



مقایسه توان تبیین مدل‌های پارامتریک (اقتصادسنجی) و شبکه عصبی در سنجش میزان ارزش در معرض خطر پرتفوی شرکت‌های سرمایه‌گذاری برای تعیین پرتفوی مناسب

غلامرضا زمردیان^۱

مهدی کریمی زند^۲

دکتر علی رستمی^۳

چکیده

در دنیای پیچیده‌ای که ریسک جز لاینفک سرمایه‌گذاری‌ها گشته و برای سرمایه‌گذاری در هر جا ابتدا باید ریسک آن محاسبه شود و در اختیار سرمایه‌گذار قرار گیرد تا وی به این نتیجه برسد که در مکان مورد نظر سرمایه‌گذاری نماید یا خیر! محاسبه ریسک معنی و مفهوم پیدا می‌کند؛ بنابراین برای پاسخ‌گویی به سرمایه‌گذار روش‌های متفاوتی با توجه به نوع داده‌های تخمین‌زننده پارامترهای مدل‌های تبیین‌کننده ریسک طراحی و پا به عرصه وجود گذاشته‌اند. در میان این مدل‌ها دو گروه از مدل‌های اقتصادسنجی و شبکه عصبی در این تحقیق مورد بررسی قرار می‌گیرند تا توان این دو گروه را در پیش‌بینی ارزش در معرض خطر پرتفوی ۲۱ شرکت سرمایه‌گذاری در بازار سرمایه ایران مورد سنجش قرار گیرد و مدل برتر معرفی شود.

واژگان کلیدی: ریسک، بازده، پرتفوی، ارزش در معرض خطر، شرکت‌های سرمایه‌گذاری، روش پارامتریک، شبکه عصبی.

۱. عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکز.

۲. عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکز.

۳. عضو هیات علمی گروه علوم انسانی دانشگاه پیام نور.

مقدمه

در اقتصادهای کنونی بازارهای مالی نقش اساسی در جهت توسعه متقارن و پایدار اقتصادی و اجتماعی ایفا می‌کنند و به قول اروینگ فیشر (۱۹۰۶) منابع مالی را در طی زمان به اقتصاد تزریق می‌نمایند و بدون این بازارها رشد اقتصادی و به تبعیت از آن افزایش ثروت امکان‌پذیر نیست؛ ولی از طرف دیگر دائماً بر پیچیدگی این بازارها نیز افزوده شده است. این پیچیدگی ناشی از عواملی چون جهانی شدن، نوآوری‌های مالی، پیشرفت‌های تکنولوژیکی، تدوین قوانین و مقررات، مقررات‌زدایی و بسیاری از دیگر متغیرها است. پیچیدگی بازارهای مالی بنا به دلایل فوق و بسیاری از عوامل دیگر موجب می‌شود که دائماً "ریسک در بازارهای مالی افزایش پیدا کند و ارتباط پایدار و صحیح بین نظام‌های مالی و تولیدی کشورها که از عوامل مهم رشد و توسعه اقتصادی است از بین برود؛ بنابراین ریسک در بازارهای مالی نقش کلیدی ایفا می‌نماید و شناخت آن باعث می‌شود که تا حدی بتوانیم آن را اندازه‌گیری کنیم و از بین ببریم و یا تحت کنترل قرار دهیم.

وجود تغییرات در بازده موجب ایجاد ریسک می‌شود، برای تعیین این میزان ریسک در بازارهای مختلف از روش‌های آماری و غیر آماری متفاوتی استفاده می‌کنند تا بتوانند میزان ریسک موجود در ابزارهای بازارهای مالی را مشخص نمایند، هر چند که میزان کارایی این مدل‌ها در تعیین میزان ریسک، در بازارهای مختلف مالی دنیا، گوناگون است. در نتیجه با توجه به ماهیت ریسکی تصمیم‌گیری در مسائل بازارهای مالی و بویژه حل مساله تعیین سبد بهینه سهام، جز در فضای عدم قطعیت امکان‌پذیر نیست.

یکی از روش‌هایی که در حال حاضر از محبوبیت زیادی در بین بازیگران بازارهای مالی برخوردار است، روش ارزش در معرض خطر برای برآورد و پیش‌بینی میزان ریسک و مدیریت آن است. از آنجاکه مطالعات انجام شده در بسیاری از بازارهای مالی برای مقایسه عملکرد مدل‌های موجود در تعیین ارزش در معرض خطر نتایج متفاوتی را نشان داده‌اند؛ لذا در این پژوهش هدف بر آن است تا مدل‌های آماری پارامتریک (اقتصادسنجی) و شبکه عصبی (پرسپترون) برای برآورد میزان ریسک در بازار مالی ایران از طریق روش ارزش در معرض خطر مورد بررسی قرار گیرد، تا کارآترین مدل در تعیین سبد بهینه سهام در این بازار مشخص شده و مدل بهینه‌ای تعیین گردد که بتواند ریسک موجود در

بازار مالی کشور را با توجه به ویژگی‌های آن برای یک سبد پرتفوی مطلوب پیش‌بینی نماید.

مبانی و پیشینه نظری: از آنجاکه در یک دنیای پر مخاطره زندگی می‌کنیم. در نتیجه امکان تعیین میزان عایدی ناشی از سرمایه‌گذاری برای ما دقیقاً مشخص نیست و همیشه با یک عدم اطمینانی همراه است که این عدم اطمینان را ریسک گویند (فرد گلیهی، ۱۳۷۰). اگر ریسک و بازده را به عنوان متغیرهای اصلی دارایی‌ها برای تصمیم‌گیری‌های سرمایه‌گذاری در نظر بگیریم، بازده یک متغیر کمی و ریسک یک متغیر کیفی است و هدف مدیریت ریسک نیز کمی‌سازی این کیفیت‌ها جهت کنترل آن برای رسیدن به اهداف سازمان و مدیریت بهینه ریسک است (موسسه عالی بانکداری ایران، ۱۳۸۵).

در نتیجه مهم‌ترین عامل ایجاد ریسک قرار گرفتن در شرایط عدم اطمینان است؛ بنابراین با حرکت از عدم اطمینان کامل نتایج به سوی عدم اطمینان نسبی این نتایج، ریسک کمتر می‌شود (پارکر، ۱۳۷۸). سرمایه‌گذاران به هنگام سرمایه‌گذاری در پروژه‌های مختلف به‌طور هم‌زمان ریسک و بازده آن پروژه‌ها را به عنوان یکی از عمده‌ترین عوامل در تصمیمات سرمایه‌گذاری مد نظر قرار می‌دهند. با پیچیده‌تر شدن محیط‌های سرمایه‌گذاری، سرمایه‌گذاران باید به همه بازارها و همه دارایی‌ها توجه نمایند. آن‌ها می‌بایست کلیه اوراق بهادار اعم از سنتی و جدید را جهت دستیابی به بهترین ترکیب سرمایه‌گذاری مورد بررسی قرار دهند. بدست آوردن بهترین ترکیب سرمایه‌گذاری به وضعیت و ترجیحات بازدهی سرمایه‌گذاری نسبت به ناخشنودی سرمایه‌گذار از ریسک بستگی دارد. اگر استراتژی‌های سرمایه‌گذاری قابل درک را با یکدیگر مقایسه نمائیم، خواهیم دید که ریسک و بازدهی با یک دیگر هم‌سو حرکت می‌کنند، یعنی اوراق بهاداری که میانگین نرخ بازدهی بیشتری دارند، دارای ریسک بیشتری نیز هستند (SHARPE, 1995).

ابزارهای متفاوتی برای مدیریت ریسک وجود دارد. هر چند همه مدل‌های ارزیابی مدیریت ریسک دارای مفروضاتی هستند که گاهی "این مفروضات غیرواقعی به نظر می‌آیند؛ ولی باید توجه داشت که یک نظریه را تنها نباید بر اساس مفروضاتش مورد قضاوت قرار داد؛ بلکه چگونگی و کیفیت آن مدل در توضیح و پیش‌گویی رفتار، در جهان واقعی باید مورد توجه قرار گیرد (REILLY, 2003). در این پژوهش از بین تمامی ابزارهای سنجش ریسک پرتفوی، مدل‌های مشخص‌کننده میزان ریسک ناشی از ارزش در

معرض خطر را مورد ارزیابی قرار می دهیم. بیشتر مدل های مدیریت ریسک برای ارزیابی ریسک از روابط تاریخی آماری استفاده می کنند. آن ها این گونه فرض می نمایند که ریسک از یک فرایند شناخته شده و دائمی نشأت می گیرد و از این روابط تاریخی می توان برای پیش بینی تحولات ریسک در آینده استفاده کرد؛ ولی باید توجه داشت که بر اساس مطالعات انجام شده تاکنون هیچ روش قطعی برای پیش بینی تغییرات و تلاطم های بازده سبد سهام پا به عرصه وجود نگذاشته است که دارای قابلیت اطمینان زیاد برای همه بازارها و همچنین برای همه دارایی ها باشد. بحران های اخیر اشکالات جدی بر هر یک از این رویکردها وارد نموده است.

ارزش در معرض خطر برای اولین بار توسط رُی^۱ در سال ۱۹۵۲ و تلسر^۲ در سال ۱۹۵۵ به صورت مقدماتی بیان شد؛ ولی به صورت دقیق تر ۱۹۶۲ و هنگامی که بامول^۳ بر روی مدلی با نام «معیار حد اطمینانی عایدی مورد انتظار» کار می کرد، مطرح گردید که توسط تیل گولدیمان^۴ رئیس موسسه جی پی مورگان مورد استفاده قرار گرفت. این روش محاسبه ریسک تا آنجا دارای اهمیت است که موسسات تجاری بزرگ در حال حاضر باید خلاصه داده های مربوط به برآوردهای VaR را در گزارش های سالیانه به سهامداران به عنوان شاخصی از ریسک بازار ارائه نمایند (BrownT, 2005). هر چند بحران های مالی سال های ۲۰۰۷ تا ۲۰۰۹ سؤالاتی را در خصوص مفید بودن چارچوب مدل های ارزش در معرض خطر، به عنوان مقیاسی برای محاسبه ریسک در بازارهای مالی پر تلاطم جهان (در شرایط ریسکی) مورد سوال قرار داد؛ ولی نتوانست از اهمیت این روش محاسبه ریسک بکاهد. در ادامه به چند مورد از مزایا و معایب این روش اشاره می شود:

۱. تخمین های معقول تری از ریسک را برای سبد دارایی به دلیل از میان برداشتن بسیاری از مفروضات غیر ضرور ارائه می کند.
۲. متغیرهای بازار را برای افق زمانی کوتاه تری پیش بینی می کند که می تواند به برآورد دقیق ریسک منجر شود.
۳. این روش بر عکس روش میانگین - واریانس که به دنبال محاسبه پیامدهای منفی (ریسک منفی) بازده است، روش مطلوب تری است؛ زیرا کاهش ارزش سبد به پایین تر از محدوده ارزش در معرض خطر را نشان می دهد.

1. ROY
2. Telser
3. Bamoul
4. Guldiman

۴. یک سنجه مشترک برای ریسک‌های مختلف به حساب می‌آید.
۵. محدودیت‌های مطرح شده بر این روش، بوسیله روش‌های جدیدی از VaR همانند VaR افزایشی^۱ (IVaR) یا دلتا^۲ DVaR که اثر افزایشی یا کاهششی هر دارایی بر کل ریسک پرتفوی را اندازه‌گیری کند، رفع می‌شود.

از معایب این روش می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱. مولفه‌های مختلف ریسک را با یکدیگر ترکیب می‌کند و آن را به شکل یک عدد ساده در می‌آورد (Levy and Sarnat, 1984).
 ۲. VaR به عنوان یک روش آماری باید همراه با یک خطا یا فاصله اطمینان بیان شود (همان منبع).
 ۳. در VaR فرض بر این است که شرایط بازار عادی باقی خواهد ماند، در حالی که در عمل این اتفاق روی نمی‌دهد.
 ۴. به خاطر ریسک خود مدل، برآورد دقیق ریسک ارائه نمی‌شود.
- در این مقاله ما مهم‌ترین مزایا و معایب مدل ارزش در معرض خطر مطرح شده است، هر چند احتمالاً مزایا و معایب دیگری نیز بر این مدل می‌تواند وجود داشته باشد.

مفهوم و بیان آماری^۳ VaR: هر چند مفهوم ارزش در معرض خطر مفهوم ساده‌ای است، ولی محاسبات آن با دشواری‌هایی همراه است. این ابزار در زمره سنجه‌های ریسک مبتنی بر صدک به همراه سنجه‌های چون ریزش مورد انتظار و سنجه‌های ریسک طیفی قرار دارد و بیان‌کننده زیان‌های احتمالی است که به یک سرمایه‌گذاری در مدت زمان مشخص و با یک درجه احتمال معین ممکن است، وارد شود. به عبارت دیگر می‌توان گفت که ما X درصد مطمئن هستیم که بیشتر از v ریال را در N روز بعد از دست نخواهیم داد. متغیر V همان ارزش در معرض ریسک است که در بر دارنده دو پارامتر N یعنی افق زمانی و X سطح اطمینان است (Alexander, 2008). مزیت اصلی VaR تخمین آن توسط روش‌های مختلف بر اساس وضعیت کنونی پرتفوی است (Harmantzis, 2006).

1. Incremental VaR
2. Delta VaR
3. Value at Risk

باید دقت کرد که بدست آوردن یک تخمین دقیق از VaR بسیار مهم است. اگر ریسک مبتنی بر VaR به درستی تخمین زده نشود، ممکن است منجر به تخصیص کمتر مناسب سرمایه منجر شود و در نتیجه بر سود آوری یا ثبات مالی موسسه اثر بگذارد و اگر ریسک بیشتر از حد تخمین زده شود، ممکن است به الزامات سرمایه‌ی غیر ضرور منجر شود.

فرض کنید X نشان‌دهنده متغیر تصادفی بازده در فضای احتمال $(\Omega, \mathcal{F}, \mathbb{P})$ با تابع توزیع $F_X(X)$ باشد؛ بنابراین برای هر $\alpha \in (0, 1)$ ، ارزش در معرض خطر با اطمینان $1-\alpha$ (۱) به صورت زیر تعریف شده است:

$$VaR_{(\alpha)}(X) = -q^{\alpha}(x)$$

که $q^{\alpha}(x)$ بزرگ‌ترین صدک α است :

$$q^{\alpha}(x) = \inf[X: P(X \leq x) > \alpha] \\ = \sup[x: p(X < x) \leq \alpha]$$

از خواص ارزش در معرض خطر می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱. مرتبط: یعنی اینکه ریسک یک مجموعه دارایی (پورتفوی) باید از ریسک منفرد اجزای تشکیل دهنده آن کمتر و یا حداقل مساوی با آن باشد. به این خاصیت ویژگی زیر جمع‌پذیری نیز می‌گویند.
۲. نزولی بودن: این خاصیت بیان می‌کند که هر چه میزان عناصر تشکیل‌دهنده یک مجموعه از مجموعه دیگر بیشتر باشد، دارای میزان ریسک کمتری است.
۳. همگنی مثبت: این خاصیت مبین آن است که اندازه سبد دارایی با هر ضریبی تغییر نماید، میزان ریسک آن نیز با همان مقیاس تغییر می‌کند.
۴. تغییرناپذیری تبدیل: این ویژگی بدین معنی است که افزایش یک سبد دارایی به میزان یک مقدار ثابت باید ریسک را به همان میزان کاهش دهد (Hull, 2009).

برای محاسبه ارزش در معرض خطر با توجه به نوع توزیع داده‌ها از روش‌هایی هم چون پارامتریک، ناپارامتریک، نیمه پارامتریک و سایر روش‌ها استفاده می‌کنند. در این پژوهش برای محاسبه ارزش در معرض خطر پرتفوی بیست و یک شرکت سرمایه‌گذاری

از روش‌های اقتصادسنجی و شبکه عصبی استفاده می‌گردد که در اینجا به اختصار توضیح داده می‌شوند.

گروه مدل‌های اقتصادسنجی: از جمله ویژگی‌های اساسی بازارهای مالی، واریانس ناهمسانی شرطی شوک‌های بازدهی و دنباله‌های پهن توزیع این بازدهی‌ها است که امکان استفاده از رگرسیون‌های خطی را از بین می‌برد؛ بنابراین برای توضیح این نوسانات ابتدا^۱ توسط انگل (۱۹۸۲) مدل‌های تحت عنوان واریانس ناهمسانی شرطی خود رگرسیون (ARCH) و سپس توسط بلرسلف (۱۹۸۶) مدل‌های تعمیم یافته خود رگرسیونی واریانس ناهمسان (GARCH) و همچنین مدل‌های مالی دیگری چون (TGARCH)، (GJRARCH)، (FGARCH)، (IGARCH) و (EGARCH) وارد مباحث مالی گردید.

مدل‌های خود رگرسیونی واریانس ناهمسان^۱ (ARCH): بر اساس این گروه از مدل‌ها حملات اخلاص شوک‌های وارده به بازارهای مالی دارای هم بستگی متوالی نیستند؛ ولی به‌طور غیرخطی با یکدیگر وابستگی دارند که این وابستگی را می‌توان از طریق یک تابع درجه دوم به صورت زیر نشان داد:

$$\begin{aligned} \varepsilon_t &= \sigma_t v_t & v_t &\sim \text{iid}(0,1) \\ \sigma_t^2 &= \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \dots + \alpha_q \varepsilon_{t-q}^2 \end{aligned}$$

در تابع فوق $\alpha_0 > 0$ و $\alpha_k \geq 0$ برای $k \geq 1$ این فرایند با ARCH(q) نشان داده می‌شود و می‌تواند پدیده نوسانات خوشه‌یی را به خوبی توضیح دهد. روش کار به این صورت است که هرچه مقادیر شوک‌های گذشته $\{\varepsilon_t - k\}_{k=1}^q$ بزرگ تر باشند، واریانس شوک دوره نیز افزایش می‌یابد و احتمال بزرگ‌تر شدن مقدار شوک دوره فعلی را افزایش می‌دهد.

مدل‌های تعمیم‌یافته خود رگرسیون واریانس ناهمسانی^۱ (GARCH): از آنجاکه برای محاسبه ARCH به تعداد پارامترهای زیادی نیاز است و برای جلوگیری از منفی شدن مقادیر برآورد شده واریانس بُلرسلف (۱۹۸۶)، مدل‌های GARCH را با توجه به ویژگی‌های داده‌های مالی همانند دنباله‌های پهن توزیع و دسته‌بندی نوسانات معرفی کرده است که هر یک از این مدل‌ها بر ویژگی‌های خاصی از داده‌های مالی تاکید دارند، مدل فوق به شرح زیر است:

$$v_t \sim iid(0,1) \quad \tau = \sigma_t v_t$$

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \sum_{k=1}^q \alpha_k \varepsilon_{t-k}^2 + \sum_{k=1}^q \gamma_k \sigma_{t-k}^2$$

در رابطه فوق γ_h را ضرایب GARCH گویند. در رابطه فوق $\alpha_0 > 0$, $\alpha_k \geq 0$, $\beta_h \geq 0$, برای $k \geq 1$ است.

مدل خودرگرسیون مشروط بر ناهمسانی واریانس تعمیم‌یافته جامع^۲ IGARCH: اگر واریانس بلندمدت به علت ایستا نبودن سری بازده زمانی وجود نداشته باشد و در سری‌های مالی نوسانات شرطی سازگار باشند، با دخالت دادن عبارت $\alpha_0 + \alpha_1 \cong 1$ در مدل گارچ تغییر رفتار واریانس شرطی شبیه به رفتار یک فرآیند ریشه واحد بروز می‌کند. در نتیجه واریانس شرطی دوره بعد عبارت از مقدار واریانس شرطی دوره حال به اضافه یک مقدار جزء ثابت است (مقدار واریانس غیرشرطی در این حالت بی‌نهایت خواهد بود). باید توجه نمود که برخلاف فرآیند نامانایی واقعی، خودرگرسیون مشروط بر ناهمسانی واریانس شرطی دارای یک تابع نزولی هندسی از مقادیر حال و گذشته دنباله ε_t^2 است و در این حالت مدل IGARCH را می‌توان به صورت زیر نوشت:

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \theta \varepsilon_{t-1}^2 + (1 - \theta) \sigma_{t-1}^2$$

1. Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedastic
2. Integrated GARCH

مدل خودرگرسیون مشروط بر ناهمسانی واریانس تعمیم‌یافته نمایی^۱ EGARCH: گلاستن، جگنزان و رانگل (۱۹۹۴) از طریق ایجاد یک مدل به بررسی اثرات متفاوت اخبار خوب و بد بر قیمت سهام پرداختند. آن‌ها بیان نمودند که اگر $\mu_{t-1} = 0$ را یک آستانه پایه در نظر بگیریم آنگاه می‌توان تفاوت اثرات شوک‌های بزرگ‌تر و کوچک‌تر از آستانه را بر تغییرات قیمتی سهام مورد بررسی قرار داد. یک مدل EGARCH به صورت زیر است:

$$\log(\sigma_t^2) = \omega + P \sum_{j=1}^q \beta_j \log(\sigma_{t-j}^2) + \sum_{i=1}^p \alpha_i \left| \frac{\varepsilon_{t-i}}{\sigma_{t-i}} - \sqrt{\frac{2}{\pi}} \right| + \sum_{k=h}^r \gamma \frac{\varepsilon_{t-k}}{\sigma_{t-k}}$$

مدل خودرگرسیونی مشروط بر ناهمسانی واریانس تعمیم‌یافته مبتنی بر عدم تقارن^۲ (TGARCH): این مدل توان تاثیرات اخبار خوب و بد را بر نوسانات بازدهی مدل‌سازی می‌کند. به عبارتی با استفاده از این مدل می‌توان دریافت که آیا همبستگی منفی شدیدی میان بازدهی فعلی و نوسانات احتمالی آینده وجود دارد؟ مدل TGARCH مورد استفاده به صورت زیر است:

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \sum_{i=1}^p \alpha_i \varepsilon_{t-1}^2 + \lambda \varepsilon_{t-1}^2 d_{t-1} + \sum_{j=1}^q \beta_j \sigma_{t-j}^2$$

اگر $d_{t-1} \geq 0$ باشد، اثرات شوک‌های مثبت ε_{t-1} بر σ_t^2 مساوی با $\alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2$ است و اگر $\varepsilon_{t-1} < 0$ باشد، $d_{t-1} = 1$ و در نتیجه تاثیر اخبار بد (ε_{t-1}) بر σ_t^2 برابر است با $\varepsilon_{t-1}^2 (\alpha_1 + \lambda_1)$. یعنی اخبار بد اثرات بیشتری نسبت به اخبار خوب بر بازدهی اوراق دارند.

1. Exponential GARCH(EGARCH)
 2. Threshold GARCH (TGARCH)

مدل خودرگرسیون مشروط بر ناهمسانی واریانس^۱ GJRARCH: گلستن در سال ۱۹۹۳ مدل GJRARCH را ارائه کرد که از جمله مدل‌های نامتقارن است و بر اساس رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$\sigma_t^2 = \left(w + \sum_{j=1}^m \alpha_j v_{jt} \right) + \sum_{j=1}^q (\alpha_j \varepsilon_{t-j}^2 + \gamma_j I_{t-j} \varepsilon_{t-j}^2) + \sum_{j=1}^p \beta_j \sigma_{t-j}^2$$

در تابع فوق Y_j همان اثرات اهرمی است و I برای مقادیر کوچک‌تر از $0 \leq \varepsilon$ مقدار یک را به خود اختصاص می‌دهد و در غیر این صورت مساوی صفر است؛ بنابراین می‌توان بیان کرد که میزان دقت پیش‌بینی این مدل بشدت تحت تاثیر نوع توزیع مورد استفاده قرار می‌گیرد. این قدرت پیش‌بینی از طریق رابطه زیر بدست می‌آید:

$$\hat{P} = \sum_{j=1}^q \alpha_j + \sum_{j=1}^p \beta_j + \sum_{j=1}^q \gamma_j k,$$

در فرمول فوق k عبارت از ارزش مورد انتظار استاندارد شده ε_t ، برای مقادیر استاندارد شده کمتر از صفر است. باید توجه داشت که اگر نوع توزیع متقارن باشد مقدار K برابر $0/5$ خواهد بود.

شبکه‌های عصبی: اجزا و عناصر ساختار تشکیل‌دهنده شبکه‌های عصبی به گونه‌ای است که همانند مغز دریافت و پردازش داده‌ها را به صورت هم زمان انجام می‌دهد. هر شبکه از سه لایه ورودی، میانی و خروجی تشکیل می‌شود.

عناصر پردازشی هر شبکه عصبی وظیفه دریافت و پردازش داده‌ها را بر عهده دارد که این داده‌ها می‌تواند داده‌های خام و یا اطلاعات سایر نرون‌ها باشد. لایه‌های ورودی با توجه به ویژگی متغیر به صورت عدد در شبکه وارد می‌شود و پس از تحلیل و پردازش در

1. Glosten, Jajannathan and Runkle GARCH

لایه میانی که عملیات جبری (تابع تبدیل) بر روی داده‌ها را انجام می‌دهد به صورت یک یا چند متغیر از لایه خروجی خارج می‌شوند. تابع جمع‌کننده، سطح فعال شدن داخلی یک نرون را محاسبه می‌کند. این توابع تبدیل در لایه خروجی و لایه‌های پنهان شبکه قرار دارند و انواع متفاوتی دارند که با توجه به سطح فعال شدن داخلی و برون داد می‌تواند خطی و یا غیرخطی باشد و بر اساس نیاز مورد نظر برگزیده شود. معروف‌ترین تابع غیرخطی تابع سیگموئیدی^۱ نام دارد و به صورت زیر است:

$$C > Y_t = \frac{1}{1 + e^{-cy}}$$

در فرمول فوق C وسعت ناحیه خطی بودن تابع را تعیین می‌کند و Y_t ارزش نرمال شده Y است که هدف آن تعدیل سطح برون دادها قبل از رسیدن به سطح بعدی است و آن را به یک ارزش نرمال تبدیل می‌کند. گاهی بجای استفاده از یک تابع تبدیل پیوسته، از یک تابع محرک آستانه‌ای^۲ استفاده می‌شود (کميجانی، سعادت فر، ۱۳۸۵).

می‌توان گفت که هر آنچه وارد لایه ورودی می‌شود نقش متغیر مستقل و هر آنچه از آن خارج می‌شود، نقش متغیر وابسته را دارد. متغیرهای که وارد شبکه عصبی می‌شوند با توجه به اهمیت خود، وزن‌های متفاوتی دارند. این وزن‌ها از طریق روش اعداد تصادفی تولید می‌شوند و از طریق تعدیلات مکرر شبکه اقدام به تصحیح داده‌ها می‌کند و یادگیری را انجام می‌دهد. قانون یادگیری توسط روابط بازگشتی و به صورت معادلات تفاضلی بیان می‌گردد که به آن الگوریتم یادگیری می‌گویند. در هر بار تکرار الگوریتم یادگیری، اطلاعات شبکه از محیط، شرایط و هدف افزایش می‌یابد. از آنجاکه یک نرون از نقاط متفاوت داده دریافت می‌کند، از یک سو هر نرون بردار وزن‌های متناظر خود را مطابق قانون یادگیری خاص خود تغییر می‌دهد و از سوی دیگر به رفتار نرون‌های دیگر در شبکه بستگی دارد.

فرآیند یادگیری در مراحل محاسبه و مقایسه برون دادها با پاسخ‌های مطلوب و تعدیل وزن‌ها و تکرار این فرآیند صورت می‌گیرد. در این مرحله سعی می‌شود با تغییرات مداوم وزن‌ها، باقی‌مانده یعنی تفاوت بین برون داد واقعی و برون داد مورد نظر به صفر

1. Sigmoid Function
2. Threshold Detector

برسد. شبکه‌های عصبی مصنوعی باقی‌مانده‌ها (خطاها) را به طرق متفاوت با توجه به نوع الگوریتم یادگیری که از آن استفاده می‌کنند، محاسبه و تبیین می‌گردد و بیش از یکصد الگوریتم یادگیری با توجه به شرایط و موقعیت‌های گوناگون وجود دارد (Medsker et al, 1992).

معادلات زیر را می‌توان در ارتباط با نحوه یادگیری نرون‌های یک شبکه عصبی نوشت:
برای حالات پیوسته:

$$W_{ij} = -aW_{ij}(t) + \Delta W_{ij}(t)$$

برای حالات گسسته:

$$W_{ij}(k+1) = (1-a)W_{ij}(k) + \Delta W_{ij}(k)$$

در معادلات فوق W_{ij} همان وزن سیناپسی است که i امین عنصر بردار ورودی را به j امین نرون متصل می‌نماید و ΔW_{ij} یک عبارت تصحیح‌کننده است.

ساختار شبکه‌های عصبی مصنوعی به شبکه‌های پیش‌خور^۱ و پس‌خور یا برگشتی^۲ تقسیم می‌شوند. شبکه عصبی پیش‌خور به شبکه تک‌لایه و چند لایه تقسیم می‌شود. هر لایه شامل ماتریس وزن، جمع‌کننده‌ها، بردار تورش^۳ و تابع تبدیل است. در شبکه‌های پس‌خور حداقل یک سیگنال برگشتی از یک نرون به همان نرون یا نرون‌های همان لایه و یا لایه قبل وجود دارد. باید توجه نمود که این یادگیری تا زمانی ادامه می‌یابد که یکی از شرایط زیر حاصل گردد:

۱. رسیدن تعداد خطاها به سقف معین^۴
۲. کوچک‌تر شدن مقدار تابع عملکرد شبکه از مقدار هدف مشخص^۵
۳. گذشتن زمان آموزش از زمان معین^۶
۴. کوچک‌تر شدن گرادیان تابع خطا از میزان مشخص شده^۷

1. Feed Forward
2. Feed Back
3. Bias
4. Max Epochs
5. Goal
6. Max Time
7. Min Grad

پیشینه پژوهش: تئوری پورتفوی به صورت مدون در سال ۱۹۵۲ اولین بار توسط هری مارکوویتز^۱ پا به عرصه وجود گذاشت. با توجه به نوع داده‌ها و دیدگاه محققان، تحقیقات متفاوتی جهت تعیین میزان ریسک پرتفولیو با رشد و توسعه بازارهای پولی و مالی انجام شده است که به چند مورد از آن اشاره می‌گردد.

پژوهش‌های خارجی: ارزش در معرض ریسک در سال ۱۹۲۲ در بورس نیویورک و در نوشته‌های استادانی چون ری ۱۹۵۳ و تلسر ۱۹۵۵ نمایان شد؛ اما بامول در سال ۱۹۶۳ آن را با عنوان معیار حد اطمینان عایدی مورد انتظار مطرح نمود. در سال ۱۹۹۹ سواندر در دانشگاه ایلینوس از طریق شبیه‌سازی تاریخی VaR را اندازه‌گیری کرد. برنز (۲۰۰۲) با استفاده از مدل‌های GARCH برای داده‌های روزانه شاخص S&P ۵۰۰ برای ۷۰ سال به تخمین VaR پرداخت و نتیجه گرفت که تخمین زن‌های GARCH در مقایسه با سایر مدل‌ها به دلیل دقت و سازگاری سطح احتمال، عملکرد بهتری دارند (مجله تحقیقات اقتصادی، شماره ۸۶). در سال ۲۰۰۴ هفتر و رومباست در ارتباط با کارایی مدل‌های GARCH و مدل شبیه‌سازی مونت کارلو در ارتباط با محاسبه دقیق‌تر ارزش در معرض خطر، تحقیقی را انجام دادند و به این نتیجه رسیدند که مدل‌های GARCH از کارایی بالاتری برخوردارند. در سال ۲۰۰۶ سو و یو در تحقیقی نتیجه گرفتند که مدل‌های ریسک متریک^۲ که فرض را بر نرمال بودن توزیع بازدهی می‌گذارند از کارایی کمتری برخوردارند. جراردو جوزلموس در دانشگاه MIT روش‌های اندازه‌گیری ریسک و بازده پورتفوی به صورت تفکیکی و توأم^۳ برای تعیین ارزش در معرض خطر، با استفاده از روش برنامه‌ریزی خطی و برنامه‌ریزی با اعداد صحیح و سایر روش‌ها را مورد بررسی قرار داد. میشل اچ. بیرینتر، هانس جورج. میتین هایم، دانیال روچ، فیلیپ سایبرتنز و جری جوری. تایم چنکو همگی از دانشگاه مالی و بانکداری و دانشگاه آمار هانور در تحقیق خود که در سال ۲۰۱۰ ارائه نمودند و عملکرد دو متد شبکه‌های عصبی و سایر روش‌های آماری را برای محاسبه ارزش در معرض خطر در جهت مطلوب‌سازی پرتفوی مورد بررسی قرار دادند، آن‌ها از هیجده روش آماری و یک مدل شبکه عصبی برای محاسبه VaR استفاده نمودند و به این نتیجه رسیدند که هیچ‌یک از این مدل‌ها به صورت کارآتر از

دیگری عمل نمی‌کند؛ اما در کل به خاطر اینکه شبکه‌های عصبی برآورد بهتری از انحراف معیارها دارند نتایج پایدار تری را به همراه خواهند داشت.

پژوهش‌های داخلی: خالوزاده و امیری نیز در سال ۱۳۸۵ بیان نمودند که با استفاده از روش ارزش در معرض خطر می‌توان مناسب‌ترین پرتفوی را در بورس اوراق بهادار تعیین نمود (مجله تحقیقات اقتصادی، شماره ۷۳). تحقیقی که در سال ۱۳۸۶ شاه‌مرادی و زنگنه با استفاده از مدل‌های گروه ریسک متریسک برای پنج شاخص عمده انجام دادند، مشخص گردید که اولاً "واریانس ناهمسانی شرطی در بین داده‌های مالی مشاهده می‌شود، و ثانیاً" این تحقیق بر این موضوع تاکید دارد که این گروه از مدل‌ها رفتار میانگین و واریانس داده‌ها را به نحوه مطلوبی توضیح می‌دهند و فرض توزیع t بهبود قابل توجهی را در نتایج به‌دست آمده ایجاد نخواهد نمود (تحقیقات اقتصادی، شماره ۸۶). در سال ۱۳۸۸ کشاورز حداد با همکاری صمدی به این نتیجه رسیدند که بهترین مدل در تخمین و پیش‌بینی تلاطم از توزیع نرمال و توزیع t پیروی می‌نماید. آن‌ها همچنین نتیجه گرفتند که مدل FIGARCH در سطح معناداری $۰.۰۲/۵$ بهترین عملکرد را در میان مدل‌های GARCH دارد (مجله تحقیقات اقتصادی، شماره ۸۶). سید رضا میر غفاری در سال ۱۳۸۹ در ارزیابی پرتفوی شرکت‌های سرمایه‌گذاری از دو گروه روش‌های GARCH و Risk Metrisk استفاده نمود و به این نتیجه رسید که امکان محاسبه VaR با روش GARCH با توجه به ناهمسانی واریانس در سری زمانی داده‌ها امکان‌پذیر نیست؛ بنابراین او از روش Risk Metrisk برای محاسبه VaR استفاده نمود. نصرالهی ارزش در معرض خطر سبب ارزی کشور را با استفاده از دو روش مونت کارلو و GARCH محاسبه کرد و به نتایج متفاوتی دست یافت.

متدولوژی و چگونگی اجرای پژوهش: پژوهش حاضر از نظر ویژگی داده‌ها پس رویدادی^۱ یا علی-مقایسه‌بی است. از نظر انتخاب بهترین روش ارزیابی‌کننده پرتفوی سرمایه‌گذاری از دیدگاه ارزش در معرض خطر از نوع پژوهش‌های کاربردی است و ریسک و بازده پرتفوی از جمله متغیرهای این پژوهش هستند.

1. Ex post factor

از آنجاکه هدف اساسی این تحقیق بررسی و ارزیابی قدرت تبیین و پیش‌بینی مدل‌های خانواده اقتصادسنجی و شبکه عصبی در تعیین ارزش در معرض خطر پرتفوی شرکت‌های سرمایه‌گذاری، با مطالعه بیست و یک شرکت سرمایه‌گذاری است؛ لذا برای جمع‌آوری منابع نظری از روش کتابخانه‌یی و برای جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز جهت آزمون فرضیات از روش آرشیوی و با مراجعه به سایت بورس اوراق بهادار استفاده شده است.

در این پژوهش از بین شرکت‌های سرمایه‌گذاری فعال در بازار سرمایه ۲۱ شرکت سرمایه‌گذاری به دلیل داشتن اطلاعات جامع‌تر و میزان سرمایه قابل قبول در بازار سرمایه، در مقایسه با سایر شرکت‌ها، به عنوان جامعه آماری مورد بررسی قرار گرفتند. برای اجرای این پژوهش وزن و اقلام تشکیل‌دهنده پرتفوی شرکت‌های سرمایه‌گذاری جامعه آماری جمع‌آوری و همچنین تغییرات وزنی و قیمتی آن‌ها طی مدت زمان مذکور مشخص شد و در نتیجه بازده روزانه پرتفوی مورد نظر پژوهش آماده گردید.

برای سازماندهی داده‌ها و محاسبات ابتدایی بر روی داده‌های خام، از نرم‌افزار EXCEL و برای تحلیل داده‌ها و برازش مدل‌ها برای تعیین ارزش در معرض خطر از نرم‌افزارهای MATLAB، Eviews و R استفاده شد و آنگاه نتایج همه مدل‌ها با یکدیگر مقایسه و بهترین مدل‌ها به ترتیب اولویت برای ارزیابی پرتفوی در بازار سرمایه ایران معرفی شد.

فرضیه‌های پژوهش

۱. مدل‌های گروه اقتصادسنجی (پارامتریک) توان تبیین ارزش در معرض خطر پرتفوی شرکت‌های سرمایه‌گذاری را دارند.
۲. مدل‌های شبکه عصبی توان تبیین ارزش در معرض خطر پرتفوی شرکت‌های سرمایه‌گذاری را دارند.
۳. تفاوت معناداری بین مدل‌های اقتصادسنجی و شبکه عصبی در ارزیابی میزان ارزش در معرض خطر پورتفوی وجود دارد.

یافته‌های پژوهش: در پژوهش حاضر برای اجرای مدل‌های گروه اقتصادسنجی ابتدا پایایی نرخ بازدهی پرتفوی (RP) از طریق دو آزمون دیکی فولر تعمیم‌یافته (ADF) و

آزمون فیلیپس- پرون (PP) مورد سنجش قرار گرفت. نتایج حاصل از دو آزمون فوق برای سری‌های تحت بررسی مانایی همه آن‌ها را در سطح یک درصد تأیید نمودند و این بدان معنی است که گشتاورهای ثابتی برای بازده‌ها وجود داشته است و بنابراین امکان وجود رگرسیون کاذب رد می‌شود. همچنین باید از ثابت و یا متغیر بودن واریانس جمله خطا و یا به عبارت دیگر از اثر ARCH نیز آگاهی یافت. به منظور اطمینان خاطر از وجود اثر ARCH در سری‌های زمانی به طور معمول از آزمون ضریب لاگرانژ استفاده می‌گردد. بر این اساس به منظور بررسی ثابت و یا متغیر بودن واریانس جمله خطای سری زمانی نرخ بازدهی پرتفوی، آزمون فوق بر روی پسماندهای این سری با اعمال سه وقفه انجام شد که با توجه به آماره محاسباتی آزمون LM، فرض صفر مبنی بر عدم وجود اثرات ARCH در سری تحت بررسی رد شده و فرضیه مقابل آن مبنی بر وجود اثرات ARCH در سری تحت بررسی پذیرفته می‌شود و این بدان معنی است که واریانس جمله خطا ناهمسان بوده و ثابت نیست و سپس با توجه به معیارهای SBC نسبت به دو معیار AIC و HIQ از این معیار برای تعیین بهترین وقفه الگوی GARCH استفاده می‌کنیم.

با توجه به نتایج بدست آمده از الگوهای GARCH می‌توان گفت که از بین روش‌های مورد استفاده برای محاسبه ارزش در معرض خطر به‌عنوان شاخص نوسانات روش EGARCH دارای بالاترین کارایی را دارد و تعداد دفعات استفاده از این مدل به مراتب بیشتر از سایر مدل‌ها است تعداد دفعات استفاده از همه مدل‌ها در جدول شماره (۱) آمده است:

جدول ۱: تعداد دفعات استفاده از مدل‌ها

| نوع مدل | GARCH | EGARCH | IGARCH | TGARCH | GJRGARCH |
|-------------|-------|--------|--------|--------|----------|
| تعداد دفعات | ۱ | ۱۷ | ۰ | ۲ | ۱ |

منبع: نتایج تحقیق

پس از طراحی شبکه عصبی پرسپترون باید معماری شبکه انجام و بهترین شبکه انتخاب شود و از آن برای برآورد VaR استفاده گردد. معیار انتخاب شبکه مطلوب آن است که آن شبکه باید از نظر خطاها و بویژه معیار میانگین قدر مطلق خطا MAE نسبت به سایر ساختارها در حداقل باشد که میزان دقت این ساختارها به وسیله آزمون‌های کوپیک و کریستوفرسن از طریق پس‌آزمایی مورد بررسی قرار گرفت. از بین ساختارهای مورد استفاده ساختار پنج با هفت بار استفاده و ساختار

مقایسه توان تبیین مدل‌های پارامتریک (اقتصادسنجی) و شبکه عصبی در سنجش میزان ارزش در معرض خطر پرتفوی شرکت‌های سرمایه‌گذاری جهت تعیین پرتفوی بهینه
۷۳

سه با چهار بار استفاده بهترین ساختارهای مورد استفاده بودند. جدول شماره (۲) نشان‌دهنده تعداد دفعات استفاده از شبکه است.

جدول ۲: تعداد دفعات استفاده از شبکه

| ششم | پنجم | چهارم | سوم | دوم | اول | نوع شبکه |
|-----|------|-------|-----|-----|-----|--------------------------|
| ۳ | ۷ | ۲ | ۴ | ۳ | ۲ | تعداد دفعات مورد استفاده |

منبع: یافته‌های پژوهش

برای اعتبارسنجی و تعیین میزان قدرت مدل‌های پیش‌بینی و محاسبه‌کننده ارزش در معرض خطر جهت بررسی فرضیات اول و دوم از آزمون‌های کوپیک و کریستوفرسن و برای بررسی فرضیه سوم از آماره آزمون لویز استفاده می‌شود. نسبت کوپیک دارای توزیع کای دو با یک درجه آزادی است و در صورتی که آماره آزمون محاسبه شده از توزیع کای دو با یک درجه آزادی و در سطح خطای مورد نظر کمتر باشد می‌توان ادعا نمود که مدل از اعتبار مناسب در پیش‌بینی VaR برخوردار است (Kupiec, 1995).

محاسبه ارزش در معرض خطر (VAR): با محاسبه شاخص نوسانات و یا به عبارت دیگر σ_p برای انواع الگوهای GARCH و شبکه عصبی مدل مناسب برای پرتفوی هر شرکت جهت محاسبه VaR انتخاب می‌گردد تا با آن بتوان ارزش در معرض ریسک درصدی روزانه (VAR) در سطوح اطمینان مختلف شامل ۹۹٪، ۹۵٪ و ۹۰٪ را محاسبه نمود. برای محاسبه ارزش در معرض خطر از فرمول زیر استفاده شد:

$$VAR = (h\mu - \sqrt{h}\sigma_p z_\alpha)$$

در رابطه فوق Z_α نشان‌دهنده مقدار بحرانی توزیع نرمال، σ_p شاخص نوسانات محاسبه شده از مدل‌ها، h دوره زمانی (یک روزه) و μ بیانگر میانگین بازدهی روزانه پرتفوی هستند.

ابتدا برای هر دو گروه مدل، آزمون‌های کوپیک و کریستوفرسن را محاسبه می‌کنیم تا توان تبیین هر دو گروه مدل را در تبیین ارزش در معرض خطر مورد بررسی قرار دهیم و آنگاه از طریق آزمون لوپز این دو گروه مدل را اولویت‌بندی و مدل برتر را معرفی می‌کنیم.

بررسی نتایج آزمون کوپیک با توجه به مدل‌های بهینه انتخاب شده توضیح‌دهنده این موضوع است که این مدل‌ها قادر بودند که ارزش در معرض خطر ۲۰ شرکت را در سطح اطمینان ۰/۹۹ بدرستی پیش‌بینی نمایند و در سطح اطمینان ۰/۹۵ قادر به پیش‌بینی ارزش در معرض خطر ۱۵ شرکت بوده ولی در سطح ۰/۹۰ تنها توانسته است VaR را برای ۲ شرکت بدرستی تخمین بزند. جدول شماره (۲) نشان‌دهنده تعداد موفقیت و شکست مدل‌ها در سطوح اطمینان متفاوت در برآورد VaR است.

جدول ۳: تعداد موفقیت و شکست مدل‌ها در سطوح اطمینان متفاوت

| درصد پیروزی درصد شکست | | تعداد شکست و پیروزی در آزمون کوپیک | | | سطح اطمینان |
|--------------------------|--------|---------------------------------------|----|----|-------------|
| | | تعداد پیروزی تعداد شکست تعداد کل | | | |
| ۰/۴/۸ | ۰/۵۲/۲ | ۲۱ | ۱ | ۲۰ | ۰/۹۹ |
| ۰/۲۸/۶ | ۰/۷۱/۴ | ۲۱ | ۶ | ۱۵ | ۰/۹۵ |
| ۰/۹۰/۵ | ۰/۹/۵ | ۲۱ | ۱۹ | ۲ | ۰/۹۰ |

منبع: نتایج تحقیق

نتایج آزمون کریستوفرسن نیز بیان‌کننده موفقیت این گروه از مدل‌ها می‌باشد. جدول شماره (۴) نشان‌دهنده تعداد موفقیت و شکست مدل‌ها در سطوح اطمینان متفاوت در برآورد VaR است.

جدول ۴: تعداد و درصد موفقیت و شکست آزمون کریستوفرسن

| درصد شکست | درصد پیروزی | تعداد شکست و پیروزی | | | سطح اطمینان |
|-----------|-------------|---------------------|------------|--------------|-------------|
| | | تعداد کل | تعداد شکست | تعداد پیروزی | |
| ۴/۱۸٪ | ۹۵/۲٪ | ۲۱ | ۱ | ۲۰ | ۹۹٪ |
| ۳۳/۴٪ | ۶۶/۶٪ | ۲۱ | ۷ | ۱۴ | ۹۵٪ |
| ۹۰/۵٪ | ۹/۵٪ | ۲۱ | ۱۹ | ۲ | ۹۰٪ |

ماخذ: نتایج تحقیق

نتایج آزمون کوپیک مدل‌های مطلوب انتخاب شده شبکه عصبی بیان‌کننده آن است که این مدل‌ها قادر بودند که ارزش در معرض خطر ۱۵ شرکت را در سطح اطمینان ۰/۹۹ بدرستی پیش‌بینی نمایند؛ ولی قادر به پیش‌بینی ۶ شرکت در این سطح از اطمینان نبودند. همچنین شبکه عصبی توانسته است برای هشت شرکت در سطح اطمینان ۰/۹۵ و برای پنج شرکت در سطح اطمینان ۰/۹۰ پیش‌بینی درست را انجام دهد. برای سه شرکت نیز شبکه عصبی در هیچ سطحی قادر به پیش‌بینی نبوده است. جدول شماره (۵) نشان‌دهنده میزان موفقیت و عدم موفقیت شرکت‌های جامعه آماری در سطوح اطمینان متفاوت است.

جدول ۵: میزان موفقیت و عدم موفقیت شرکت‌های جامعه آماری

| سطح اطمینان | تعداد پیروزی | تعداد شکست | تعداد کل | درصد پیروزی | درصد شکست |
|-------------|--------------|------------|----------|-------------|-----------|
| ۹۹٪ | ۱۵ | ۶ | ۲۱ | ۷۱/۴٪ | ۲۸/۶٪ |
| ۹۵٪ | ۱۸ | ۱۳ | ۲۱ | ۳۸٪ | ۵۲٪ |
| ۹۰٪ | ۵ | ۱۶ | ۲۱ | ۲۳/۸٪ | ۷۶/۲٪ |

منبع: نتایج تحقیق

نتایج آزمون کریستوفرسن شبکه عصبی نشان‌دهنده آن است که از ۲۱ شرکت تحت این آزمون ۹ شرکت در سطح احتمال ۰/۹۹ و ۴ شرکت در سطح

احتمال ۰/۹۵ پیروز از این آزمون بیرون آمدند و این بدان معنی است که پیروزی و شکست‌های امروز با پیروزی و شکست‌های روزهای قبل مرتبط است و به ترتیب ۱۲ و ۱۷ شرکت نیز این آزمون را با موفقیت پشت سر گذاشتند، یعنی اینکه هیچ ارتباطی بین پیروزی‌ها و شکست‌های امروز و روزهای گذشته وجود ندارد. در سطح احتمال ۰/۹۰ نیز هیچ شرکتی این آزمون را با موفقیت طی نکرده است. جدول شماره (۶) نشان‌دهنده تعداد و درصد موفقیت و شکست این آزمون می‌باشد.

جدول ۶: تعداد و درصد موفقیت و شکست شبکه عصبی در آزمون کریستوفرسن

| سطح اطمینان | تعداد پیروزی تعداد کل | تعداد شکست تعداد کل | درصد پیروزی | درصد شکست |
|-------------|--------------------------|------------------------|-------------|-----------|
| %۹۹ | ۹ | ۱۲ | %۴۲/۸ | %۵۷/۲ |
| %۹۵ | ۴ | ۱۷ | ۱۹ | ۱۷ |
| %۹۰ | ۰ | ۲۱ | ۰ | ۱۰۰ |
| | ۲۱ | ۲۱ | | |

منبع: نتایج تحقیق

با توجه به نتایج بدست آمده می‌توان گفت که در سطح اطمینان ۰/۹۹، در ۴۲/۸٪ مواقع تخطی داده‌ها از یکدیگر مستقل و در ۵۷/۲٪ مواقع شکست‌ها و پیروزی‌ها با یکدیگر در ارتباط‌اند. همچنین در سطوح دیگر اطمینان آماره‌های آزمون در اکثریت مواقع بیانگر ارتباط شکست‌ها و پیروزی‌ها از یکدیگر است. از آنجاکه ما از ۱۹۱۱ داده ۱۰۰۰ داده را برای برآزش مدل و تعداد ۹۱۱ داده از بازده واقعی پرتفوی را برای تست مدل‌ها در نظر گرفتیم؛ بنابراین بر اساس آزمون لوپز تعداد تخطی‌های مورد انتظار در سطوح اطمینان ۰/۹۹، ۰/۹۵ و ۰/۹۰ با تقریب، برابر است با ۱۰، ۴۸ و ۹۵ که در جدول شماره (۷) نشان داده شده است و مقدار SPQ مورد انتظاری نیز در این سطوح از تخطی محاسبه شده است.

مقایسه توان تبیین مدل‌های پارامتریک (اقتصادسنجی) و شبکه عصبی در سنجش میزان ارزش در معرض خطر پرتفوی شرکت‌های سرمایه‌گذاری جهت تعیین پرتفوی بهینه
 ۷۷

جدول ۷: مقدار SPQ در سطح تعداد تخطی‌های مورد انتظار

| سطوح اطمینان | | | تعداد تخطی و مقدار SPQ |
|--------------|--------|--------|----------------------------|
| ۰/۹۰ | ۰/۹۵ | ۰/۹۹ | |
| ۹۵ | ۴۸ | ۱۰ | تعداد تخطی‌های مورد انتظار |
| ۰/۱۷۹۵ | ۰/۰۹۵۹ | ۰/۰۲۰۸ | مقدار SPQ بهینه |

منبع: نتایج تحقیق

برای مقایسه بهتر چگونگی عملکرد مدل‌ها برای برآورد ارزش در معرض خطر جدول شماره (۸) ایجاد گردیده است. با توجه به نتایج بدست آمده کارآیی گروه مدل‌های اقتصادسنجی هم از نظر تعداد و هم از نظر عملکرد (بر اساس آماره لوپز) نسبت به مدل‌های شبکه عصبی تفاوت معناداری دارد.

جدول ۸: وضعیت میزان کارآیی مدل‌ها بر اساس آماره لوپز

| شبکه عصبی | | | اقتصادسنجی | | | مدل و احتمال عملکرد |
|-----------|-----|-----|------------|-----|-----|---------------------------|
| %۹۰ | %۹۵ | %۹۹ | %۹۰ | %۹۵ | %۹۹ | |
| ۱ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | تعداد عملکرد بهینه مدل |
| ۲ | ۶ | ۴ | ۱ | ۲۰ | ۱۵ | تعداد عملکرد بالای مدل |
| ۲ | ۳ | ۱۲ | ۰ | ۱ | ۶ | تعداد عملکرد پایین مدل |

منبع: نتایج تحقیق

نتایج پژوهش

فرضیه اول به این صورت مطرح شده بود که مدل‌های گروه اقتصادسنجی (پارامتریک) توان تبیین ارزش در معرض خطر پرتفوی شرکت‌های سرمایه‌گذاری را دارند.

با بررسی نتایج آزمون کوپیک و کریستوفرسن این گروه از مدل‌ها می‌توان بیان نمود که این مدل‌ها قادرند که ارزش در معرض خطر ۲۰ شرکت را در سطح اطمینان ۰/۹۹ بدرستی پیش‌بینی نمایند و در سطح اطمینان ۰/۹۵ قادر به پیش‌بینی ارزش در معرض خطر ۱۵ شرکت هستند؛ ولی در سطح ۰/۹۰ تنها توانسته است VaR را برای ۲ شرکت بدرستی تخمین بزند؛ بنابراین می‌توان بیان نمود که مدل‌های گروه اقتصادسنجی (پارامتریک) توان تبیین ارزش در معرض خطر پرتفوی شرکت‌های سرمایه‌گذاری را دارند.

فرضیه دوم نیز بیان‌کننده توان تبیین مدل‌های شبکه عصبی در تعیین ارزش در معرض خطر پرتفوی شرکت‌های سرمایه‌گذاری است.

بررسی نتایج آزمون کوپیک بدست آمده از شبکه عصبی بیان‌کننده آن است که این مدل‌ها قادر بودند که ارزش در معرض خطر ۱۵ شرکت را در سطح اطمینان ۰/۹۹ به درستی پیش‌بینی نمایند؛ ولی قادر به پیش‌بینی ۶ شرکت در این سطح از اطمینان نبودند و در سطوح اطمینان پایین‌تر قدرت پیش‌بینی این گروه از مدل‌ها کمتر است؛ بنابراین با قدرت نمی‌توان توان تبیین مدل‌های شبکه عصبی در تعیین ارزش در معرض خطر پرتفوی شرکت‌های سرمایه‌گذاری را تأیید نمود.

سوال فرضیه سوم بدین صورت بیان شده بود که آیا تفاوت معناداری بین مدل‌های اقتصادسنجی و شبکه عصبی در ارزیابی میزان ارزش در معرض خطر پورتفوی وجود دارد.

با بررسی نتایج بدست آمده کارآیی گروه مدل‌های اقتصادسنجی هم از نظر تعداد و هم از نظر عملکرد (بر اساس آماره لویز) نسبت به مدل‌های شبکه عصبی تفاوت معناداری دارد. به عبارت دیگر گروه مدل‌های اقتصادسنجی دارای توان تبیین بهتری نسبت به مدل‌های گروه شبکه عصبی هستند.

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

نتیجه‌گیری: این پژوهش قصد داشت توان تبیین مدل‌های گروه اقتصادسنجی و شبکه عصبی در سنجش ارزش در معرض خطر پرتفوی شرکت‌های سرمایه‌گذاری را مورد بررسی قرار دهد. پس از جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز و برآورد بازده‌های پرتفوی، پایایی سری زمانی برای استفاده از گروه مدل‌های اقتصادسنجی از طریق دو آزمون دیکی فولر تعمیم یافته (ADF) و آزمون فیلیپس-پرون (PP) مورد سنجش قرار گرفت که نتایج دو آزمون فوق سری‌های تحت بررسی، مانایی همه آن‌ها را در سطح یک درصد تأیید نمودند. آنگاه تعداد وقفه‌های لازم متغیر وابسته (AR) و میانگین متحرک (MA) از طریق تعیین مرتبه تفاضلی آن‌ها (d) مشخص گردید و سپس با استفاده یکی از معیارهای شوارتز - بیزین (SBC)، آکائیک (AIC) و یا حنان کوئین (HIQ) طول وقفه AR و MA و یا به عبارت دیگر p و q برای تخمین معادله میانگین مشخص شد.

همچنین به منظور استفاده از شبکه عصبی، ابتدا نرخ بازده پرتفوی (RPt) با وقفه‌های ۱-۱۰ به عنوان متغیرهای ورودی (S) و RPt نیز به عنوان متغیر خروجی (p) وارد مدل شبکه عصبی وارد شد و در ادامه با توجه به مراحل انجام کار در مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی، متغیرهای ورودی (Sها) به سه زیر مجموعه مجزا تحت عنوان داده‌های آموزش (S1)، داده‌های اعتبارسنجی^۱ (S2) و داده‌های آزمون (S3) تقسیم و بر این اساس ۶۰ درصد از داده‌ها به عنوان داده‌های آموزش و به ترتیب ۲۰ و ۲۰ درصد داده‌ها به امر اعتبارسنجی و آزمون اختصاص داده شده و سپس با توجه به قابلیت‌های بالای شبکه پرسپترون چند لایه با تعداد لایه‌های مخفی، این شبکه جهت طراحی ساختارهای مختلف مورد استفاده قرار گرفته است. تعداد لایه‌های مخفی و همچنین تعداد نرون‌ها در هر لایه و برای هر شبکه در ساختارهای مختلف متغیر است. برای تعیین توابع فعالیت در لایه مخفی و خروجی از آنجا که تابع سیگموئیدی در ساختارهای مختلف طراحی شده دارای عملکرد بهتری بوده است؛ لذا از این تابع به عنوان تابع فعالیت در لایه مخفی و خروجی استفاده گردید. همچنین با توجه به مزیت بالای الگوریتم آموزش مومنتم نسبت به سایر الگوریتم‌های آموزش، جهت فرار از دام مینیمم محلی^۲، برای تصحیح وزن‌ها و به دست آوردن وزن‌های بهینه شبکه از الگوریتم آموزش مومنتم و جهت آموزش و یادگیری شبکه به ترتیب از نرخ‌های آموزش و یادگیری ۰/۱ و ۰/۵ استفاده شده و به منظور

1. Cross Validation
2. Local Minima

انتخاب شبکه عصبی مطلوب جهت محاسبه ارزش در معرض خطر و مقایسه دقت پیش‌بینی شبکه عصبی مصنوعی در هر یک از ساختارهای طراحی شده از معیارهای میانگین قدر مطلق خطا^۱ (MAE)، میانگین مربع خطا^۲ (MSE) و مجموع مربع خطا^۳ (SSE) استفاده گردید. پس از انجام مراحل فوق برای هر دو گروه این پژوهش به این نتیجه رسید که (۱) مدل‌های گروه اقتصادسنجی دارای توان تبیین ارزش در معرض خطر پرتفوی شرکت‌های سرمایه‌گذاری هستند (۲) مدل‌ها گروه شبکه عصبی پرسپترون با لایه‌های متفاوت دارای توان تبیین با قدرت مطلوب ارزش در معرض خطر پرتفوی شرکت‌های سرمایه‌گذاری نیستند (۳) نتایج به‌دست آمده بیانگر آن است که گروه مدل‌های اقتصادسنجی دارای عملکرد بهتری نسبت به گروه مدل‌های شبکه عصبی هستند.

1. Mean Absolute Error
2. Mean Squared Error
3. Sum Squared Error

منابع

۱. التون، ادوین و همکاران، (۱۳۹۱). نظریه جدید سید دارایی و تحلیل سرمایه‌گذاری، جلد اول، چاپ اول، ترجمه علی سوری، تهران، پژوهشکده پولی و بانکی.
۲. اندرز، والتر، (۱۳۸۶). اقتصادسنجی سری‌های زمانی، جلد اول، چاپ دوم، ترجمه مهدی صادقی شاهدانی، سعید شوال پور، تهران، انتشارات دانشگاه امام صادق.
۳. پارکر، جونز، (۱۳۷۸). مدیریت ریسک، ابعاد، تعریف و کاربرهای آن در سازمان‌های مالی، ترجمه علی پارسائیان، مجله تحقیقات مالی، شماره ۱۳
۴. دلاور، علی (۱۳۸۴). مبانی نظری و عملی در علوم انسانی و اجتماعی، چاپ چهارم، تهران، انتشارات رشد.
۵. رادپور، میثم و عبده تبریزی، حسین، (۱۳۸۸). اندازه‌گیری و مدیریت ریسک بازار، چاپ اول، تهران، موسسه انتشارات آگاه، پیشبرد.
۶. راعی، رضا، پویان فر، احمد (۱۳۸۹). مدیریت سرمایه‌گذاری پیشرفته، چاپ چهارم، تهران، انتشارات سمت.
۷. رایلی، فرانک کی، براون، کیت سی، (۱۳۸۴). تجزیه و تحلیل سرمایه‌گذاری و مدیریت سبد اوراق بهادار، ترجمه اسلامی بید گلی، غلامرضا و دیگران، چاپ اول، تهران، انتشارات دانشکده امور اقتصادی.
۸. شاهمرادی، اصغر، زنگنه، محمد (۱۳۸۵). محاسبه ارزش در معرض خطر برای شاخص‌های عمده بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از روش پارامتریک.
۹. علی فتاحی، (۱۳۸۶). «مقایسه و کارایی و قدرت پیش‌بینی شبکه‌های عصبی و تحلیل ممیز چند گانه در پیش‌بینی درماندگی مالی شرکت‌های تولیدی»، رساله فوق لیسانس، دانشگاه آزاد اراک.
۱۰. کشاورز حداد، غلامرضا، صمدی، باقر، (۱۳۸۸). «برآورد و پیش‌بینی تلاطم بازدهی در بازار سهام تهران و مقایسه دقت روش‌ها در تخمین ارزش در معرض خطر: کاربردی از مدل‌های خانواده FIGARCH»، مجله تحقیقات اقتصادی، شماره ۸۶.
۱۱. گودرزی، میلاد، امیری، بهزاد، (۱۳۹۲). «ارائه مدلی برای شناسایی عوامل موثر بر قیمت آتی سکه به روش شبکه عصبی مصنوعی و مقایسه آن با مدل‌های رگرسیونی» فصلنامه مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار، شماره پانزدهم.
۱۲. منهاج، محمد باقر (۱۳۹۱). مبانی شبکه‌های عصبی، جلد اول، چاپ هشتم، انتشارات دانشگاه صنعتی امیر کبیر.

۱۳. هاگن، رابرت (۱۳۸۴)، ترجمه پارسائیان و بهروز خدا رحمی، جلد اول و دوم، چاپ اول، تهران، انتشارات ترمه.

14. Alexander, Carol,(2008). Market Risk Analysis: Value at Risk Models, Volue IV, John Wiley & Sons, ltd.
15. Andersson, F., Mausser, H., Rosen, D., and Uryasev, S., (2001). Credit risk optimization with conditional Value-at-Risk criterion, Mathematical Programming, 89, 273-291.
16. Baillie, R., Bollerslev, T. and Mikkelsen, H. (1996). "Fractionally Integrated Generalised Autoregressive Conditional Heteroscedasticity". **Journal of Econometrics**.
17. Breitner, h. Luedtke, c. Mettenheim, H. Rosch, D. Sibbertsen. And Tymchenko, G " Modeling portfolio Value at Risk with Statistical and Neural Network Approaches" In statute for Information Systems Reserch, the Univercity of Hannover, Germany.
18. Christoffersen, P. F. (1998). "Evaluating interval forecasts", **International Economic Review**.
19. Dunis, C., Laws, J., karathanasopoulos, A., " GP Algorithm Versus Hybrid and Mixed Neural Networks". Liverpppl John Moores University.
20. Engle, R. F. (1982). "Autoregressive condntional heteroscedasticity with estimates of the variance of united kingdom inflation". *Econometra*.
21. Frylewicz, p. (2007). " Financial time series, ARCH AND GARCH Madels" University of Bristol.
22. Franke, J. Diagne, M. (2006). "Estimating market risk with neural network ". *Statis*
23. Hull, J., White, A., (1998). " Value at Risk When Dally Changes in Market Variables Are Not Normally Distributed". **Journal of Derivatives**, Vol. 5. NO.3.
24. KUPICE, P. (1995). "Techniques for verifying the accuracy of risk measurement models". **Journal of Derivatives**, Volue, 3.
25. Nelson, D. (1991). "Conditional Hetroscedasticity in asset returns: A new approach". **Econometric** 59,342-370.