پیش بینی ریسک نامطلوب با استفاده از مدل VaR با رویکرد چگالی حداکثر سازی آنتروپی در بورس اوراق بهادار تهران

دکتر میر فیض فلاح شمس[1]
دکتر عباس صالح اردستاني[2]
دکتر فریده حق شناس کاشانی[3]
سمیه رادسر[4]

چکیده

جهاني سازي تجارت و تغییر ساختار شکل بازارهاي مالي بین‌المللي، ریسك‌هایي که بنگاه‌ها در معرض آنها قرار مي‌گیرند را بطور گسترده تغییر داده اند . امروزه از یکسو هزینه ها و درآمدهاي بنگاه ها با ریسك هاي پیچیده اي که از تعاملات کسب و کار جهاني و تصمیم گیري هاي مالي و از سوي دیگر با عدم اطمینان از قیمت هاي کالا و نرخ هاي ارز و نرخ هاي بهره و ارزش هاي سهام مواجه هستند . همزمان با ظهور ابزارهاي مشتقه در دهه هشتاد، مدیریت ریسك با چالش جدیدي فرا روي خود مواجه گردید ، چرا که روش هاي سنتي مدیریت ریسك دیگر پاسخگوي کنترل ریسك هاي ناشي از این نوع ابزارهاي نوپا نبود . از اینرو استفاده از مدل VaR (Value at Risk)یا ارزش درمعرض خطر توسط بانکهاي‌آمریکایي شروع شد و عمومیت‌پیداکرد . با استفاده از تکنیكVaRکه مي‌توانست ریسك موجود در پرتفوي را اندازه گیریکند، بانك‌ها توانستند مدلي کلي جهت سنجش زیان اقتصادي را توسعه دهند .

در تحقیق حاضر مدل اقتصاد سنجی گارچ و مدل گارچ مبتنی بر حداکثر سازی چگالی آنتروپی جهت تخمین ارزش در معرض ریسک یک روزه و ده روزه بکار گرفته شد . طریق آزمونهای کوپیک و کریستوفرسن دقت مدل ها به لحاظ آماری بررسی شده و آزمون لوپز جهت رتبه بندی مدلهایی که از لحاظ آماری پذیرفته شده اند، مورد استفاده قرار گرفت . نتایج نشان می‌دهد که در رتبه بندی آزمون لوپز بر اساس هر کدام از آزمون های LR_{PoF} و LR_{cc}در تخمین ارزش در معرض ریسک یک روزه و ده روزه مدل اقتصاد سنجی گارچ دارای عملکرد بهتری نسبت به مدل گارچ مبتن ی بر حداکثر سازی چگالی‌آنتروپی می‌باشد.

واژگان کلیدی: ارزش در معرض ریسک، ریسک بازار ، آنتروپی.

۱ - مقدمه

۱- استاد یار و عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکز (m_fallahshams@iauctb.ac.ir)
۲- استادیار و عضو هیئت علمي دانشگاه آزاد اسلامي واحد تهران مرکز
۳- استاد ی ار و عضو ه یئت علم ی دانشگاه آزاد اسلام ی واحد تهران مرکز (f_haghshenas@iauctb.ac.ir)
۴- دانش آموخته کارشناسی ارشد مدیریت بازرگانی گرایش مالی دانشکده مدیریت دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکز (s.radsar@gmail.com)

عدم اطمینان محیطی و شدت رقابت سازمانها ، مدیران آنها را با چالشهای متعدد مواجه ساخته است . پیچیدگی محیطی، شدت رقابت، رواج فناوری‌های نو و پیشرفته، توسعه فناوری اطلاعات و ارتباطات، شیوه‌های نوین عرضه کالاها و خدمات، مسایل زیست محیطی و سَمت گیری سازمانها از داراییهای مشهود به نامشهود و ... از عوامل عمده ای است که موجب شده است سازمانها و بنگاههای اقتصادی در دوران حیات خود با ریسک‌های بسیار متعدد و زیاد و حتی پیش بینی نشده مواجه شوند. به همین جهت به منظور کاهش ریسک و جبران زیانهای ناشی از آن امروزه در ادبیات علمی ، انواع مدیریت ریسک نظیر مدیریت ریسک بنگاه، مدیریت ریسک کسب و کار و مدیریت ریسک استراتژیک و ... مطرح شده و هریک جایگاهی خاص دارند.

همچنین تلاش‌های وسیعی برای توسعه روش‌ها و تکنیک‌های قابل اتکا جهت اندازه گیری و کنترل ریسک در این حوزه از سوی دانشگاهیان و افراد حرفه ای صورت گرفته است. اندازه گیری ریسک بازار اطلاعات مهمی راجع به مخاطرات احتمالی در ارزش دارایی‌های موسسات و نهادهای مالی ارائه می‌دهد و مدیران ارشد نهادهای مالی با ا ستفاده از این اطلاعات می‌توانند از وضعیت پرتفوی معاملاتی خود آگاهی کسب کنند . همچنین آگاهی از ریسک بازار به مدیران کمک می‌کند تا محدودیتهایی را در موقعیت معاملاتی برای معامله گران این نهاد اتخاذ کنند تا از زیان‌های احتمالی مصون بمانند.

مدل ارزش در معرض ريسک يکي از کليدي ترين شاخص هاي اندازه گيري ريسک در حال حاضر است که تحليل گران مالي از آن استفاده هاي متعددي مي‌کنند. کاربردهاي اين مدل در مديريت ريسک و نيز براي مقاصد قانون گذاري، معياري براي سنجش ميزان ريسک و همچنين معياري براي سنجش مقدار سرمايه مورد نيا ز يک سازمان براي انجام عمليات خود مي‌باشد. محاسبه ريسک در پرتفوهايسرمايهگذاريامروزي که شامل انواع ابزار مالي از جمله سهام، اوراق قرضه و انواع ابزارهايمشتقه است، تنها از طريقاين شاخص قابل اندازه گيريم‌ی باشد.

ارزش در معرض ريسک بسياری از ضعفهای روش های سنتی م ديريت ريسک را جبران کرده از جمله ضعف های روش‌های سنتی : محدوديت کاربرد، فرض نرمال بودن توزيع بازده، محدوديت حساسيت سنجی بدره سرمايه گذاری نسبت به بازار و عدم توجه به نوسان حاصل از ريسک بازار، عدم توجه به افق زمانی يا نقدينگی دارايی مالی، که اين موارد در م دلVaR مورد توجه قرار گرفته و پوشش داده شده است.

در اين پژوهش از روش جديدی برای محاسبه VaR، بر اساس ماکسيممآنتروپی چگالی استفاده نموده واين الگو را در راستای الگویGARCH قرار داده است.

۲ - مبانی نظری و پیشینه تحقیق

۲-۱ چارچوب نظری

ريسک بازار به عنوان احتمال وقوع زيان ناشی از عدم قطعيت درآمدهای پرتفوی معاملاتی يک موسسه مالی به واسطه تغيير در شرايط

بازار شامل قیمت دارایی، نرخ بهره، نوسانات بازار و نقدینگی بازار تعریف می‌شود. ریسک بازار زمانی به وجود می‌آید که موسسه مالی به طور فعالانه به خرید و فروش دارایی، بدهی و اوراق مشتقه مبادرت می‌نماید نه هنگامی که اقلام مذکور را برای مقاصد سرمایه گذاری بلند مدت، تامین مالی و مصون سازی نگهداری می‌کند. در حال حاضر مهمترین روش سنجش ریسک بازار استفاده از مدلهای ارزش در معرض ریسک (VaR) می‌باشد. ارزش در معرض خطر به معنای برآورد حداکثر زیان در سطح خاصی از اطمینان (مثلا ۹۵٪) و در مدت زمان معینی (مثلا ۱ روز) است.

اگر بگوییم با فرض ۹۵ درصد و مدت زمان ۱ روز ارزش در معرض ریسک برابر با ۱۱ میلیون دلار است، این بدان معناست که یک روز از بیست روز به طور متوسط امکان دارد مبلغی به میزان بیش از ۱۱ میلیون دلار زیان در پرتفوی دارایی های سرمایه گذاری شده، در صورت بروز نوسانات بازار ایجاد شود.

در سال هاي آخر مطالعات محققين مالي درخصوص معيارهاي محاسبه ريسک بازار به مطالعه در خصوص روش هاي محاسبه دقيق تر ارزش در معرض خطر متمرکز شده است.

روش هاي محاسبه ارزش در معرض خطر به دو نوع پارامتريک و ناپارامتريک تقسيم مي‌شود. روش پارامتريک به روش واريانس- کوواريانس و برخي روش هاي تحليلي خلاصه مي‌شود. روش ناپارامتريک نيز شامل شبيه سازي تاريخي و شبيه سازي مونت کارلو مي‌باشد.

۲-۱-۱روش پارامتريک (واريانس- کوواريانس)[5]

اين روش داري دو فرض اساسي است که البته باعث محدوديت هايي براي اين روش مي‌شود. درعين حال به علت آساني انجام محاسبات، خصوصا محاسبات روزانه کاربرد زيادي دارد. اين دو فرض عبارتند از:

- بازده دارايي داراي توزيع نرمال است.
- بين عوامل ريسک بازار و ارزش دارايي رابطه خطي وجود دارد.

اطلاعات تاريخي نيز براي محاسبه پارامترهاي مورد نياز از جمله ميانگين و انحراف معيار استفاده مي‌شوند. با توجه به توزيع نرمال، احتمال قرار گرفتن بازدهي (زيان) در قسمت گوشه سمت چپ منحني توزيع نرمال $P[Z<z]$ برابر است با احتمال نرمال استاندارد

$$Z_a = [Z < z]$$

(راعي؛رضا و سعيدي؛علي،۱۳۸۳)

با تفسير ارزش در معرض خطر، احتمال اينکه ارزش پرتفوي با انحراف معيار بازدهي مشخص و با سطح اطمينان معين از ارزش مفروض کمتر باشد، از طريق معادله زير قابل اندازه گيري است:

$$VaR = M.\sigma\sqrt{T}.Z_\alpha$$

VaR= ارزش در معرض خطر

α= سطح اطمينان

M= ارزش بازار دارايي

T= طول دوره زماني محاسبه بازده

[5]- Parametric (variance – covarivce) Method

۲-۱-۲روش شبيه سازي تاريخي[6]

روش شبيهسازي، ساده ترين روش غير پارامتريک بوده، نيازي به پيش فرض در مورد توزيع احتمال بازده دارايیهایمالیوجود ندارد . بنابراين اين روش ريسک مدل ندارد . در اين روش فرض بر اين است که رفتار بازده دارايي مالي مانند رفتار گذشته آن است و توزيع احتمال بازده در گذشته عينا توزيع احتمال آتي دارايي مالي نيز مي‌باشد و روند تغييرات قيمت در گذشته، در آينده نيز ادامه خواهد داشت . به عبارت ديگر تغييرات پارامترهاي بازار در گذشته مورد ارزيابي قرار مي‌گيرد و بر آن اساس پرتفوي موجود نيز مشابه تغييرات گذشته ارزيابي و ريسک آن محاسبه مي‌شود. به اين صورت تغييرات پارامترهاي بازار در گذشته به آينده نسبت داده مي‌شود و تغييرات آتي تخمين زده مي‌شوند. فرمول ارائه شده در روش واريانس- کوواريانس در اين قسمت نيز استفاده مي‌شود و تنها انحراف معيار به روش شبيه سازي تاريخي محاسبه مي‌شود. (راعي؛رضا و سعيدي؛علي،۱۳۸۳)

۲-۱-۳ روش مونت کارلو[7]

دومين روش از روش هاي ناپارامتريک، روش مونت کارلو است . در اين روش نيز فرض نرمال بودن توزيع بازدهي الزامي نيست وهمچنين براي ابزارهاي مالي که داراي تابع بازدهي غيرخطي مي‌باشند، از اين روش براي محاسبه ريسک اين ابزارها مي‌توان استفاده کرد . در روش شبيه سازي مونت کارلو از اطلاعات تاريخي استفاده نمي شود . بلکه با استفاده از فرآيندهاي تصادفي و استفاده از نمونه هاي شبيه سازي شده زياد که توسط رايانه ساخته مي‌شود، پيش بيني تغييرات آتي به انجام مي‌رسد. (راعي؛رضا و سعيدي؛ علي، ۱۳۸۳)

۲-۲ پیشینه تحقیق:

در چند دهه اخیر پیشرفتهای چشمگیری در زمینه اندازه گیری، کنترل و مدیریت ریسک بازار صورت گرفته است و در حال حاضر مدلهای ارزش در معرض ریسک از مهمترین مدلهای اندازه گیری ریسک بازار محسوب می‌شود. برای اولین بار شرکت جی .پی. مورگان در سال ۱۹۹۴ مدل ریسک سنجی را برای اندازه گیری ارز ش در معرض ریسک معرفی کرد . در سالهای بعد مدل های دیگری نظیر تئوری ارزش نهایی، داده های پر نوسان و مدل‌های شرطی واریانس ناهمسان نظیر مدل GARCH در تحقیقات افرادی نظیر: دانیلسون و وریز (۱۹۹۷)، بلتراتی و مورانو (۱۹۹۹)، هو و دیگران(۲۰۰۰)، ونگ و سو(۲۰۰۳) به عنوان روشهای سنجش ارزش در معرض ریسک مطرح شد.

یکی از مهمترین چالشهایی که مدل های پیش بینی ارزش در معرض ریسک با آن مواجه بودند، پدیده واریانس شرطی در توزیع بازدهی داده های مالی است.این پدیده منجر به طراحی مدل های واریانس ناهمسانی شرطی خود رگرسیونی شد. این گروه از مدل‌ها ابتدا توسط انگل در سال ۱۹۸۳ معرفی شدند.بلرسف(۱۹۸۶)، مدل انگل را تعمیم داد و گروهی از مدل ها

---

[6]- Historical Simulation Method
[7]- Monte Carlo Simulation Method

را که به مدل های تعمیم یافته خودرگرسیون وا ریانس ناهمسان (GARCH) شهرت یافتند ارائه داد. سو و یو (۲۰۰۶)به تخمین ارزش در معرض ریسک در سطوح اطمینان مختلف با استفاده ا ز مدل های ریسک متري (IGARCH(1,1و FIGARCH(1,d,0)وGARCH(1,1) پرداخته اند . نتایج حاکي از آن است که در بازارهاي سهام در موقعیت بلندمدت توزیع t براي ارزش در معرض ریسک ۱% تخمین هاي بهتري نسبت به توزیع نرمال دارا مي‌باشد.

تاگ و شیه (۲۰۰۵) به بررسي ویژگي هاي حافظه بلندمدت براي قیمت هاي سه بازار معاملات آتي شاخص سهام پرداختند . نتایجتجربیحاکي از آن است که مدل FIGARCH با توزیع tچولهبرایتشریحمعاملاتآتي شاخص صنعت داوجونز، مناسب مي‌باشد. اما براي معاملات آتي نزدک و اس اندپي، مدل FIGARCH با نوآوري هاي t چوله بهتر انجام شده است.

سدرسکي (۲۰۰۶) با استفاده از مدل هاي گشت تصادفي[8]، میانگین تاریخي، میانگین متحرک موزون نمایي، رگرسیون خطي، مدلهاي GARCH(1,1)، TGARCH و M- GARCH و حالت فضا و دو مدل چند متغیره شامل اتورگرسیو برداري و GARCH دو متغیره، به مدلسازي و پیش بیني تلاطم قیمت هاي آتي مشتقات نفتي پرداخته است. نتایج این تحقیق نشان مي‌دهد که استفاده از مدل TGARCH براي تلاطم قیمت نفت حرارتي وگاز طبیعي و استفاد ه از مدل GARCH در مورد نفت خام وسوخت بدون سرب نتیجه بهتري مي‌دهد.

تاگ(۲۰۰۷) از رویکرد ارزش درمعرضریسک، جهتتعریفریسک در هر دو موضع معاملاتي کوتاه مدت و بلندمدت استفاده مي‌نماید. اینبررسي، بر رویتعدادي از شاخص هاي بازارهاي مهم (نظیر ژاپن، انگلیس، آلمان و آم‌ریکا) انجام شده است . نتایج نشان مي‌دهد که مدل هاي انعطاف پذیرتر لزوما داراي عملکرد بهتري در پیش بیني مقدار ارزش در معرض ریسکنمي باشند،دلیلاین امر به احتمال زیاد در پیچیدگي این مدل ها مي‌باشد.

هونگ و همکاران (۲۰۰۸) با استفاده از مدل هاي GARCH N، TGRACH و GARCH بر روي قیمت هاي روزانه پنج محصول نفتي به بررسي تأثیر فرآیند اجزاء اخلال با دنباله پهن بر دقت وکارایي تخمین یک روزه ارزش درمعرض ریسک پرداختند . نتایج تحقیق نشان مي‌دهد که درمورد بازده هاي لپتوکورتیک با دنباله پهن، تخمین مدل GARCH HT در سطوح اطمینان بالا و پایین از دقت خوبي برخوردار مي‌باشد، به علاوه نتیجه آزمون تورش مقایسه نسبي میانگین، نشان مي‌دهد که مدل GARCH HT در میان سایر مدل‌ها درسطوح اطمینان بالا از بیشترین کارایي برخوردار مي‌باشد.

فیلیکس چان (۲۰۰۹)روشی جدید برای پیش بینی ارزش در ریسک با حداکثر چگالی انتروپی ارائه نمود، پارامترها در مدل گارچ می‌توانند به وسیله برآوردگر احتمال شبه حداکثر با چگالی نرمال حتی زمانی برآورد شود که توزیع بازده ها غیر عادی باشد این دلالت بر آن دارد که میسر است به برآوردهای همسو باقیمانده های استاندارد دست یابیم که می‌توانند برای تخمین توزیع واقعی با استفاده از حداکثر چگالی آنتروپی استفاده شود .این روش با پوشش دادن چولگی داده ها پیش بینی دقیقتری را برای ارزش در معرض ریسک ایجاد می‌کند.

[8]- Random walk models

۳- فرضیه های تحقیق

۱. امکان پیش بیني ریسک نامطلوب بازار در بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از مدل GARCH[9] با رویکرد چگالي حداکثرسازي آنتروپي وجود دارد.

۱ ـ امکان پیش بیني ریسک نامطلوب بازار در بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از مدل GARCH با رویکرد چگالي حداکثرسازي آنتروپي، یک روز قبل وجود دارد.

۱ ـ امکان پیش بیني ریسک نامطلوب بازار در بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از مدل GARCH با رویکرد چگالي حداکثرسازي آنتروپي، ۱۰ روز قبل وجود دارد.

۲. امکان پیش بیني ریسک نامطلوب بازار در بورس اوراق بهادا ر تهران با استفاده از مدل اقتصادسنجي GARCH وجود دارد

۲-۱امکان پیشبینیریسک نامطلوب بازار در بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از مدل اقتصادسنجي GARCH، یک روز قبل وجود دارد.

۲-۲ امکان پیشبینیریسک نامطلوب بازار در بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از مدل ا قتصادسنجي GARCH، ۱۰ روز قبل وجود دارد.

۳. قدرت سنجش و پیش بیني ریسک نامطلوب با استفاده از مدل GARCH با رویکرد چگالي حداکثرسازي آنتروپي بیشتر از مدل اقتصادسنجي GARCH مي‌شود.

۳-۱ قدرت سنجش و پیشبینیریسک نامطلوب با استفاده از مدل GARCH با رویکرد چگالي حداکثرسازي آنتروپي یک روز قبل، بیشتر از مدل اقتصاد سنجيGARCH مي‌باشد.

۳-۲ قدرت سنجش و پیشبینیریسک نامطلوب با استفاده از مدل GARCH با رویکرد چگالي حداکثرسازي آنتروپي ۱۰ روز قبل، بیشتر از مدل اقتصادسنجي GARCH مي‌باشد.

۴- روش شناسی تحقیق

۴-۱ روش تحقیق

تحقیق حاضر به روش تحلیل همبستگي سریهاي زماني مي‌باشد. در تحقیقات همبستگي، هدف بررسي رابطه دو به دوي متغیرهاي موجود در تحقیق است.

در پژوهش پیش رو تلاش شده است تا با استفاده از دو مدل اقتصاد سنجيGARCH و مدلGARCH مبتني بر حداکثر سازي آنتروپي چگالي، ارزش در معرض ریسک به ع نوان مهمترین معیار سنجش ریسک بازار براي شاخص کل بورس اوراق بهادار تهران تخمین زده و سپس کارایي دو مدل در سنجش و پیش بیني VARرا با یکدیگر مقایسه و بهترین مدل را انتخاب نماییم.

داده هاي اصلي این پژوهش شامل سري زماني مربوط به شاخص کل بورس اوراق بهادار تهران (TEDPIX) مي‌باشد. بدین منظور، سري زماني این شاخص در فاصله زماني ۱۳۸۳/۰۱/۰۱ تا ۱۳۸۹/۱۲/۲۸ در نظر گرفته شده

[9]- Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedastic

است. سپس بازدهي لگاريتمي [10] شاخص به دو صورت روزانه و ۱۰ روزه به صورت زير محاسبه شده اند:

$$r_t = L_n(P_t) - L_n(P_{t-1}) = L_n(\frac{P_t}{P_{t-1}})$$

به طور كلي گام هاي اساسي در اجراي اين روش به شرح زير است:

۱) گردآوري سري زماني شاخص كل بورس اوراق بهادار تهران و محاسبه بازدهی روزانه و ده روزه به روش لگاريتم طبيعی.
۲) استخراج ويژگي هاي آماري سري زماني شاخص كل بورس اوراق بهادار تهران و انجام آزمون هاي مانايي سری زمانی داده ها.
۳) برازش مدلی برای بازده مورد انتظار به روش ARMA و انجام آزمونهای مربوط به ARMA.
۴) انجام آزمون ناهمسانی شرطی و تخمين واريانس شرطی با رويكرد GARCH.
۵) تخمين ارزش در معرض ريسك يک روزه و ده روزه با رويكرد GARCH.
۶) تخمين ارزش در معرض ريسك يک روزه و ده روزه با رويكرد GARCH مبتنی بر چگالی حداكثر سازی آنتروپی.
۷) انجام آزمونهای مربوط به كارايی پيش بينی ريسك نامطلوب برای هر يک از مدلها توسط آزمونهای شكست كوپيک، كريستوفرسن ولوپز .

۴-۲جامعه آماری

با توجه به اينكه در اين تحقيق به دنبال پيش بينی VAR به عنوان شاخص سنجش ريسك بازار در ب ورس اوراق بهادار تهران هستيم . بنابراين جامعه آماری در پژوهش حاضر شاخص كل بورس اوراق بهادار تهران به عنوان نماينده پرتفوی بازار می‌باشد كه به خوبی می‌تواند تغييرات قيمتی شركت‌های موجود در بورس را نمايش دهد.

۴-۳ نمونه- روش نمونه گيری و تعيين حجم نمونه

به منظور تعيين نمونه و داده های مورد نياز مدل اين پژوهش از روش نمونه گيری برش مقطعی استفاده شده است. داده‌ها يحاصل از برش مقطعی در يک برهه از زمان و به صورت تصادفی تهيه می‌شوند. نمونه انتخابی، داده‌های مربوط به سری زمانی شاخص كل بورس اوراق بهادار تهران در فاصله سالهای ۱۳۸۳ تا ۱۳۸۹ می‌باشد.

۴-۴روش جمع آوری و تجزيه و تحليل اطلاعات

اطلاعات مربوط به بررسی مبانی نظری و ادبيات موضوع از طريق مطالعات كتابخانه ای و جستجوی اينترنتی جمع آوری گرديده است و اطلاعات مربوط به سری زمانی شاخص كل بورس اوراق بهادار تهران از طريق سايت رسمی شركت بورس اوراق بهادار و CDهای مربوطه جمع آوری شده است. به منظور سنجش مدل و تجزيه و تحليل داده های اين پژوهش از نرم افزارE-views 5 ونرمافزارو Excel استفاده شده است.

۴-۴مدل مفهومی تحقيق

مدل تحقيق حاضر به صورت زير می‌باشد.

[10]- Logarithmic return

$$\text{var} = \hat{r}_{t+1} - k\sqrt{\hat{h}_t} + 1$$

حداکثر زیان در یک دوره زمانی معین و در یک سطح اطمینان مشخص=var

$\hat{r}_{t+1}$ = بازده پیش بینی شد

k = اطلاعات شاخص ها

$\hat{h}_t$ = واریانس شرطی

گام اول: ارزیابی r و h، در الگوی ARMA- GARCH، که با استفاده از QMLE تعریف می‌شود.

$$(1-\phi(l))\, r_1 = (1-\theta(l))\, \varepsilon_1$$

$$\varepsilon_1 = \gamma_1 \sqrt{h_1}$$

r= بازده در زمان t

h= واریانس شرطی

L= عملگر تاخیری

γ= مجموعه ای از متغیرهای تصادفی توزیع یافته با میانگین صفر و واریانس واحد

$$h_1 = w + \sum_{i=1}^{p} \alpha_i \varepsilon_{1-i}^2 + \sum_{i=1}^{q} \beta_i h_{1-i}$$

$$\hat{\theta} = \arg\max -\frac{1}{2}\sum_{i=1}^{T}\left[\log h_1 + \frac{\varepsilon_t^2}{h_t}\right]$$

گام دوم: استاندارد کردن فاکتورها بر اساس فرمول زیر:

$$\hat{\gamma}_t = \frac{r_t + \hat{r}_t}{\hat{h}_t}$$

گام سوم: گشتاوری بازدهی را از روش MED (Maximum Entropy Density) که در گام دو محاسبه شد به دست می‌آوریم.

گام چهارم: محاسبه مقدار k از طریق فرمول زیر:

$$k = \int_{-\infty}^{k} \hat{p}(\gamma_t) d\gamma_t = 1-\alpha$$

گام پنجم: پیش بینی میزان کاهش قیمت برای یک بازه زمانی مشخص

$$\text{var} = \hat{r}_{t+1} - k\sqrt{\hat{h}_t} + 1$$

گام ششم: در نهایت از طریق آزمون‌های اعتبارسنجی، قدرت پیش بینی مدل مذکور مشخص می‌شود.

۴-۵ روشهای آزمون داده ها

۴-۵-۱ آزمون کوپیک[11]

اولين راه منطقي براي ارزيابي توانايي پيش بيني مدل VAR شمارش تعداد دفعاتي است كه مقدار زيان واقعي از مقدار زيان پيش بيني شده توسط VAR بزرگ تر بوده است . چنانچه زيان واقعي از زيان برآورد شده توسط مدل بيشتر باشد، آنگاه اين رويداد به عنوان يک شكست (تخطي) محسوب مي‌شود و اگر زيان واقعي كوچكتر از زيان برآورد شده

[11]- Kupiec test

باشد، این رویداد به عنوان یک موفقیت (عدم تخطي) ثبت مي‌شود. اگر رویداد ± در سطح احتمال α را با $I_t(\alpha)$ نشان دهیم، خواهیم داشت:

$$I_t(\alpha) = \begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases} \text{if } r_t < -\%\,\text{var}^{t}\!/_{t} - 1(\alpha)$$

که r_t بازده تحقق یافته در دوره t و $\%\,\text{var}^{t}\!/_{t}$ ارزش در معرض ریسک درصدي دوره t مشروط بر اطلاعات موجود تا دوره $t-1$ است.

۴-۵-۲ آزمون کریستوفرسن[12]

این آزمون احتمالا شناخته شده ترین آزمون پوشش شرطي مي‌باشد که توسط کریستوفرسن (۱۹۹۸) ارائه شده است. آزمون کریستوفرسن علاوه بر نرخ صحیح پوشش، احتمال وابستگي یک استثنا در یک روز بر بازده روز گذشته را مورد بررسي قرار مي‌دهد.

آماره مربوطه این آزمون براي استقلال استثنائات یک نسبت درست نمایي است:

$$LR_{ind} = 2LN \frac{(1-\hat{\pi}_{01})^{T_{00}} \hat{\pi}_{01}^{T_{01}} (1-\hat{\pi}_{11})^{T_{10}} \hat{\pi}_{11}^{T_{11}}}{\hat{\alpha}^{T_2} (1-\hat{\alpha})^{T_0}}$$

با ترکیب این آماره استقلال با آزمون PoF کوپیک، مي‌توان آزمون توأمي را بدست آورد که هر دو ویژگي یک مدل ارزش در معرض ریسک خوب - نرخ شکست صحیح و استقلال استثنائات، یا پوشش شرطي - را مورد بررسي قرار مي‌دهد:

$$LR_{cc} = LR_{PoF} + LR_{ind}$$

$$LR_{cc} = 2LN \frac{(1-\hat{\pi}_{01})^{T_{00}} \hat{\pi}_{01}^{T_{01}} (1-\hat{\pi}_{11})^{T_{10}} \hat{\pi}_{11}^{T_{11}}}{\hat{\alpha}^{T_2} (1-\hat{\alpha})^{T_0}}$$

α = سطح پوشش مورد نظر (۵%)

۴-۵-۳ آزمون لوپز[13]

از طریق آزمون هاي کوپیک و کریستوفرسن که در بخش هاي قبلي تشریح شد، دقت مدل هاي ارزش در معرض ریسک به لحاظ آماري مورد آزمون قرار مي‌گیرد. اگر دقت یک مدل به لحاظ آماري رد نشود، مدل قابل قبول خواهد بود. اما، در بسیاري از موارد چندین مدل را در اختیار داریم وآزمون هاي بازخور دقت برخي از آنها را مورد تأیید قرار مي‌دهد. بدیهي است که در این هنگام انتخاب از میان مدل هاي تأیید شده به عنوان مسأله اي پیش روي مدیریت ریسک قرار مي‌گیرد.

رابطه این تابع عبارت است از:

$$C_t = \begin{cases} 1 & \text{if } L_t > VAR_t \\ 0 & \text{if } L_t << VAR_t \end{cases}$$

۵- یافته‌های تحقیق

[12]- Christofferssen
[13]- Lopez test

۵-۱ آمارهای توصیفی و آزمون نرمال بودن

برای بررسی مشخصات عمومی و پایه ای سری بازدهی شاخص کل، جهت برآوردمدل‌ها و تجزیه و تحلیل دقیق آن ها، در ابتدا بایستی آمارهای توصیفی مربوط به سری بازدهی انجام گردد . مهم ترین آمارهای توصیفی داده از جمله میانگین، میانه، انحراف معیار، حداکثر و حداقل داده ها، کشیدگی و چولگی و در نهایت آماره Jarque – Bera نشان داده شده است. معیار کشیدگی به صورت زیر محاسبه می‌شود :

$$k = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{N}\left(\frac{y_i - \bar{y}}{\hat{\sigma}}\right)$$

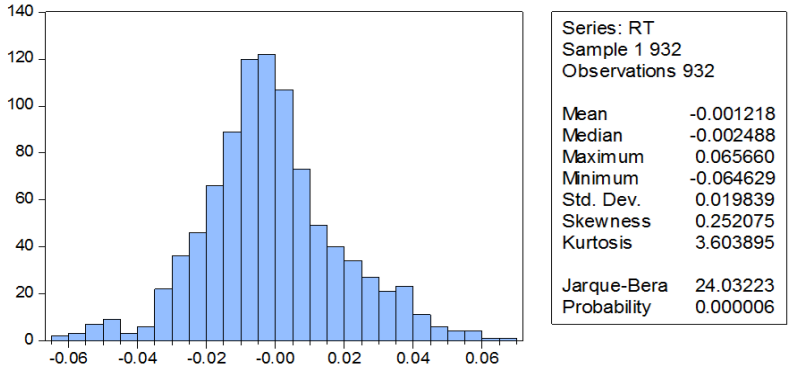
که در آن $\hat{\sigma}$ برآورد کننده واریانس نمونه می‌باشد. کشیدگی توزیع نرمال برابر ۳ می‌باشد.

میزان کشیدگی به دست آمده ۳.۶۰ می‌باشد که با ویژگی داده های مالی مبنی بر کشیدگی بالای آن ها سازگار می‌باشد. در نهایت، آزمون Jarque – Bera برای تعیین نرمال بودن توزیع سری زمانی به کار می‌رود. آماره این آزمون از طریق محاسبه تفاوت معیار چولگی و کشیدگی سری زمانی با معیار چولگی [14] و کشیدگی توزیع نرمال به دست می‌آید. این آماره از طریق رابطه زیر محاسبه می‌شود :

$$\text{jarque} - \text{Bera} = \frac{N-e}{6} = \left(S^2 + \frac{(k-3^2)}{4}\right)$$

Sبیانگر معیار چولگی، Kبیانگر معیار کشیدگی، e معادل تعداد ضرایب پیش بینی شده که برای ایجاد سری زمانی استفاده شده اند . فرضیه صفر توزیع نرمال، این است که آماره Jarque – Bera دارای توزیع x^2 با درجه آزادی دو می‌باشد.

با توجه به میزان این آماره که بر ابر با ۲۴.۰۳۲۲۳ می‌باشد، می‌توان نتیجه گرفت که توزیع داده ها از توزیع نرمال برخوردار نیست.



نمودار۱- نمودار هیستوگرام سری زمانی بازده و شاخص‌های آمار توصیفی آن

[14]- Skewness

۵-۲آزمون پایایی (مانایی) [۱۵]

در ابتدا بایستی توجه داشت که انجام آزمون پایایی متغیر تحقیق، امری ضروری می‌باشد.

بر این اساس، آزمون های ریشه واحد دیکی فولر تعمیمی یافته (ADF) و آزمون فیلیپس پرون (PP) را یک بار با عرض از مبدأ و روند زمانی و یک بار با عرض از مبدأ و بدون روند زمانی در نظر می‌گیریم و با توجه به معیار شوارتز بیزین SBC، بهترین آزمون انتخاب می‌شود.

نتایج نشان دهنده این است که متغیر براساس هر دو آزمون پایا می‌باشد.

جدول ۱- نتایج آزمون دیکی - فولر تعمیم یافته *(ADF)* **و آزمون فیلیپس پرون** *(PP)*

PP Test Statistic	*-24.39101*	*%1 Critical value*	*-2.567451*
		%5 Critical value	*-1.941164*
		%10 Critical value	*-1.616470*
ADF Test Statistic	*-5.540960*	*%1 Critical value*	*-2.567478*
		%5 Critical value	*-1.941168*
		%10 Critical value	*-1.616468*

۵-۳برازش مدل بازدهی مورد انتظار

در پژوهش حاضر به منظور برازش مدل پیش بینی بازدهی مورد انتظار بازار از رویکرد باکس-جنکینز استفاده شده است. با استفاده از این روش، ابتدا با وارد کردن اتورگرسیوهای(AR) مختلف و میانگین متحرک مناسب و تخمین OLS، بر اساس معیارهای آکائیک و شوارتز و با توجه به مواردی نظیر آماره دوربین-واتسون، انحراف معیار خطاها و ضریب تعیین مدل مناسب انتخاب می‌گردد. در جدول ۲ خروجی نرم افزار E-views آورده شده است.

جدول۲- خلاصه اطلاعات برازش مدل مناسب

Dependent Variable: R Method: Least Squares Included observations: 1685 after adjustments Convergence achieved after 7 iterations				
Variable	***Coefficient***	***Std. Error***	***t-Statistic***	**Prob**
C	0.000448	0.000441	1.016534	0.3095
AR(1)	0.953996	0.018236	52.31414	0.0000
MA(2)	-0.250720	0.042939	-5.839044	0.0000
R-squared	***0.209708***	**Mean dependent var**		0.000408
Adjusted R-squared	***0.209708***	**S.D. dependent var**		0.005393
S.E. of regression	***0.004798***	**Akaike info criterion**		-7.836731
Sum squared resid	***0.038701***	**Schwarz criterion**		-7.836731
Log likelihood	***6608.171***	F-statistic		***148.6876***
Durbin-Watson stat	1.986088	**Prob(F-statistic)**		***0.000000***
Inverted AR Roots	***.95***			
Inverted MA Roots	***.87***			

در تخمین‌های انجام شده مدل فوق از نظر معیارهای فوق الذکر مناسب ترین بوده است. این مدل دارای بیشترین **R2**بوده و هم چنین معیارهای آکائیک، شوارتز و انحراف معیار خطاهای این رابطه از بقیه روابط کوچک تر بوده است.

[15]- Stationarity

۴-۵ نتایج آزمون فرضیات

به منظور آزمون فرضیه‌های تحقیق از آزمون‌های بازخور ارزش در معرض ریسک استفاده شده است. جهت بررسی فرضیات اول و دوم با زیر فرضیه‌های آن‌ها از آزمون‌های آماری کوپیک و کریستوفرسن و برای آزمون فرضیه سوم با زیر فرضیه‌های مربوط به آن از آزمون لوپز استفاده شده است. در زیر به شرح هر یک از فرضیات پرداخته می‌شود.

جدول ۳- نتایج حاصل از آزمون شکست کوپیک ارزشدر معرض ریسکیک روزه

مدل	سطوح اطمینان	آماره LR_{PoF}	عدد ناحیه بحرانی توزیع کای دو با درجه آزادی ۱
مدل *MED*	*%95*	**1.90049*	*3.8416*
	%97.5	۴۰.۵۹۷۷۳	*5.0238*
	%99	۷۸.۶۹۵۷۳	*6.634*
مدل **GARCH**	*%95*	*1.8935	*3.8416*
	%97.5	40.4045	*5.0238*
	%99	79.2552	*6.634*

* نشان دهنده این است که مدل، آزمون بازخور را با موفقیت پشت سر گذاشته است.

نتایج نشان می‌دهد مدل‌های طراحی شده در سطح اطمینان ۹۵% قابل اتکا می‌باشد.در واقع می‌توان با اطمینان ۹۵% گفت، هر دو مدل قادر به پیش بینی ریسک نامطلوب بازار می‌باشد.

جدول ۴-نتایج حاصل از آزمون کریستوفرسن ارزش در معرض ریسک یک روزه

مدل	سطوح اطمینان	آماره LR_{CC}	عدد ناحیه بحرانی توزیع کایدو با درجه آزادی ۲
مدل *MED*	*%95*	*6.5217*	*5.991*
	%97.5	۴۷.۲۴۲۸۲	*7.377*
	%99	۸۷.۱۲۹۵۴	*9.210*
مدل **GARCH**	*%95*	*۵.۷۴۷۶۹۸	*5.991*
	%97.5	۴۹.۲۰۶۰۸	*7.377*
	%99	۹۷.۲۷۰۹۴	*9.210*

* نشان دهنده این است که مدل، آزمون بازخور را با موفقیت پشت سر گذاشته است.

نتایج نشان می‌دهد که تنها مدل **GARCH**در سطح اطمینان ۹۵% قابل اتکا می‌باشد.در واقع می‌توان با اطمینان ۹۵% گفت، این مدل قادر به پیش بینی ریسک نامطلوب بازار می‌باشد.

جدول۵-نتایج حاصل ازآزمون کوپیک ارزش در معرض ریسک ده روزه

مدل	سطوح اطمینان	آماره LR_{PoF}	عدد ناحیه بحرانی توزیع کای دو با درجه آزادی ۱
مدل MED	*%95*	*15.0873*	*3.8416*
	%97.5	*15.5211*	*5.0238*
	%99	*92.6642*	*6.634*

3.8416	*1.8935	***%95***	**مدل** GARCH
5.0238	40.4045	***%97.5***	
6.634	79.2552	***%99***	

* نشان دهنده این است که مدل، آزمون بازخور را با موفقیت پشت سر گذاشته است.

نتایج نشان می‌دهد که مدل **GARCH** در سطح اطمینان ۹۵% قابل اتکا می‌باشد.در واقع می‌توان با اطمینان ۹۵% گفت، این مدل قادر به پیش بینی ریسک نامطلوب بازار می‌باشد.

جدول۶-نتایج حاصل از آزمون کریستوفرسن ارزش در معرض ریسک ده روزه

مدل	سطوح اطمینان	آماره LR_{CC}	عدد ناحیه بحرانی توزیع کای دو با درجه آزادی ۲
مدل MED	***%95***	***20.1361***	***5.991***
	%97.5	***22.0397***	***7.377***
	%99	***101.0035***	***9.210***
مدل GARCH	***%95***	۴.۸۵۲ *۹	***5.991***
	%97.5	۱۰.۱۶ ۹۴	***7.377***
	%99	۱۶۳.۲ ۳۹۰	***9.210***

*نشان دهنده این است که مدل، آزمون بازخور را با موفقیت پشت سر گذاشته است.

نتایج نشان می‌دهد که مدل **GARCH** در سطح اطمینان ۹۵% قابل اتکا می‌باشد.در واقع می‌توان با اطمینان ۹۵% گفت، این مدل قادر به پیش بینی ریسک نامطلوب بازار می‌باشد.

برای آزمون فرضیه سوم همان طور که در قبل نیز بیان شد از آزمون لوپز استفاده می‌نماییم. از طریق آزمون‌های کوپیک و کریستوفرسن، دقت مدل‌های ارزش در معرض ریسک به لحاظ آماری مورد آزمون قرار می‌گیرد. اگر دقت یک مدل به لحاظ آماری رد نشود، مدل قابل قبول خواهد بود.

آزمون لوپز بر اساس یک تابع زیان، نمره هایی را به هر کدام از مدل ها اختصاص می دهد و براساس این نمرات، رتبه بندی مدل ها امکان پذیر می‌شود. بنابراین برای رتبه بندی مدل‌ها باید از نمره *QPS* مدل ی استفاده کنیم که تعداد تخطی‌های آن برابر تخطی‌های مورد انتظار است. یعنی دوری و نزدیکی نمره دیگر مدل ها نسبت به نمره این مدل، مبنای اعطای رتبه های پایین تر و بالاتر است..

از آنجایی که دقت مدل ***MED*** به لحاظ آماری رد شده است بنابر این فرضیه ۳ مبنی بر بالا بودن قدرت پیش بینی مدل گارچ‌بتن ی بر حداکثر سازی چگالی آنتروپیتأیید نمی‌گردد.

۵-۵ نتیجه گیری وبحث

ارزش در معرض ریسک، روش جدیدی برای اندازه‌گیری و سنجش خطر احتمالی موجود در بازار سرمایه و از خانواده معیارهای ریسک

نامطلوب می‌باشد که تا به حال در بسیاری از مؤسسات مالی نفوذ داشته و روش دستیابی آن‌ها را به میزان ریسک مالی خود، کاملاً تغییر داده است. برای سرمایه گذاران، ریسک به معنای اتفاقاتی است کهمنجر به زیان می‌شود وVaRنیز بر همین تعریف استوار شده است و با محاسبه دقتسرمایه گذاران نسبت به اتفاقاتی که پیرامون یک زیان بزرگ در حال رخ دادن است می توان پاسخ به مسایلی از قبیل میزان زیان در یک دوره نامناسب برای سرمایه‌گذاری رابدست آورد.

ارزش در معرض ریسک، روش ارزیابی و تشخیص ریسک است که از تکنیک‌های آماری استاندارد که به طور روزمره در زمینه های تکنیکی دیگر نیز به کار می‌رود، استفاده می‌نماید. به طور قراردادی، ارزش در معرض ریسک بیشترین زیان مورد انتظار را در افق زمانی مشخص در سطح اطمینان معین اندازه‌گیری می‌نماید.

ارزش در معرض ریسک برعکس اندازه‌گیری‌های سنتی ریسک، نمایی کلی و جامع از ریسک پرتفوی که برای محاسبه میزان بدهی به دارایی و هم‌بستگی‌ها و وضعیت‌های جاری به کار می‌رود، ارائه می‌نماید. در نتیجه ارزش در معرض ریسک،سنجش ریسکبانگاهی‌آینده‌نگر می‌باشد.ارزش در معرض ریسک نه تنها برای بانک بلکه برای تمام انواع اسناد مالی کارایی دارد.

دکتر دنیس و ترستون (۱۹۹۴)، رئیس موسسه جي .پي.مورگان اولین کسی بود که توانست روش شناسی مدیریت ریسک را بر مبنای مفهوم ارزش در معرض ریسک تحت عنوان ریسک سنجی ایجاد نماید.

در این تحقیق سعی گردیده کارایی دو مدل اقتصاد سنجي GARCH و مدلGARCH مبتني بر حداكثر سازي آنتروپي چگالي، جهت پیش بینی ریسک بازار در بورس اوراق بهادار تهران مورد آزمون قرار گیرد. داده هاي اصلي اين پژوهش شامل سري زماني مربوط به شاخص كل بورس اوراق بهادار تهران (TEDPIX) مي‌باشد. بدين منظور، سري زماني اين شاخص در فاصله زماني ۱۳۸۳/۰۱/۰۱ تا ۱۳۸۹/۱۲/۲۸ در نظر گرفته شده است و برای برازش مدل از روش باكس- جينكينز استفاده شده است. همچنین برای آزمون اعتبار مدل های تحقیق از آزمون های شکست کوپیک، کریستوفرسن و لوپز استفاده گردید.

یافته‌های تحقیق بیانگر این است که در سطح اطمینان ۹۵% مدل GARCH از اعتبار مناسب و قابل اتکایی جهت سنجش ریسک بازار برخوردار است و مدل MED قدرت پیش بینی ریسک بازار را دارا نمی‌باشد.اعتبار مدل GARCH بارها توسط سایر محققین به اثبات رسیده است و لی یافته های تحقیق در مورد مدل MED با یافته های محققینی نظیر فیلیکس چان (۲۰۰۹) به دلیل شفافیت اطلاعاتی کم در بورس اوراق بهادار تهران، همسو نمی‌باشد.

با توجه به اعتبار مناسب و قابل اتکا مدل GARCH در پیش بینی ریسک بازار، پیشنهاد می‌گردد که مدیران پرتفوی در شرکتها و صندوقهای سرمایه گذاری با استفاده از مدلهای مذکور به صورت روزانه و هفتگی یا ماهانه، حداکثر زیان پرتفوی موجود خود را برآورد نموده و اقدامات مقتضی را برای مصون سازی پرتفوی از چنین زیانهایی انجام

دهند.در این تحقیق کارایی دو مدل اقتصاد سنجي GARCH و مدل GARCH مبتني بر حداكثر سازي آنتروپي چگالي، جهت پیش بینی ریسک بازار در بورس اوراق بهادار تهران مورد آزمون قرار گرفته است . لذا پیشنهاد می‌شود که اعتبار سایر مدلهای اندازه گیری از قبیل مدل شبیه سازی مونت کارلو، مدل GARCH نامتقارن و مدل هوش مصنوعی مورد بررسی قرار گیرد.

فهرست منابع و مآخذ

۱. راعی، رضا و علی سعیدی، مبانی مهندسی مالی و مدیریت ریسک، انتشارات سمت، ۱۳۸۳.

۲. سازمان بورس اوراق بهادار، ۱۳۸۸، قوانین و مقررات بازار اوراق بهادار، شرکت اطلاع رسانی و خدمات بورس، ویرایش دوم.

۳. شاهمرادی، زنگنه، محاسبه ارزش در معرض ر یسک برای شاخصهای عمده بورس اوراق بهادار تهران، ۱۳۸۶، مجله تحقی‌قات اقتصادی، شماره ۷۹.

۴. کشاورز حداد و صمدی، برآورد و پی‌ش بی‌نی تلاطم بازده‌ی در بازار سهام تهران و مقا یسه دقت روش ها یدر تخم‌ین ارزش در معرض ر یسک: کاربردی از مدل های خانواده FIGARCH، ۱۳۸۷، مجله تحق یقات اقتصادی، شماره ۸۶.

5. Bollerslev,T(1986).Generalize Autoregressive conditional heteroskedasticity.Journal of Econometrics,31 pp.307-327
6. Enders, W.(2004).Applied Economic Time Series, Sec edition. John Wiley & sons.
7. Engle, R.F (1982). Autoregressive conditional Heterosedasticity with estimates of variance of United Kingdom inflation.Econometrica, 50(4), pp. 987-1008
8. Hung, J.c, Lee M.c, and Liu, H.C., Estimation of Value at Risk for Energy Commodities via Fat-tailed Garchmodeles, Energy Economic, 30, 2008.
9. F, Chan, Forecasting Value- at- Risk Maximum Entropy Density,World IMACS/MODSIM Congress, 2009.
10. Tag, s. k, An Empirical In vestigation of Value at Risk in Long and Short Trading Positions, SWEDISH School of Economics And Business Administration,Finland, 2007.
11. Sadorsky, p, Modeling and Forecasting Petrolium Futures Volatility, Energy Economics; 28, 2006.
12. Tang, Ta-Lun, Shieh, Shwu-Jane, Long memory in stock index futures markets: A value-at-risk approach, Physica A, 2005.
13. So,M,K.P., and Yo,P.L.H., Emprical Analysis of Garch Models in Value At Risk Estimation , journal of international Financial Markets Institutions and Money ,2006.
14. E-views User's Guide 5. Quantitative micro Software.
15. Yong Bao& et al, Evaluating Predictive Performance of Value-at-Risk Models in Emerging Markets: A Reality Check, 2004.