از بین سه مدل پویای گارچ VECH-GARCH، BEKK-GARCH و CCC-GARCH مدل VECH-GARCH در مقایسه با استراتژی پوشش ریسک ساده بهبود کارایی چندانی نداشته و این در حالی است که دو مدل BEKK-GARCH وCCC-GARCH کارایی نسبتاً بالایی داشتند و مدل BEKK-GARCH بهترین کارایی را در مقایسه با سایر مدل ها در کاهش ریسک پورتفوی داشته است.

در نهایت برای پاسخ به این سوال که از بین استراتژی ها و مدل های مورد استفاده در تعیین نسبت پوشش ریسک بهینه کدامیک کارایی بالاتری دارد، می‌توان این گونه عنوان کرد که بر اساس نتایج این بررسی، بهترین استراتژی و مدل جهت تعیین نسبت بهینه پوشش ریسک، مدل پویای BEKK-GARCH می باشد. در کل براساس نتایج می‌توان این چنین بیان کرد که بین قیمت نقدی دلار و آتی سکه طلا رابطه معنی داری وجود دارد و به این دلیل امکان پوشش ریسک متقاطع قیمت دلار با قیمت آتی سکه طلا بوده و این استراتژی به میزان قابل توجهی ریسک پورتفوی را کاهش می‌دهد.

نتایج حاکی از وجود عدم قطعیت در مقدار این نسبت در طی زمان و وجود الگوهای معنی دار از وابستگی به داده‌های دوره‌های قبلی در سری زمانی نسبت پوشش ریسک می باشد که برتری استفاده از روش های ناپارامتریک از قبیل شبکه عصبی مصنوعی را برای پیش بینی مقادیر آتی این سری زمانی توجیه می نماید. بر اساس مطالعه ای که در سال ۲۰۲۳ توسط شیرازی و همکارانش با عنوان "مقایسه پوشش و ریسک های مالی: از رگرسیون تا شبکه عصبی مصنوعی" انجام شد، برتری رویکرد شبکه عصبی نسبت به روش های موجود اثبات گردید[ ۱۸].

### ۵.۴. مدل MLP در شبکه عصبی به جهت پیش بینی نسبت بهینه پوشش ریسک

مدل شبکه عصبی مصنوعی بعنوان یکی از شاخه های هوش مصنوعی از ساختار نرون های مغز انسان الگو برداری شده است. آنها در عمل، مجموعه‌ای از مدل‌های غیرخطی انعطاف‌پذیر هستند که قادر به کشف الگوهای موجود در داده‌ها بوده و در خلال پردازش داده‌های تجربی، اطلاعات و یا قوانین پنهان در داده‌ها را به ساختار شبکه منتقل می‌کنند [۱۹]. یکی از مدل های شبکه عصبی مصنوعی که در پیش بینی کاربرد دارد، مدل شبکه عصبی پرسپترون می باشد که در این مطالعه، بمنظور پیش بینی نسبت بهینه پوشش ریسک (محاسبه شده توسط روش پویای BEKK-GARCH) مورد استفاده قرار می گیرد. شبکه‌های پرسپترون چند لایه جزء پرکاربردترین مدل‌های شبکه عصبی برای مدل‌سازی سیستم‌های غیرخطی به شمار می‌آیند. این نوع شبکه ها از جمله روش‌های مدل‌سازی هستند که قادر به تخمین موارد غیرخطی متعدد در داده‌ها هستند و یک چارچوب محاسبه انعطاف‌پذیر برای انواعی از مسائل غیرخطی علی الخصوص سری های زمانی ارایه می نمایند. [۲۰]

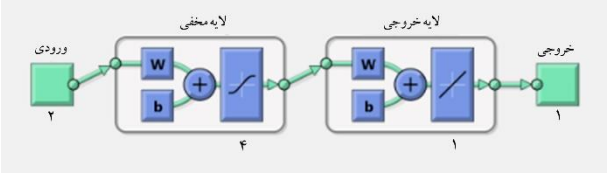
بازده نقدی دلار و آتی سکه طلا از ابتدای سال ۱۳۹۶ تا ۸ مردادماه سال ۱۴۰۰ بعنوان متغیر های ورودی پرسپترون پیشنهادی و مقدار بهینه پوشش ریسک بعنوان متغیر خروجی در نظر گرفته شد. لازم بذکر می باشد که از مقادیر بدست آمده از مدل پویای BEKK-GARCH بعنوان داده های تاریخی نسبت بهینه پوشش ریسک مربوط به این بازه استفاده شد. تعداد مشاهدات برابر با ۲۲۷ می باشد که از این تعداد ۷۰٪ آن یعنی ۱۵۹ داده بعنوان داده های آموزش، ۱۵٪ آن یعنی تعداد ۳۴ داده بعنوان داده های صحه گذاری و ۱۵۵ دیگر آن یعنی ۳۴ داده بعنوان داده های تست در نظر گرفته شد.

در فرآیند یادگیری شبکه، ابتدا داده‌های مربوط به آموزش به شبکه ارایه می‌گردد و وزن‌های اولیه اتصالات مابین نرون‌ها به صورت تصادفی توسط شبکه انتخاب و پس از بارگذاری داده‌های مجموعه آموزش و تنظیم وزن‌های شبکه، اولین گروه از داده‌ها به عنوان ورودی به شبکه اعمال می‌شود. سپس خروجی شبکه با استفاده از توابع و الگوریتم یادگیری محاسبه شده و با خروجی مطلوب مقایسه می‌گردد. در مرحله بعد شبکه با استفاده از بایاس محاسبه شده، وزن‌های شبکه را تغییر می‌دهد و این عملیات برای کل داده‌های آموزش اعمال می‌گردد که پس از اعمال هر ورودی، وزن‌های شبکه به هنگام می‌گردند. هر بار تکرار فرآیند فوق یک تکرار نام دارد و بعد از هر تکرار میانگین مربعات خطا محاسبه شده (MSE) و با مقدار هدف مقایسه می‌شود؛ در صورتی که خطا بزرگتر از خطای هدف باشد دوباره یک سیکل دیگر تکرار می‌شود. در اینجا شرط توقف آموزش رسیدن به گرادیان خطای نزدیک به صفر است. جدول ۸ نتایج در لحظه توقف را برای توپولوژی های مختلف نشان می‌دهد.

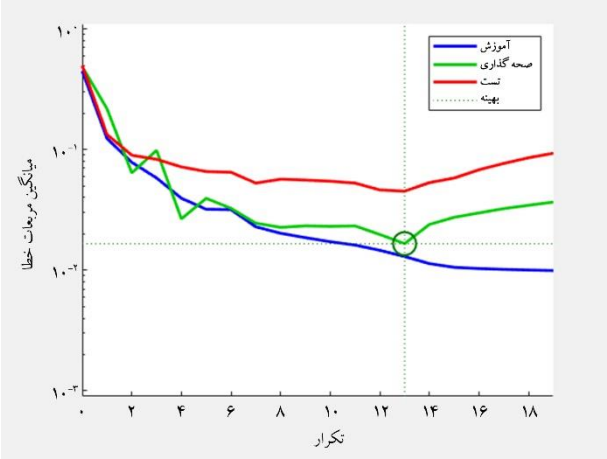
**جدول ۸ . نتایج در لحظه توقف در مرحله ی آموزش و تست در تعداد لایه ها و نسبت های متفاوت در داده ها**

| # | نرون لایه مخفی | داده های آموزش | | داده های تست | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | MSE | R | MSE | R |
| ۱ | ۳ | ۰.۰۲۴۳ | ۰.۹۴۳ | ۰.۰۷۰۱ | ۰.۵۰۳۱ |
| ۲ | ۴ | ۰.۰۱۶۶ | ۰.۹۷۱ | ۰.۰۴۹۱ | ۰.۸۸۱۱ |
| ۳ | ۵ | ۰.۰۶۸۱ | ۰.۹۸۰ | ۰.۰۹۳۰ | ۰.۷۴۱۰ |
| ۴ | ۶ | ۰.۰۲۵۷ | ۰.۹۴۳ | ۰.۰۶۲۲۸ | ۰.۸۵۱۱ |

بهترین شبکه پیشنهادی بر اساس تابع عملکرد میانگین مربعات خطا، مربوط به توپولوژی شماره ۲ با کمترین MSE داده های تست می باشد که مقداری برابر با ۰.۰۱۶۶ برای مرحله آموزش و ۰.۰۴۹۱ مربوط به مرحله تست را دارا می باشد. همچنین خروجی‌های این مدل، R بسیار نزدیک به عدد ۱ را دارد؛ ۰.۹۷۱ و ۰.۸۸۱۱ به ترتیب ضریب R مربوط به مرحله آموزش و تست این شبکه می‌باشد. صحه‌گذاری شبکه‌های عصبی در اصل همان بررسی میانگین مربعات خطا و گرادیان خطا در حین فرآیند آموزش می‌باشد که درصورتی‌که مدل برازش شده در سطح عملکرد قابل قبولی با توجه به معیارهای مناسب برازش باشد، فرآیند آموزش به معنای دست‌یابی به مدل قابل‌قبول متوقف می شود. در ادامه توپولوژی برتر مطابق با شکل ۵ و مراحل آموزش، صحه گذاری و تست مدل در شکل ۶ قابل مشاهده می باشد. همانطور که مشاهده می شود فرآیند آموزش پس از ۱۳ بار تکرار داده ها به بهترین مقدار خود برای مقادیر وزن ها و بایاس های شبکه رسیده است.




**شکل ۵ . توپولوژی شبکه پرسپترون پیشنهادی شامل ۴ نرون در لایه میانی و یک نرون در لایه خروجی**




**شکل ۶ . نمودار های آموزش، صحه گذاری و تست در مراحل مختلف تکرار داده ها**

با استفاده از شبکه انتخاب شده (توپولوژی شماره ۲)، نسبت های بهینه پوشش ریسک برای هفته های آتی مطابق با جدول ۹ محاسبه گردید.

**جدول۹ . پیش بینی ۵ دوره آتی با استفاده از شبکه برتر**

| نام دوره | مقدار پیش بینی شده |
|---|---|
| دوره اول | ۰.۸۵۱۱ |
| دوره دوم | ۰.۹۰۳۰ |
| دوره سوم | ۱.۱۰۴ |
| دوره چهارم | ۱.۳۷۰ |
| دوره پنجم | ۱.۲۳۸ |

## ۵. جمع بندی و نتیجه گیری

در سال های اخیر به جهت نوسانات شدید نرخ ارز دلار در ایران، مهار نوسانات و پوشش ریسک آن مورد توجه بسیاری قرار گرفته است. یکی از روش های کارا در جهت کاهش ریسک استفاده از قرارداد آتی و پوشش ریسک متقاطع جهت کاهش ریسک پورتفوی می‌باشد. هدف از این پژوهش بررسی امکان پوشش ریسک متقاطع نرخ ارز با آتی سکه طلا در بازار مالی ایران است؛ بعبارت دیگر، این پژوهش به دنبال بررسی این موضوع است که با تشکیل یک سبد دارایی شامل دلار و آتی سکه طلا، ریسک نوسانات دلار را تا حد امکان پوشش داده و کاهش دهد.

در این پژوهش، ابتدا مشخصات آماری دلار و آتی سکه طلا و همچنین همبستگی بین این دو دارایی مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد که بین نرخ ارز دلار و قیمت آتی سکه طلا رابطه معناداری وجود دارد. بنابراین به دلیل وجود رابطه معنادار بین این دو دارایی، فرضیه دوم مبنی بر امکان پوشش ریسک نرخ ارز دلار با آتی سکه طلا مورد آزمون قرار گرفت و پذیرفته شد که این نتیجه گیری با نتایج حاصل از تحقیقات مهرآرا و همکاران (۱۳۹۷) همخوانی دارد [۲۱].

همچنین نتایج نشان داد که از بین مدل های مختلف، مدل پویای BEKK-GARCH دارای بهترین عملکرد در کاهش ریسک پورتفوی بوده که این نتیجه با نتایج تحقیقات صیادی و همکاران (۱۳۹۸) و لای (۲۰۱۹) که بر اساس داده های مربوط به دارایی نفت خام انجام شده است، همخوانی دارد [۱۰,۷] . همچنین از یک مدل عصبی مصنوعی پرسپترون بمنظور پیش بینی نسبت پویای بهینه پوشش ریسک بر اساس بازده قیمت دارایی ها استفاده گردید که نتایج بیانگر کارایی قابل قبول این مدل و همچنین افزایش کارایی پیش بینی با استفاده از بازده دارایی ها به جای قیمت دارایی ها بود.

یکی از ساده ترین ابزارها برای کاهش ریسک در شرایط نااطمینانی محیطی استفاده از قراردادهای آتی و بکارگیری استراتژی های پوشش ریسک می‌باشد. با عنایت به تورم بالا، در سالهای اخیر در ایران و همچنین وجود عدم قطعیت در شرایط محیطی، استفاده از ابزارهای پوشش ریسک سرمایه گذاری در بازار سرمایه مورد توجه بیشتری قرار گرفته اند [۲۲]. آنچه در این مطالعه هدف گذاری می شود، شناسایی رویکرد برتر از بین رویکرد های موجود در محاسبه و پیش بینی نسبت بهینه پوشش ریسک با عنایت به ماهیت پویای این نسبت و همچنین نااطمینانی های محیطی است. بدون شک عملکرد رویکردهای مبتنی بر مدل سازی (پارامتریک) یا شبیه سازی همچون شبکه های عصبی مصنوعی که بر اساس یادگیری و همچنین اطلاعات قبلی شکل می گیرند در شرایطی که اثرات سیاسی، اقتصادی و اجتماعی بر جامعه‌ای حکمفرما باشد، تحت تاثیر قرار خواهد گرفت اما آنچه در این مطالعه هدف گذاری می شود مقایسه عملکرد رویکرد های موجود و بکارگیری رویکرد برتر برای تخمین

این نسبت و پیش بینی آن با یک رویکرد ناپارامتریک است (رویکردی که در شرایط نااطمینانی محیطی بهتر عمل می کند). لازم بذکر می باشد استفاده از رویکرد ناپارامتریک شبکه عصبی مصنوعی فازی که در مطالعه قبلی نویسنده، توسعه یافته است [۲۳] بعنوان مطالعه آتی توصیه می گردد. از دیگر از موضوعات جالب توجه محاسبه و لحاظ نمودن مقدار ارزش در معرض خطر به عنوان یک ملاک ارزیابی پوشش ریسک و تقویت کار با استفاده از تحلیل هیپ در تعیین مقدار نسبت پوشش ریسک می تواند بعنوان مطالعات آتی مورد مطالعه قرار گیرد. همچنین با عنایت به نتایج مطالعات قبلی در بکارگیری مدلهای پارامتریک، می توان ادعای بهبود شبکه عصبی مصنوعی غلتان (خودرگرسور) برای پیش بینی دقیقتر این نسبت را مطرح و مورد آزمون قرار داد.

**پانوشت ها**

[1] Naive Approach
[2] Hedger
[3] Optimal Hedge Ratio
[4] Arouri et al
[5] Bonga-Bonga & Umoetok
[6] Sadorsky & Sharma
[7] Ordinary Least Square
[8] Lai et al
[9] Wang et al
[10] Bai et al
[11] Constant Conditional Correlation

## منابع


1. Elham F. "Bahar-Azadi Gold Coin Hedging Strategies: A Comparison of ADCC, GO-GARCH and Copula-GARCH Approaches", *Iranian Journal of Economic Research*, 23(75), pp.137-166 (In Persian) (2018).
2. Buyukkara, G., Coskun Kucukozmen., C., and Tolga Uysal., E. "Optimal hedge ratios and hedging effectiveness: An analysis of the Turkish futures market." *Borsa Istanbul Review* 22(1), pp.92-102 (2022).
3. Arouri, M. H., Jouini, J., Nguyen, D. K., "Volatility spillovers between oil prices and stock sector returns: Implications for portfolio management". *Journal of International Money and Finance* 30, pp.1387-1405 (2015).
4. Bonga-Bonga, L. & Umoetok, E., "The effectiveness of index futures hedging in emerging markets during the crisis period of 2008-2010: Evidence from South Africa", *Applied Economics*, 48(42), 3999-4018 (2016).
5. Ansari Ardali Z., Mousavi M., Kurdabcheh H. "Estimating the optimal rate of risk coverage and comparing their effectiveness in the natural gas market", *Quarterly Journal of Energy Economics Studies*, 56, 35-60, (In Persian) (2016).
6. Farzangan E. "Hedging strategies for Bahar Azadi coin price: comparison between ADCC , GO GARCH , and GARCH approaches based on Capiola", *Iranian Economic Research Quarterly* , 23(75), 137-166, (In Persian) (2017).
7. Sayadi M., Ebrahimi M., Jashni P. "Estimation of dynamic risk coverage and comparison of its effectiveness using M GARCH models; A case study of Iran's crude oil spot price", *Economic Research and policy Quarterly* , 19, 359-395, (In Persain) (2018).
8. Ahmad, W., Sadorsky, P. & Sharma, A., "Optimal hedge ratios for clean energy equities", *Journal of Economic Modelling*, 72, 278-295, (In Persian) (2018).
9. Maleki M.,Rafei M., "The optimal risk coverage ratio of Bahar Azadi coin futures, an application of Markov regime change models", *Econometric Modeling Quarterly*, 2, 23-47, (In Persian) (2019).
10. Lai, Y.-S., "Evaluating the hedging performance of multivariate GARCH models", *Journal of Asia Pacific Management Review*, 24(1), 86-95 (2019).
11. Wang, Y., Geng, Q., Meng, F., "Futures hedging in crude oil markets: A comparison between minimum-variance and minimum-risk frameworks". *Journal of energy*, 181, 815-826 (2019).
12. Bai, Y., Pan, ZH,. Liu, L., "Improving futures hedging performance using option information: Evidence from the S&P 500 index", *Finance Research Letters*, 28, 112-117 (2019).
13. Borzabadi, Farahani M., MohammadHassan Gh., and Ebrahim Ch. "Dynamic Modeling of Estimating the Optimal Hedge Ratio of Gold Coin with Saffron Futures Contracts." *Journal of Securities Exchange, 14(55),* pp:5-37 (2021).
14. Joo, Young C., and Sung Y. Park. "Hedging Bitcoin with Commodity Futures: An Analysis with Copper, Gas, Gold, and Crude Oil Futures." *Gas, Gold, and Crude Oil Futures* (2023).
15. Ederington, L., "The Hedging Performance of the New Futures Markets", *Journal of Finance*, 34, 157-170 (1979).
16. Buyukkara, Goknur, C. Coskun K., and Tolga Uysal, E. "Optimal hedge ratios and hedging effectiveness: An analysis of the Turkish futures market." *Borsa Istanbul Review* 22, 1, 92-102 (2022).
17. Amini, P., & Khashai. "Improving the Performance of Classical Auto-Regressive Integrated Moving Average Using Ensemble Empirical Mode Decomposition", *Sharif Journal of Industrial Engineering & Management*, 37 (1), 3-12, (In Persian) (2021).

18. Shirazi, A., Fard, F. S. N.. Financial Hedging and Risk Compression, A journey from linear regression to neural network. arXiv preprint arXiv:2305.04801, (2023).

19. Jena, P., Ritanjali, M., Rajesh, K., Shunsuke, M., & Babita, M. “Impact of COVID-19 on GDP of Major Economies: Application of the Artificial Neural Network Forecaster.”, *Economic Analysis and Policy*, 69, 324-339 (2021).
20. Neshat, N., Mahlooji H., Kaya M., "A New ANN Approach for Time Series Analysis." *Scientia Iranica*, (2022).
21. Mehrara, M. “Study the Optimal Hedge Ratio in Exchange Rate and gold in developing and newfound financial Markets: Case Study of Tehran Stock Exchange and Istanbul”, *Journal of Econometric Modelling*, 3(2), 1-21, (In Persian) (2019).
22. Agha Babaei, Mohammad Ebrahim, Legal .“Investigating the effectiveness of gold coin futures to cover the risk of stock price fluctuations”, *Financial engineering and securities management* . 21;43(11), pp.131-50.(2020).
23. Torabi, A., Pashapour Nazari, SH., Neshat., N. "A Novel Approach of Artificial Neural Networks Modeling Based on Fuzzy Regression Approach for Forecasting Purposes: The case of liquid gas price in Japan’s market". *Advances in Industrial Engineering*, 47, 1, pp:15-24, (2013).

# Determining the optimal Hedge ratio for the exchange rate (dollar) using gold futures contract and its prediction: an artificial neural network modeling approach

Najmeh Neshat (Assistant Professor, Industrial Engineering Department, Meybod University)

**Abstract:**

Due to the high inflation in recent years in Iran, as well as the uncertainty in environmental conditions, the use of investment risk hedging tools in the capital market has received more attention. What is targeted in this study is to identify the best approach among the existing approaches in calculating and predicting the optimal ratio of risk coverage considering the dynamic nature of this ratio and also environmental uncertainties. Undoubtedly, the performance of approaches based on modelling (parametric) or simulation, such as artificial neural networks, which are formed based on learning as well as previous information, will be affected in a situation where political, economic and social effects dominate a society. But what is targeted in this study is to compare the performance of existing approaches and use the superior approach to estimate this ratio and predict it with a non-parametric approach (an approach that works better in conditions of environmental uncertainty). In this research, determining and predicting the optimal dynamic hedge ratio of exchange rates using gold coin futures contracts in the Iran stock Market is discussed. The approach used in determining this ratio is the minimum variance and the comparison of different econometric models was used in order to optimize this ratio. By using the weekly data of the cash yield of the dollar and gold coin futures from the beginning of 2016 to August 8, 2020, the optimal risk coverage ratio for each model was calculated and by forming a portfolio and evaluating the variance, the effectiveness of the models was examined, the results of which show the superiority of the dynamic model was BEKK-GARCH. Based on the results obtained, a perceptron neural network model was used to predict this time series and it was concluded that the neural network model is a high-performance model in predicting this ratio based on asset returns.

**Keywords**: Optimal Hedge Ratio, Cross hedging foreign exchange rate risk, portfolio, Artificial Neural Networks