

چکیده

هدف از این مقاله مروری بر ادبیات ریسک‌سنجی به منظور ارائه‌ی چارچوبی کاربردی، جهت مدل‌سازی و اندازه‌گیری ریسک بازار مالی برای بانک‌ها است. در ابتدا ضمن تشریح مفهوم ریسک مالی، ابعاد زیان ناشی از آن، در قالب شواهدی از بازار مالی و به ویژه سیستم بانکی کشورهای مختلف نشان داده شده است. در ادامه، نحوه‌ی شکل‌گیری ریسک مالی در ارتباط با ساختار و فعالیت بانک‌ها مورد بررسی قرار گرفته است. سپس اهمیت توجه به ریسک از دید بنگاه (بانک) و ناظر بازار (بانک مرکزی) تشریح گردیده است. در حقیقت برای بانک مدیریت ریسک، ابزاری به‌منظور رسیدن به ترکیب بهینه‌ی بازدهی و ریسک و برای ناظر بازار، اعمال نظارت و مقررات، ترمیم‌کننده‌ی موارد شکست بازار مالی است. سپس مروری اجمالی بر دستورالعمل‌های کمیته‌ی بال در خصوص نحوه‌ی به‌کارگیری چارچوب VaR برای اندازه‌گیری ریسک و تعیین ذخیره‌ی سرمایه، انجام گرفته است. در ادامه شاخص‌های مختلف ریسک‌سنجی مورد نقد و بررسی قرار گرفته و شاخص برگزیده، تحت عنوان «ارزش در معرض خطر: VaR» به‌عنوان چارچوب مبنا معرفی شده است و روش‌های سه‌گانه‌ی تخمین VaR شامل شبیه‌سازی تاریخی، تخمین حاشیه‌ای و شبیه‌سازی مونت کارلو همراه با نقاط قوت و ضعف هر کدام تشریح گردیده‌اند. در نهایت ضمن تشریح مفهوم و اهمیت فرایند بازآزمون مدل، نتایج تجربی بکارگیری مدل VaR به منظور پیش‌بینی ریسک شاخص قیمت کل بازار بورس مورد بررسی قرار گرفته است.

کلمات کلیدی: ارزش در معرض خطر، بازارهای مالی، ریسک، کمیته بال، بازآزمون.

مقدمه

به‌طور کلی ریسک به مفهوم «نوسان غیرمنتظره‌ی منجر به زیان»^۱ است. ویژگی «غیرمنتظره» مبتنی بر قابل پیش‌بینی بودن است، زیرا نوسان قابل پیش‌بینی به معنای هزینه، نه ریسک تعبیر می‌گردد. قابل توجه است که در بیشتر موارد نوسان می‌تواند در دو جهت به سود یا ضرر بنگاه باشد و دقیقاً به همین دلیل مفهوم ریسک و هزینه با یکدیگر متفاوت می‌باشد. بادر نظر داشتن تعریف اخیر از مفهوم ریسک می‌توان انواع ریسک‌های پیش‌روی بنگاه را در دو گروه عمده جای داد: نخست، مخاطراتی که بنگاه به‌منظور کسب موقعیت تجاری در بازار ناگزیر از پذیرش است.^۲ در حقیقت کسب مزیت رقابتی توسط بنگاه به‌دلیل دارا بودن توانایی کنترل و پوشش‌دهی این ریسک‌ها در فراگرد کسب و کار است. انواع نوسان‌های درآمد و هزینه، نوسان‌های قیمتی و حتی نوسان‌های ناشی از متغیرهای کلان اقتصادی و سیاست‌های پولی در این گروه جای دارند. همچنین انواع ریسک برخاسته از متغیرهای بازار مالی همچون زیان ناشی از عدم ایفای تعهدات مالی^۳ یا ضرر ناشی از نوسان‌های ناخواسته‌ی شاخص‌های قیمتی بازار مالی همچون نرخ ارز و نرخ بهره در قالب کلی ریسک مالی^۴ در گروه اخیر جای دارند. از سوی دیگر، مواردی از عدم اطمینان موجود است که قراردادن در معرض آن‌ها به‌طور کلی خارج از حیطه‌ی آگاهی و اختیار بنگاه بوده و ربطی به اتخاذ موقعیت‌های تجاری در بازار ندارد. انواع محدودیت‌های ناشی از تصمیمات سیاسی و همچنین حوادث و بلایای طبیعی از این دسته‌اند. در این مقاله تأکید و تمرکز بر ریسک‌های گروه نخست است.

پیدایش زمینه‌های آزادسازی^۵ و حذف مقررات زاید^۶ در اقتصاد کشورهای صنعتی در اواخر دهه‌ی هفتاد میلادی ضمن بروز نخستین نشانه‌های آن که، اضمحلال نظام نرخ ارز ثابت در ابتدای دهه‌ی هفتاد میلادی بود، باعث شد تا بازار مالی با نوسان‌های بیشتری در متغیرهای قیمتی به‌ویژه نرخ‌های ارز مواجه گردد. همچنین بروز شوک‌های نفتی به دفعات (شوک ۱۹۷۳، شوک اوایل دهه‌ی ۸۰ و شوک اخیر در قیمت‌های نفت) به‌دنبال خود جهش قیمت‌ها و نوسان‌های شدید در

^۱ درک مفهوم «زیان» بسیار اهمیت دارد. زیان به معنای هزینه‌ای است که منجر به تولید یا ایجاد ارزش افزوده نشده‌است.

^۲ business risk

^۳ credit risk

^۴ financial risk

^۵ liberalization

^۶ deregulation

نرخ‌های بهره را در پی داشت. در ادامه پیدایش اتحادیه‌های پولی و روند جهانی شدن اقتصاد^۱، باعث گشته تا سرایت‌پذیری بحران‌های مالی از یک بازار به بازارهای دیگر بسیار افزایش یابد و این به معنای افزایش نوسان در بازارهای مالی به هم پیوسته است. ازسوی دیگر افت شدید قیمت سهام در بسیاری از بازارهای سرمایه به زبان‌های قابل توجه برای عوامل فعال در آن‌ها منجر شد که موارد ذیل قابل توجه است:

- سقوط ۲۳ درصدی بازارهای سهام آمریکا در سال ۱۹۸۷ با زیانی بالغ بر ۱۰۰۰ میلیارد دلار،
- بروز بحران مالی ژاپن در سال ۱۹۸۹ به دلیل تشکیل حباب در بازار بورس با زیانی بالغ بر ۲۷۰۰ میلیارد دلار،
- بحران مالی شرق آسیا در سال ۱۹۹۷ با زیانی بالغ بر ۷۵٪ سرمایه انباشته‌ی سهام در کشورهای اندونزی، کره، مالزی و تایلند،
- نکول در بازار مالی روسیه به سال ۱۹۹۸ ناشی از ورشکستگی یک بنیاد بزرگ مالی و تبدیل آن به بحرانی بین‌المللی.

همچنین تغییرات پیش‌بینی نشده‌ی سیاست‌های پولی، توسط بانک‌های مرکزی، می‌تواند به‌نوعی مولد ریسک در بازار مالی باشد؛ چنان‌که جهش ناگهانی نرخ بهره توسط فدرال رزرو آمریکا در سال ۱۹۹۴ به زیانی بالغ بر ۱۵۰۰ میلیارد دلار در بازارهای مالی جهان منجر گشت. درخصوص مقایسه‌ی نسبی ابعاد زیان مالی ناشی از ریسک در سیستم بانکی کشورهای مختلف می‌توان به موارد درج شده در جدول (۱) اشاره داشت که توسط جوریون^۲، بر اساس داده‌های بانک جهانی گردآوری شده است.

^۱ globalization

^۲ Jorion (2000)

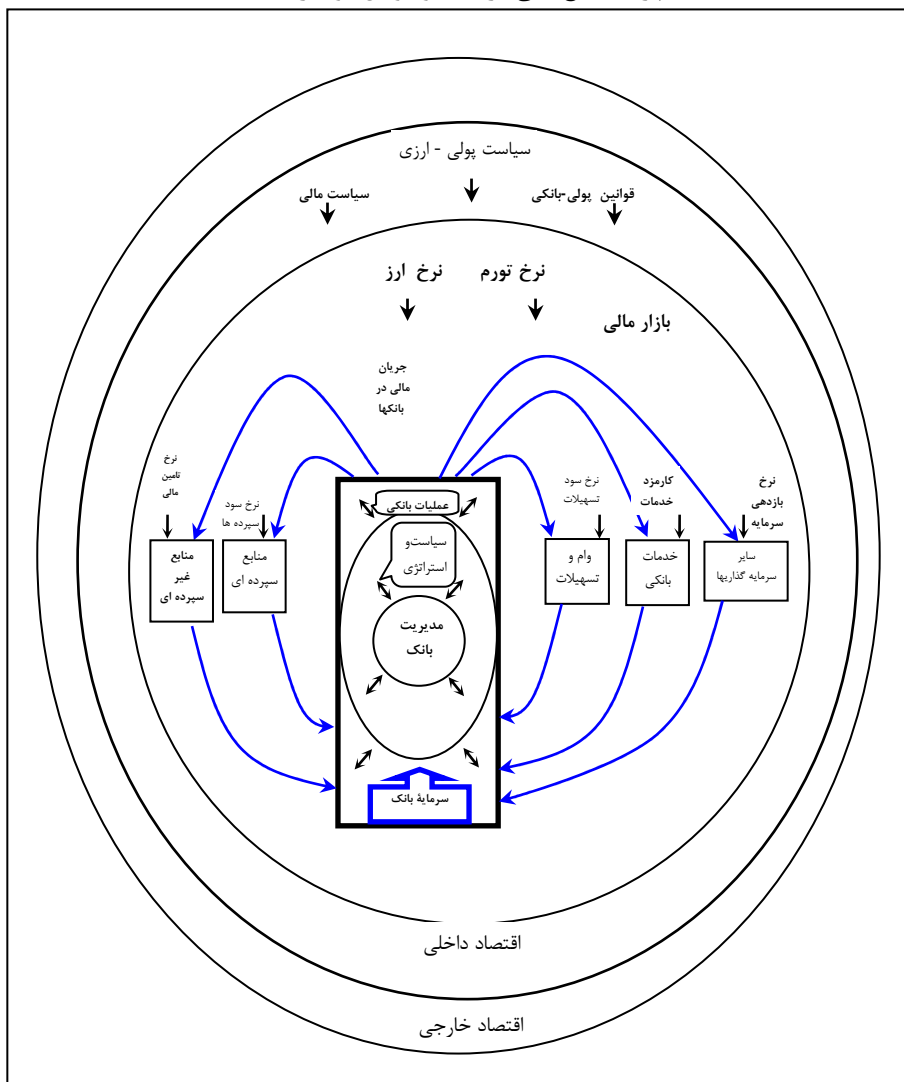
جدول ۱: مقایسه‌ی نسبی ابعاد زیان مالی ناشی از ریسک در سیستم بانکی کشورهای مختلف بر اساس داده‌های بانک جهانی

کشور و زمان وقوع	علت	هزینه بر حسب درصد GDP	هزینه بر حسب میلیارد دلار
ژاپن ۱۹۹۰	نوسان‌های قیمت، نکول وام‌ها	۱۴٪	۵۵۰
چین ۱۹۹۰	عدم کفایت ۴ بانک دولتی بزرگ	۴۷٪	۴۹۸
امریکا ۱۹۸۴-۱۹۹۱	عدم کفایت سرمایه‌ی ۷۰ بانک	۲,۷٪	۱۵۰
کره ۱۹۹۸	تجدید ساختار بانک‌ها	۲۸٪	۹۰
مکزیک ۱۹۹۵	تجدید سرمایه‌ی ۲۰ بانک	۱۷٪	۷۲
آرژانتین ۱۹۸۰-۱۹۸۲	انحلال ۷۰ موسسه‌ی مالی	۵۵٪	۴۶
تایلند ۱۹۹۷	بحران سیستم بانکی	۳۲٪	۳۶
اسپانیا ۱۹۷۷-۱۹۸۵	ملی شدن ۲۰ بانک	۱۷٪	۲۸
مالزی ۱۹۹۷	بحران سیستم بانکی	۳۵٪	۲۵
سوئد ۱۹۹۱-۱۹۹۴	تامین مالی ۵ بانک بزرگ	۴٪	۱۵
ونزوئلا ۱۹۹۴	عدم کفایت سرمایه‌ی بانک‌ها	۲۰٪	۱۴
فرانسه ۱۹۹۴-۱۹۹۵	معوق شدن تسهیلات تکلیفی بانک بزرگ کشور	۰,۷٪	۱۰
نروژ ۱۹۸۷-۱۹۹۳	دولتی شدن ۳ بانک بزرگ کشور	۸٪	۸
اسرائیل ۱۹۷۷-۱۹۸۳	بحران سیستم بانکی	۳۰٪	۸
شیلی ۱۹۸۱-۱۹۸۳	انحلال ۸ موسسه‌ی مالی	۴۱٪	۸
فنلاند ۱۹۹۱-۱۹۹۳	بحران در مؤسسات پس‌انداز	۸٪	۷
استرالیا ۱۹۸۹-۱۹۹۲	تجدید سرمایه دو بانک بزرگ	۲٪	۶

داشتن تصویری از چگونگی بروز ریسک مالی در بانک‌ها بدون داشتن درک روشنی از ارتباطات متقابل نرخ‌های بهره، تورم، ارز و قیمت سهام از یک سو و فراگردهای مرتبط با تامین مالی و به‌کارگیری منابع در قالب تسهیلات و اعتبارات از سوی دیگر، غیرممکن است. همچنین باید توجه داشت که عوامل اخیر در بستری از عملکرد سیاست‌های پولی - ارزی و سیاست‌های مالی دولت، فعال هستند لذا در نظر داشتن نقش سیاست‌گزاران بازار پولی از اهمیت به‌سزا برخوردار است. نمودار (۱) که فراگرد گردش منابع مالی در یک بانک را نشان می‌دهد به شناسایی عوامل مولد ریسک کمک می‌کند. چنان‌که در این نمودار نشان داده شده است، عمل کرد بانک‌ها در اقتصاد ملی در قالب تامین منابع پولی و تخصیص آن‌ها به مصارف مورد تقاضا قابل تصور است. فراگرد مزبور زنجیره‌ای به‌هم‌پیوسته از بخش‌های مختلف است که عملکرد هر بخش می‌تواند

دستخوش نوسان و عدم اطمینان گردد و این نوسان از طریق ساز و کار به‌هم پیوسته‌ی کل یک بانک، در نهایت در صورت‌های مالی بانک خود را نشان خواهد داد و این به معنای بروز ریسک است. لذا کلیه‌ی عواملی که اثرگذاری آن‌ها بر عملکرد سیستم با فلش نشان داده شده است در حقیقت عوامل مولد ریسک مالی در بانک‌ها هستند.

نمودار ۱: چرخه منابع مالی در بانک و عوامل مولد ریسک



البته لازم به ذکر است که این عوامل به‌طور کلی به دو دسته‌ی برون‌زا (خارج از کنترل بانک) و درون‌زا (ناشی از ارکان درونی بانک) قابل تفکیک هستند. عوامل برون‌زا بیشتر شامل نرخ‌های قیمتی بازار مالی همچون نرخ بهره، ارز و غیره هستند. همچنین قصور مشتریان در بازپرداخت وام‌های اعطایی از جمله موارد خارج از کنترل بانک است. زیان ناشی از نوسان نرخ‌های قیمتی به ریسک بازار و زیان ناشی از نکول وام‌ها به ریسک اعتباری موسوم‌اند. این دو نوع ریسک تا حد زیادی برون‌زا بوده و تنها با تخصیص بهینه‌ی منابع بر حسب بازدهی و ریسک و متنوع‌سازی پورتفولیو بانک یا استفاده از ابزارهای پوششی (همچون ضمانت‌نامه‌ها) می‌توان بار مالی آن‌ها را کاهش داد.

از سوی دیگر عوامل درون‌زا به‌طور عمده در برگیرنده‌ی نقاط ضعف موجود در فراگردهای داخلی بانک همچون اعتبارسنجی، تخصیص منابع، قیمت‌گذاری، عملیات ارزی و غیره است که، زیان ناشی از عملکرد نامناسب آن‌ها، منجر به بروز نوع سوم ریسک، موسوم به ریسک عملیاتی می‌گردد. از آنجایی که خاستگاه اصلی این ریسک در خود بانک و ساختار داخلی آن است، طراحی و استقرار یک سیستم کنترل عملیات داخلی به‌منظور کاهش آن میسر است.

سرانجام باید توجه داشت که سیاست‌های نادرست در طراحی و پیشبرد نظام مالی به‌گونه‌ای که مانع از تقویت آن در قالب یک فراگرد بازار محور گردد می‌تواند به بروز ریسک‌های مالی و در حالت فراگیر به بحران مالی ناشی از شکنندگی ارکان نظام مالی منجر گردد چنان‌که به‌عنوان مثال دلیل اصلی بحران شرق آسیا در سال ۱۹۹۷ همین امر بوده است. دخالت دستوری در تعیین نرخ‌های قیمتی عمده در اقتصاد همچون نرخ ارز و نرخ بهره به‌گونه‌ای که به تخصیص ناکارای منابع و ایجاد مراکز رانت‌جویی^۱ منجر گردد، می‌تواند زمینه‌ساز بروز بحران شود؛ زیرا بدیهی است که سیاست‌های حمایتی از این‌گونه، برای همیشه ادامه نخواهد یافت. بر این اساس، حتی اعلام عدم تمدید آن‌ها به‌دلیل تشکیل انتظارات، نزد آحاد اقتصادی موجب ایجاد نوسان‌های شدید خواهد بود.

با استناد به آمار ارایه‌شده در خصوص ابعاد کلان، هزینه‌ی ریسک مالی بانک‌ها در سطح کشورهای مختلف می‌توان انتظار داشت که کاهش زیان‌های ناشی از ریسک از یک‌سو برای بانک‌های فعال در صحنه‌ی اقتصادی و از سوی دیگر برای سیاست‌گزاران بازار پولی، امری مهم و بلکه حیاتی تلقی گردد. به‌دلایل زیر استقرار سیستم مدیریت ریسک برای یک بانک اهمیت خواهد داشت:

^۱ rent seeking

- ارزش افزوده‌ی ناشی از به‌کارگیری سیستم‌های مدیریت ریسک و اثر مثبت آن بر ارزش حقوق صاحبان سهام،
- لزوم مقایسه‌ی بازدهی دارایی‌ها یا فعالیت‌های تجاری- مالی با توجه به تفاوت ریسک آن‌ها،
- تعیین مرز بهینه‌ی کارایی بازدهی و ریسک برای ایجاد پورتفولیو بهینه،
- تعیین میزان سرمایه‌ی مورد نیاز برای پوشش ریسک مورد نظر.
- از سوی دیگر سیاست‌گزاران بازار پولی، به ویژه بانک مرکزی ناگزیر از اعمال مقررات و نظارت بر بانک‌ها هستند. لزوم اعمال نظارت از سوی نهاد ناظر، این سؤال را به ذهن متبادر می‌سازد که آیا یک بانک، خود به تنهایی قادر به پیاده‌سازی سیستم مدیریت ریسک مؤثر نخواهد بود؟ در بررسی ابهام فوق باید گفت، بر اساس آموزه‌های علم اقتصاد به‌طور کلی اعمال نظارت بر بازار در مواردی (همچون وجود عدم تقارن اطلاعات بین عرضه‌کننده و متقاضی در خصوص ویژگی‌های کالای مورد معامله) لازم است؛ زیرا در چنین شرایطی ساز و کار بازار به‌خودی خود، قادر به تخصیص بهینه‌ی منابع نبوده و با اعمال تنظیماتی توسط نهاد قانون‌گذار به‌عنوان یک عامل برون‌زا می‌توان به تخصیص کاراتری از منابع رسید. در خصوص بازار مالی نیز دو مسأله موجبات لزوم دخالت نهاد ناظر بر آن را گوشزد می‌سازد. نخست، وجود ریسک سیستماتیک یا ریسک ذاتی بازار که در شکل زنجیره‌ای از زیان‌ها یا ورشکستگی‌های مرتبط با یکدیگر موجب آثار بیرونی^۱ بنگاه‌های مالی بر سایرین گردیده و حتی ممکن است همچون تجربه‌ی بحران آسیای جنوب شرقی، پایداری سیستم مالی را به خطر اندازد. این درحالی است که بحران‌های مالی زنجیره‌ای به‌دلیل نادر بودن وقوع ایشان معمولاً قابل پیش‌بینی نیستند^۲، بنابراین تنها باید از پیدایش عوامل مولد آن‌ها جلوگیری کرد.
- دومین مسأله، اهمیت ایجاد اطمینان برای سپرده‌گذاران بانکی در خصوص امنیت سپرده‌های ایشان نزد بانک‌ها و نقدپذیری منابع بانک‌ها به‌منظور جواب‌گویی به تقاضای نقدینگی مشتریان در مواقع لزوم است. بدیهی است در غیراین‌صورت هجوم مشتریان نگران از بابت سپرده‌های خود، موجب ورشکستگی بانک‌ها و تحمیل هزینه‌های گزاف به اقتصاد خواهد

^۱ externalities

^۲ درحقیقت اگر یک بحران مالی از قبل قابل پیش‌بینی باشد، به محض ادراک وقوع آن توسط آحاد اقتصادی، انتظارات ایشان شکل یافته و بسته به نحوه‌ی واکنش آن‌ها و میزان دسترسی کل آحاد به اطلاعات، بحران در همان زمان پیش‌بینی، رخ داده یا به‌طور کلی عوامل مولد آن از میان می‌رود که تحت حالت دوم اساساً بحرانی در کار نخواهد بود!

شد. بیمه‌ی سپرده^۱ که در بسیاری از کشورها توسط نهاد قانون‌گذار برای پوشش محدود سپرده‌های افراد نزد بانک‌ها ایجاد گشته، تدبیری به‌منظور ایجاد اطمینان خاطر نزد آن‌ها است. مخصوصاً باید توجه داشت که انجام نظارت بر عملکرد یک بنگاه مالی امری زمان‌بر، تخصصی و در هر حال پرهزینه برای تک‌تک افراد عادی خواهد بود، لذا تامین امنیت مالی به‌عنوان یک کالای عمومی^۲ برعهده‌ی دولت است، که مجدداً نیاز به اعمال نظارت و تدوین مقررات برای کاهش ریسک مالی را خاطر نشان می‌سازد. از سوی دیگر باید توجه داشت که وجود بیمه‌ی سپرده، به تنهایی نه تنها مثر فایده نبوده بلکه می‌تواند به لحاظ اطمینان خاطر که نزد سپرده‌گذاران ایجاد می‌نماید انگیزه‌ی دقت عمل و نظارت آن‌ها بر عملکرد بانک متبوع را کاهش دهد که از این پدیده به‌عنوان کژ منشی^۳ آحاد اقتصادی نام برده می‌شود و مولد بسیاری از رویه‌های پرریسک به‌منظور کسب عایدی بیشتر در بازار است.

۱- مقررات کمیته‌ی بال در خصوص اندازه‌گیری ریسک بازار با استفاده از

چارچوب VaR

در سال ۱۹۸۸ نمایندگان ارشد سیستم بانکی کشورهای گروه ۱۰ که مؤسسان اولیه‌ی کمیته‌ی بال محسوب می‌شدند، توافقنامه‌ای موسوم به بال^۴ را به‌منظور ارایه‌ی چارچوبی جهت تعیین کفایت سرمایه‌ی بانک‌ها پیشنهاد دادند. براساس مفاد سند فوق سرمایه‌ی بانک‌ها می‌بایست حداقل به میزان ۸٪ دارایی‌های موزون شده‌ی آن‌ها تأمین می‌گشت که، ضرایب موزون کننده‌ی فوق بسته به میزان عدم اطمینان نهفته در دارایی مربوطه از ۰٪ الی ۱۰۰٪ متغیر بود. این دستورالعمل اولیه دارای ایرادهایی بود که عمده‌ترین آن‌ها به شرح ذیل است:

- عدم تفکیک ما بین درجه‌ی ریسک اعتباری دارایی‌های مختلف،
- عدم توجه به اثر ساختار زمانی نرخ بهره و ریسک ناشی از آن،
- عدم توجه به ساختارهای کاهش‌دهنده و متوازن‌کننده‌ی ریسک همچون متنوع‌سازی پورتفولیو،
- عدم توجه به ریسک بازار.

بر این اساس، در سال ۱۹۹۶ کمیته‌ی بال مجموعه مقررات بال را به‌منظور لحاظ کردن ریسک بازار اصلاح نمود. این اصلاحیه که در پایان سال ۱۹۹۷ به اجرا درآمد لزوم نگهداری

^۱ deposit insurance

^۲ public good

^۳ moral hazard

^۴ basel I accord

سرمایه برای پوشش ریسک بازار را بر مبنای یکی از دو رویکرد استاندارد و یا مدل‌های داخلی مورد تأکید قرار داد.

رویکرد استاندارد بر پایه‌ی الگوریتمی بنا نهاده شده است که طی آن ریسک بازار ابتدا برای تک‌تک دارایی‌های در معرض ریسک و با استفاده از نسبت‌های ثابت و از پیش تعیین شده محاسبه می‌شود. طبق شیوه‌ی استاندارد، ریسک بازار برای پورتفولیو یک بانک، شامل: ترکیب ریسک نرخ بهره، ریسک نرخ ارز، ریسک قیمت سهام و ریسک قیمت کالاهای تجاری است. در خصوص نرخ بهره ۱۳ محدوده، برای مدت زمان سررسید^۱ اقلام تحت ریسک نرخ بهره تعریف شده که هر محدوده ضربی را به‌عنوان حداقل ذخیره سرمایه‌ی لازم برای پوشش ریسک آن دارایی منظور می‌دارد. لذا با احتساب خالص ارزش کلیه‌ی اقلام موجود در هر محدوده و اعمال ضریب مربوطه حداقل ذخیره‌ی سرمایه‌ی لازم برای اقلام تحت ریسک نرخ بهره به دست می‌آید. از سوی دیگر ضریب اعمالی در مورد هر دو ریسک نرخ ارز و ریسک قیمت سهام معادل ۰/۸٪ و در مورد ریسک قیمت کالاهای تجاری معادل ۱۵٪ ارزش خالص اقلام مربوطه است. نهایتاً حداقل ذخیره‌ی سرمایه‌ی لازم برای پوشش ریسک بازار از مجموع ذخایر^۴ گانه‌ی فوق تعیین می‌گردد. در نقد روش استاندارد باید گفت:

- نخست اینکه دوره‌ی زمانی یا دیرش^۲ پاره‌ای از ابزارهای مالی همچون قراردادهای اختیار معامله با این روش قابل تطبیق و تعیین نیست.

- دوم اینکه روش استاندارد اثر کاهشی متنوع‌سازی^۳ بر ریسک پورتفولیو را در نظر نمی‌گیرد لذا میزان کفایت سرمایه بیش از حد لازم محاسبه می‌گردد.

در پاسخ به انتقادات صنعت بانکداری از شیوه‌ی استاندارد، کمیته بال در سال ۱۹۹۵ گزینه‌ای جدید موسوم به «چارچوب مدل‌های داخلی^۴» را به‌عنوان جایگزین روش استاندارد معرفی نمود که برای اولین بار به بانک‌ها اجازه می‌داد با استفاده از مدل‌های تدوین شده‌ی خود، به‌طور مستقل برای اندازه‌گیری ریسک (با هدف تعیین میزان ذخیره‌ی سرمایه لازم برای پوشش ریسک) اقدام نمایند. این تصمیم از آن‌جا نشأت می‌گرفت که بسیاری از بانک‌ها سیستم‌های مدیریت ریسک، کامل‌تر و کارآمدتری نسبت به آنچه که ممکن بود توسط قانون‌گذاران اعمال شود پیشاپیش بنا نهاده بودند. از سوی دیگر این گزینه‌ی جایگزین برای مؤسساتی که عقب‌تر از زمان بودند انگیزه بیشتری برای ایجاد سیستم‌های مدیریت ریسک مطمئن و قابل اتکا ایجاد می‌کرد. جهت استفاده از

^۱ maturity

^۲ duration

^۳ diversification

^۴ internal models approach

این رویکرد، بانک‌ها پس از فراهم نمودن برخی الزامات کمی، کسب اطمینان از وجود سیستم اطلاعاتی مطمئن و به‌هنگام و نیز پی‌ریزی واحدهای کنترل ریسک داخلی و حساب‌رسی می‌توانند اقدام به محاسبه ریسک بازار با استفاده از روش ارزش در معرض خطر (VaR)^۱ نمایند که روشی استاندارد و پذیرفته شده به‌منظور اندازه‌گیری و کنترل ریسک است و از جایگاه ویژه‌ای در استانداردهای بین‌المللی برخوردار شده است. تأکیدهای کمیته‌ی بال در خصوص استفاده از روش VaR برای اندازه‌گیری ریسک بازار به‌شرح ذیل است:

- ۱- بازه‌ی زمانی که میزان VaR برای آن برآورد می‌گردد ۱۰ روز کاری یا ۲ هفته‌ی تقویمی باشد.
- ۲- سطح اطمینان ۹۹٪ برای تخمین مقدار VaR منظور گردد.
- ۳- افق زمانی که داده‌های مدل VaR طی آن گردآوری شده‌اند مربوط به یک‌سال گذشته بوده و حداقل هر سه ماه یک‌بار به‌روز گردند.
- ۴- میزان ذخیره‌ی سرمایه‌ی لازم ریسک بازار برای بانک از رابطه‌ی ذیل تعیین گردد:

$$\text{Market_Risk_Charge} = \text{MRC} = \max\left(k \frac{1}{60} \sum_{i=1}^{60} \text{Var}_{t-i}, \text{Var}_{t-1}\right) + \text{SRC}_t$$

رابطه‌ی فوق بیان می‌دارد که میزان ذخیره‌ی سرمایه برای ریسک بازار برابر مقدار بزرگ‌تر از دو کمیت { «VaR روز قبل» یا «متوسط VaR ۶۰ روز قبل تعدیل شده با ضریب تزایدی» } به‌اضافه‌ی { ذخیره‌ی ریسک خاص (Special Risk Charge) } است.

ضریب تزایدی توسط مقررات بانکی تعیین گردیده و حداکثر مقدار لازم برای آن ۳,۰۳ است. همچنین چنان‌که در مبحث مرتبط با بازآزمون مدل VaR اشاره خواهد گردید، در استانداردهای کمیته‌ی بال یک ضریب تزایدی (k) در نظر گرفته شده و در صورت تجاوز زیان بانک از مقدار MRC تعیین شده، مقدار آن طبق دستوری خاص به‌عنوان یک جریمه افزایش خواهد یافت و به‌عنوان علامتی برای اصلاح کنترل‌های داخلی در بانک عمل خواهد کرد. تعیین جریمه‌ی عدول (از میزان زیان تعهد شده) طی نظارت‌های منظم سه‌ماهه و براساس جدول پیشنهادی کمیته‌ی بال به‌سال ۱۹۹۶ انجام می‌پذیرد. در این جدول که از چارچوب باز آزمون کوپیک^۲ الهام گرفته شده است، برحسب تعداد خطای رخ داده طی یک‌سال، سه ناحیه‌ی سبز (ایمن)،

^۱ در ادامه به شرح این روش پرداخته می‌شود.

^۲ Kupiec

زرد (احتیاط) و قرمز (خطر) تعیین گشته که، به ازای قرار داشتن شاخص تعداد خطا در هر محدوده، افزایشی در میزان ضریب ترایدی k اعمال خواهد گشت^۱ (به جدول ۲ توجه کنید)

جدول ۲: جدول پیشنهادی کمیته‌ی بال برای تعیین جریمه عدول

ناحیه‌ی ریسک‌سنجی	تعداد خطای پیش‌بینی VaR روزانه طی ۲۵۰ روز	افزایش در مقدار ضریب k
سبز	۰-۴	۰,۰۰
زرد	۵	۰,۴۰
	۶	۰,۵۰
	۷	۰,۶۵
	۸	۰,۷۵
	۹	۰,۸۵
قرمز	۱۰+	۱,۰۰

Jorion (2000)

حامیان فکری روش مدل‌های داخلی مزیت عمده‌ی آن‌را در مقایسه با روش استاندارد، آزادی عمل بانک‌ها در تشخیص حداکثر زیان وارده و تعیین ذخیره‌ی سرمایه براساس آن می‌دانند. همچنین به گفته‌ی آن‌ها این امر انگیزه‌ی بیشتری برای بانک‌ها در راستای مدیریت بهتر ریسک فراهم می‌سازد، زیرا علاوه بر درون‌زا بودن، هزینه‌ی مالی فراگرد نیز با این روش کمتر خواهد بود. شایان ذکر است به‌طور میانگین ذخیره‌ی سرمایه‌ی تعیین شده برای بانک‌های امریکا، تحت روش استاندارد به میزان ۷ برابر بیشتر از مقدار تعیین شده، تحت روش مدل‌های داخلی بوده است.^۲ سرانجام تحت روش مدل‌های داخلی امکان به‌روزرسانی سیستم‌های مدیریت ریسک و استفاده‌ی به‌هنگام از آخرین یافته‌های «ریسک‌سنجی» مقدور است.

از سوی دیگر منتقدان اظهار می‌دارند که تحت روش جدید، فراگرد نظارت بر عملکرد ریسک‌سنجی بانک‌ها به‌طور بطئی و زمان‌بر انجام شده و با استانداردهای کفایت سرمایه‌ی کنونی که براساس آن‌ها ذخیره‌گیری برای دارایی جدید بلافاصله انجام می‌گیرد، هماهنگی نخواهد داشت. همچنین به گفته‌ی آن‌ها تحت روش جدید، اعمال جریمه در مورد بانک پس از مواجه‌شدن آن با

^۱ Jorion (2000)

^۲ Jorion (2001)

افزایش در زیان پیش‌بینی‌نشده، می‌تواند به افت شدید عملکرد بانک و حتی ورشکستگی آن منجر گردد که ناقض اهداف اصلی اعمال نظارت است.^۱

۲- مروری بر مبانی نظری مدیریت ریسک مالی

باید توجه داشت که مدیریت ریسک مالی امری چندان جدید نیست و در حقیقت پیشینه‌ی آن به بیمه‌ی سرقت کاروان‌ها در زمان بابلیان باستان می‌رسد. از سوی دیگر، مفاهیم اولیه‌ی مدیریت ریسک همچون «متنوع‌سازی دارایی‌ها»^۲ از مدت‌ها پیش شناخته شده بوده است. ویژگی قابل توجه روند تکاملی روش‌های مدیریت ریسک، حرکت به سوی ایجاد یک روش ریسک‌سنجی فراگیر و یک‌پارچه^۳ برای اندازه‌گیری و کمی‌سازی^۴ کلیه‌ی ریسک‌های مرتبط با یک فعالیت مالی است. جدول (۳) روند زمانی چارچوب‌های مختلف مدیریت ریسک را نشان می‌دهد.^۵

جدول ۳: روند زمانی چارچوب مختلف مدیریت ریسک

سال (میلادی)	نوع چارچوب مدیریت ریسک
۱۹۳۸	مدل دوره‌ی زمانی اوراق قرضه (Bond Duration)
۱۹۵۲	مدل میانگین - واریانس (Mean-Variance) مارکوویتز
۱۹۶۳	مدل قیمت‌گذاری دارایی‌های سرمایه‌ای (CAPM) شارپ
۱۹۷۳	مدل قیمت‌گذاری اختیار معامله (Option Pricing) بلاک-شولز
۱۹۸۸	چارچوب دارایی‌های موزون شده با ریسک (بال ۱)
۱۹۹۳	مدل ارزش در معرض خطر (Value at Risk)
۱۹۹۴	مدل یکپارچه‌ی ریسک‌سنجی (Integrated Risk Measurement)
۲۰۰۰	چارچوب جامع مدیریت ریسک بنگاه

^۱ در این خصوص مراجعه شود به P.Parkinson(1998) یا Considine(1998)

^۲ diversification

^۳ integrated and comprehensive risk metrics

^۴ measurement and quantification

^۵ Jorion (2000)

۲-۱- شاخص‌های مختلف اندازه‌گیری ریسک

چنان‌که پیش از این اشاره شد، ریسک به مفهوم «نوسان غیرمنتظره»، دلالت بر وجود پراکندگی در مقادیر ممکن برای کمیت تحت بررسی (درآمد، ارزش دارایی و غیره) دارد. در نگاه نخست، هرچه میزان پراکندگی بیشتر باشد، ریسک بیشتری نیز مورد انتظار خواهد بود. ولی باید توجه داشت که عدم تقارن در توزیع آماری ارزش دارایی‌ها و برابر نبودن متوسط ارزش دارایی‌ها، مقایسه ریسک آن‌ها را دشوار می‌سازد. در این‌گونه موارد باید از شاخص‌های دیگری که برای کمی‌سازی پراکندگی توزیع دارایی مناسب باشند استفاده کرد. در ادامه چند شاخص عمده‌ی پراکندگی و ویژگی هر کدام به اجمال بررسی می‌گردد.

۲-۱-۱- فاصله‌ی تغییرات

فاصله‌ی تغییرات تفاضل کمترین و بیشترین مقادیر ممکن ($\text{Max}(x) - \text{Min}(x)$) متغیر موردنظر است. بر این اساس، فاصله‌ی تغییرات تنها فاصله‌ی مقادیر بالا و پایین را بدون توجه به احتمال وقوع آن‌ها و بدون توجه به شکل توزیع می‌سنجد و بدیهی است که تنها، شاخصی افراطی از دامنه‌ی تغییرات خواهد بود.

۲-۱-۲- انحراف از استاندارد

در بسیاری از بهینه‌سازی‌های مرتبط با بازدهی و ریسک تابع مطلوبیت مربوطه به صورت مربعی فرض گردیده است که، جمله‌ی مربعی در برگزیده‌ی انحراف از استاندارد متغیر بازدهی و همان شاخص ریسک در نظر گرفته شده است. این ایده برای اولین بار در مدل میانگین-واریانس توسط مارکوویتز مطرح گردید^۱. تحت این شاخص، ریسک به صورت جذرمقدار انتظاری مربع انحراف از میانگین در نظر گرفته می‌شود ($\sigma(x) = \sqrt{\int_{-\infty}^{+\infty} [x - E(x)]^2 f(x) dx}$) که در آن، با استناد به تابع چگالی توزیع متغیر، شکل توزیع لحاظ گردیده است. با وجود این، این شاخص تنها در مقایسه‌ی ریسک متغیرهایی می‌تواند سودمند باشد که تابع توزیع آن‌ها متقارن باشد و

^۱ تابع هدف که در مدل Markowitz (1952) به عنوان تابع مطلوبیت سرمایه‌گذار مدنظر قرار می‌گیرد به فرم کلی ذیل است که در مرکز کارایی ($E = \bar{E}$) به حداقل سازی $\sigma^2[R_w]$ به عنوان یک تابع مربعی منجر می‌گردد:

$$\text{Max}_{w \in W} E[R_w] - k \cdot \sigma^2[R_w] \quad \text{s.t. } E[R_w] \geq \bar{E}$$

به عبارت دیگر، مقادیر بالا و پایین با فاصله‌ی یکسان از میانگین، احتمال وقوع یکسان داشته باشند. به هر جهت چنان‌که نتایج بسیاری از مطالعات نشان داده است توزیع پاره‌ای از متغیرهای مالی متقارن نیست.^۱

۲-۱-۳- شاخص β

مدل قیمت‌گذاری دارایی‌های سرمایه‌ای (CAPM) که توسط شارپ^۲ ارائه گردید مبین قیمت‌گذاری بر مبنای ریسک سیستماتیک پورتفولیو بود. منظور از ریسک سیستماتیک یک دارایی بخشی از نوسان ارزش آن است که توسط متنوع‌سازی قابل کاهش نیست. با مفروضاتی چند می‌توان نشان داد که در یک بازار مالی کارا برای یک دارایی مفروض^۳، رابطه‌ی ذیل در مورد بازدهی آن برقرار است: $R_i - R_0 = \beta_i \cdot (R_m - R_0) + \varepsilon_i$ که در این رابطه $\beta_i = \text{cov}(R_i, R_m) / \sigma_{R_m}^2$ شاخص ریسک دارایی i ام و R_i و R_m, R_0 به ترتیب نرخ بازدهی بدون ریسک^۳، نرخ بازدهی پورتفولیو بازار^۴ و نرخ بازدهی دارایی i ام است. جمله‌ی خطای ε_i مبین بخشی از بازدهی دارایی است که احیاناً توسط متنوع‌سازی و تبدیل نمودن به پورتفولیو بازار قابل کاهش است. بنابراین $E(\varepsilon_i) = 0$ و $E(R_i) - R_0 = \beta_i \cdot (E(R_m) - R_0)$ این رابطه بیانگر آن است که خالص بازدهی انتظاری یک دارایی متناسب با ضریب ریسک آن دارایی است که ضریب فوق مبین همبستگی نسبی بازدهی آن دارایی نسبت به بازدهی بازار است. از سوی دیگر از آنجا که، جمله‌ی خطا به‌عنوان بازدهی (یا زیان) خاص دارایی مورد نظر محسوب می‌گردد دارای همبستگی با بازدهی بازار نیست لذا $\text{cov}(R_m, \varepsilon) = 0$. بر این اساس، می‌توان نتیجه‌گیری نمود که برای یک پورتفولیو از دارایی‌های مختلف نوسان بازدهی پورتفولیو به‌صورت ذیل برحسب ریسک سیستماتیک (غیرقابل کاهش) و غیرسیستماتیک (قابل کاهش) تفکیک پذیر است:

$$R_p = \sum_{i=1}^N w_i \cdot R_i \rightarrow V(R_p) = (w' \beta \beta' w) \cdot \sigma_{R_m}^2 + w' \Sigma_\varepsilon w = (\beta_p \cdot \sigma_{R_m})^2 + w' \Sigma_\varepsilon w$$

که در آن β و Σ_ε به ترتیب بردار وزن دارایی‌های پورتفولیو، بردار ضرایب ریسک سیستماتیک دارایی‌ها و ماتریس واریانس - کوواریانس مربوط به جملات خطا هستند. با افزایش

^۱ Jorion (2000)

^۲ Sharpe (1968)

^۳ همچون نرخ اوراق قرضه‌ی دولتی کوتاه‌مدت

^۴ منظور از بازدهی پورتفولیو بازار، بازدهی یک پورتفولیو نمونه است، به‌گونه‌ای که وزن نسبی کلیه‌ی دارایی‌های پورتفولیوی فوق برابر وزن نسبی همان دارایی‌ها در کل بازار باشد. چنین پورتفولیو و بازدهی آن به ترتیب پورتفولیو بازار و بازدهی پورتفولیو بازار نامیده می‌شود.

متنوع‌سازی $w_i \rightarrow 0$ وزن هردارایی در پورتفولیو ناچیز گشته و با توجه به محدودبودن نوسان جملات خطا، جمله‌ی مرتبط با ریسک غیرسیستماتیک حذف می‌گردد ($w' \Sigma_e w \rightarrow 0$). بنابراین، تنها ریسک سیستماتیک یعنی $(\beta_p, \sigma_{R_m})^2$ به‌عنوان عامل تعیین‌کننده باقی‌خواهد ماند. طبق مفروضات این تئوری، سرمایه‌گذاران دارایی‌های خود را به هر میزان که لازم باشد، می‌توانند متنوع‌سازند و بازار از شفافیت اطلاعاتی برای تصمیم‌گیری برخوردار است. بدیهی است که فرضیات قوی تئوری فوق در بسیاری از بازارهای نوظهور و ناکارا برقرار نبوده و در نتیجه شاخص ریسک β برای قیمت‌گذاری دارایی‌های تحت ریسک در این بازارها از اعتبار قابل قبول برخوردار نیست. زیرا تنها دربردارنده‌ی ریسک سیستماتیک و نه کل ریسک آن دارایی است. به عبارت دیگر، به‌نظر می‌رسد که شاخص فوق تنها برای بازارهای کارا قابل‌ارایه است. با عنایت به جمیع موارد اخیر، اکنون می‌توان شاخص مناسبی را که حتی‌الامکان دربردارنده‌ی حداکثر نقاط قوت و حداقل نقاط ضعف باشد، به‌شرح ذیل معرفی نمود.

۲-۱-۴- ارزش در معرض خطر

مفهوم «ارزش در معرض خطر» برای نخستین بار توسط تیل گولدیمان^۱ مسئول واحد تحقیقات بانک جی، پی مورگان^۲ در اواخر سال ۱۹۸۰ برای نشان‌دادن حداکثر زیان قابل انتظار، طی یک دوره‌ی سرمایه‌گذاری در اوراق قرضه‌ی بلندمدت به‌کارگرفته شد. در حقیقت «ارزش بازار»^۳ این نوع از دارایی بسته به نوسان‌های نرخ بهره، متغیر بوده و دارای نوسان است. در آن زمان هدف این بود که یک چارچوب تحلیلی برای تعیین حداکثر زیان متصوره با فرض معلوم‌بودن مقادیر ممکن و تعداد دفعات مشاهده شده برای هرکدام، تعیین گردد و منظور از سود یا زیان، اختلاف بین مقدار میانگین (ارزش مورد انتظار) و قیمت جاری بازار بود. به‌عنوان مثال، چنان‌که در شکل ذیل ملاحظه می‌گردد ارزش یک دارایی طی یک دوره‌ی زمانی سه‌ماهه (برابر ۱۰۰ روز) مقادیر مختلفی را اتخاذ نموده که البته دفعات وقوع آن‌ها یکسان نبوده و نهایتاً یک توزیع آماری از ارزش دارایی به دست داده است. احتمال قراردادن ارزش دارایی مابین دو مقدار دلخواه به تعداد دفعات وقوع ارزش دارایی در آن محدوده، (نسبت به کل) بستگی خواهد داشت. با این توضیح می‌توان یک «سطح اطمینان»^۴ به معنای احتمال بالاتر بودن ارزش متغیر

^۱ Till Guldemann (1980)

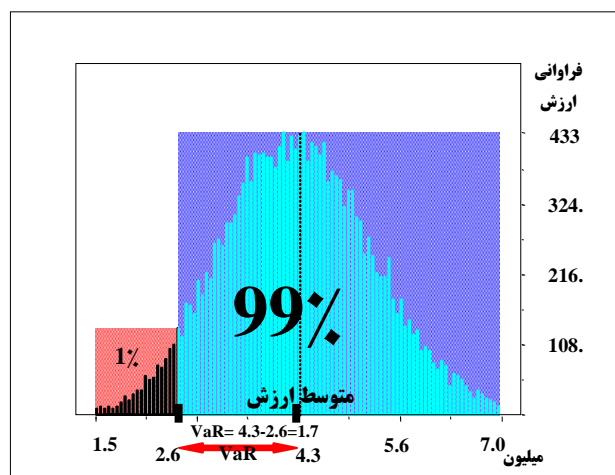
^۲ J.P. Morgan

^۳ market value

^۴ confidence level

مورد بررسی (ارزش دارایی مورد نظر) نسبت به یک مقدار آستانه‌ای، تعریف نمود و با انتخاب سطح اطمینان مورد نظر و با در دست داشتن توزیع آماری ارزش متغیر، مقدار آستانه‌ای به سهولت قابل تعیین خواهد بود. در شکل فوق با فرض سطح اطمینان ۹۹٪ مقدار آستانه‌ای برابر ۲٫۶ میلیون دلار تعیین گردیده است. تفسیر این عدد به این صورت است که به طور متوسط از هر ۱۰۰ روز، انتظار می‌رود تنها یک روز ارزش دارایی به مقادیر کمتر از ۲٫۶ میلیون دلار سقوط کند. به عبارت دیگر، احتمال اینکه مقدار زیان (ارزش جاری منهای ارزش متوسط) بالاتر از ۱٫۷ میلیون دلار باشد (۱٫۷ میلیون دلار = ۲٫۶ میلیون دلار - ۴٫۳ میلیون دلار) تنها ۱٪ است. فاصله‌ی ارزش متوسط (۳٫۴ میلیون دلار) تا مقدار آستانه‌ای (۶٫۲ میلیون دلار) به عنوان «ارزش در معرض خطر» تعریف می‌گردد بنابراین، ارزش در معرض خطر به معنی حداکثر زیان طی یک دوره‌ی زمانی و به ازای یک سطح اطمینان مشخص می‌گردد (به نمودار ۲ توجه کنید).

نمودار ۲: توزیع آماری ارزش دارایی و ارزش در معرض خطر



انتخاب دوره‌ی زمانی که طی آن میزان VaR برای یک دارایی محاسبه می‌گردد با عمر متوسط آن یعنی مدت زمانی که طی آن دارایی فوق نقد می‌گردد، ارتباط دارد. به عنوان مثال، در خصوص دارایی‌های نقدپذیر ارزی، VaR یک‌روزه و در خصوص اوراق قرضه، VaR سه‌ماهه مناسب به نظر می‌رسد. از سوی دیگر انتخاب بازه‌ی زمانی برای محاسبه‌ی VaR به نوعی تبادل میان هزینه‌ی گردآوری و پردازش اطلاعات از یکسو و به‌هنگام بودن شاخص

VaR از سوی دیگر است. همچنین انتخاب دوره‌ی زمانی VaR باید با توجه به مدت زمان لازم جهت ارایه‌ی عکس‌العمل به منظور پوشش^۱ ریسک مربوطه انجام گیرد. به هر جهت انتخاب دوره‌ی زمانی به دلیل اثر افزایشی آن بر میزان VaR نشان‌دهنده‌ی میزان ریسک‌گریزی و محافظه‌کاری بنگاه نیز هست.^۲

می‌توان مفهوم «ارزش در معرض خطر» را از نقطه‌نظر تحلیلی نیز نمایش داد. با فرض این-که ارزش دارایی تحت بررسی در دوره‌ی زمانی T از توزیع آماری $f(x)$ پیروی کند و با در نظر داشتن یک سطح اطمینان $c\%$ ، انتظار می‌رود که کمترین ارزش دارایی مورد نظری یعنی x^* به-عنوان بدترین حالت^۳ در شرط $c = 99\% = \text{Prob}(X \geq x^*) = \int_{x^*}^{+\infty} f(x)dx$ صدق کند. احتمال $(1-c\%)$ نشان‌گر بخشی از سطح زیر منحنی است که خارج از محدوده‌ی مورد نظر قرار دارد و درحقیقت با احتمال $1-c\%$ انتظار می‌رود که مقدار ارزش دارایی در حال نوسان، خارج از این ناحیه قرار گیرد. اکنون اگر مقدار میانگین (مقدارمورد انتظار) دارایی در دوره‌ی مورد نظر، مقدار μ باشد، ارزش در معرض خطر برای دارایی فوق تفاضل مقدار میانگین و بدترین مقدار مورد انتظار ارزش دارایی در بازه‌ی زمانی فوق خواهد بود: $\text{VaR} = \mu - x^*$.

چنانکه مشاهده می‌گردد شاخص VaR در کمی‌سازی میزان ریسک (یا نوسان غیرمنتظره) هیچ‌گونه محدودیتی روی شکل تابع توزیع قرار نداده و در عین حال، تنها بخشی از دامنه‌ی تغییرات متغیر را که معطوف به زیان است را منظور نموده است.

اگر به منظور ساده‌سازی در ارایه‌ی مثال عملی، تابع توزیع متغیر تحت بررسی نرمال فرض گردد، بسیاری از ویژگی‌های شناخته شده و سودمند توزیع نرمال، قابل استناد خواهد بود. در حقیقت از آنجایی که توزیع نرمال تنها با معلوم بودن دو پارامتر میانگین و انحراف از استاندارد مشخص می‌گردد، تخمین این دو به راحتی به تعیین تابع توزیع و در نهایت برآورد VaR منجر خواهد گردید. همچنین باید گفت که برای توزیع نرمال، میزان VaR بر حسب سطح اطمینان به صورت ضریبی از انحراف از استاندارد، تحت جداول از پیش تعیین شده، در اختیار است. نمونه‌ای از تعیین VaR بر حسب انحراف از استاندارد به شرح ذیل است:

$$\text{Prob}(Z < \frac{x^* - \mu}{\sigma}) = 1 - c\% \rightarrow \frac{x^* - \mu}{\sigma} = -Z_c \rightarrow \text{VaR} = \mu - x^* = Z_c \cdot \sigma$$

^۱ hedging

^۲ به عنوان مثال، یک مشتری با رتبه‌ی اعتباری B طی دوره‌ی یک‌ساله ۲،۳۲٪ و طی دوره‌ی ۱۰ ساله ۳۸٪ احتمال قصور در بازپرداخت وام خواهد داشت و به تبع آن VaR مربوطه نیز افزایش خواهد یافت.

^۳ worst case

به‌عنوان مثال با فرض نرمال بودن نوسانات یک دارایی طی یک دوره‌ی ۹۰ روزه و با فرض اینکه انحراف از استاندارد ارزش دارایی طی دوره‌ی مذکور معادل ۲۰ میلیون دلار باشد، VaR دارایی با فرض سطوح اطمینان مختلف به‌شرح جدول (۴) خواهد بود.

جدول ۴: VaR دارایی با فرض سطوح اطمینان مختلف

c%	Z_c	VaR
۹۹,۹۷%	۳,۴۳	۶۸,۶
۹۹,۸۷%	۳	۶۰
۹۹%	۲,۳۳	۴۶,۶
۹۵%	۱,۶۵	۳۳

۲-۲- روش‌های مختلف محاسبه‌ی ارزش در معرض خطر

بر اساس آنچه در تعریف VaR ارایه شد، رویکرد کلی در تخمین VaR برای یک دارایی (یا پورتفولیو از دارایی‌ها) شامل مراحل ذیل است:

الف- تعیین عوامل دخیل در نوسان ارزش دارایی که در حقیقت به‌عنوان عوامل مولد ریسک برای آن دارایی محسوب می‌شوند. این عوامل در مورد یک سبد سهام، شاخص قیمت هر کدام از سهم‌ها، در مورد یک پورتفولیو ارزی، نرخ‌های ارز موجود در پورتفولیو و در مورد مجموعه‌ای از اوراق قرضه، نرخ بهره‌ی آن اوراق است. درحقیقت این شاخص‌های قیمتی با نوسان خود، ارزش دارایی مربوطه را دچار نوسان و ریسک می‌نمایند.

ب- تعیین یک دوره‌ی زمانی که در آن، برآوردی از حداکثر کاهش ارزش دارایی به‌دست می‌آید.

ج- تعیین ارزش روز دارایی^۱ بر حسب اجزا و نرخ‌های قیمتی برای کلیه‌ی ادوار تاریخی موجود و ساختن توزیع آماری متغیر.

د- انتخاب سطح اطمینان مورد نظر که همان احتمال تخمین صحیح است.

ه- تعیین بدترین میزان ارزش دارایی در سطح اطمینان مورد نظر و در نهایت تعیین VaR.

^۱ mark to mark

به‌طور کلی می‌توان گفت که روش‌های محاسبه‌ی VaR از دو جنبه قابل بررسی است. جنبه‌ی نخست بر ویژگی پارامتریک یا غیرپارامتریک بودن روش تأکید دارد و جنبه‌ی دوم بر نحوه‌ی ارزش‌گذاری^۱ (قیمت‌گذاری) تحت دو حالت موضعی یا کامل به بحث می‌پردازد که در ادامه به شرح هر دو جنبه پرداخته می‌شود.

مفهوم پارامتریک به معنی از پیش مفروض نمودن یک توزیع آماری خاص در مورد متغیر تحت بررسی است و لازم به توجه است که به‌طور عام این توزیع نرمال نیست. چنان‌که مشخص است تحت این روش، هدف اصلی به‌دست آوردن بهترین تخمین برای پارامترهای توزیع در نظر گرفته شده است. اما در خصوص روش غیرپارامتریک باید گفت که هیچ‌گونه فرض اولیه، در خصوص شکل توزیع منظور نمی‌گردد.

از سوی دیگر جنبه‌ی دوم در خصوص روش‌های اندازه‌گیری ریسک، نحوه‌ی مدل‌سازی آن‌ها از ریسک تحت اندازه‌گیری است. در روش‌های موضعی (یا نقطه‌ای) به بررسی اثر نوسان‌های حاشیه‌ای^۲ یک یا چند متغیر، حول مقادیر معین پرداخته می‌شود. این نوع از تحلیل بر پایه‌ی خطی‌سازی، بنا نهاده شده و در مقابل شکل دیگری از تحلیل است که ارزش‌گذاری را به‌طور کامل و با فرض تغییرات گسترده در متغیرهای ورودی انجام می‌دهد و بیشتر برای تحلیل‌های غیرخطی مناسب است. انتخاب میان رویکرد موضعی و کامل به نوعی انتخاب میان سرعت و دقت محاسبه می‌باشد. در ادامه هر کدام از روش‌ها و نقاط قوت و ضعف هر کدام مورد بررسی دقیق‌تر قرار می‌گیرد.

۲-۲-۱- روش‌های غیرپارامتریک

۲-۲-۱-۱- روش شبیه‌سازی تاریخی^۳

روش شبیه‌سازی تاریخی از نوع غیر پارامتریک بوده و مبتنی بر تحلیل تاریخی^۴ است. این روش هیچ‌گونه پیش‌فرضی در خصوص تابع توزیع (نرمال یا غیرنرمال) نداشته و تنها با تکیه بر داده‌های بازه‌ی زمانی گذشته، سعی در تخمین پارامتر میانگین (μ) و مقدار بدترین حالت (X^*) دارد. در این روش ابتدا با تشکیل سری زمانی از نرخ‌های قیمتی گذشته تحت یک بازه زمانی معین پورتفولیو مورد نظر تحت اوزان معین (مثلاً متوسطی از اوزان گذشته) ارزش‌گذاری شده و سری زمانی از

^۱ valuation

^۲ marginal

^۳ historical simulation

^۴ historical analysis

مقادیر پورتفولیو در آن بازه زمانی به دست می‌آید. سپس با بازه‌بندی روی مقادیر موجود و تشکیل نمودار ستونی فراوانی، تابع توزیع ساخته شده و بر اساس درصدی از مساحت زیر نمودار، که معادل سطح اطمینان است، مقدار بدترین حالت یا x^* تعیین می‌شود و در نهایت تفاضل آن با میانگین داده‌ها، مقدار VaR را به دست خواهد داد. $\sum_{i \geq x^*} f_i = c$ که در این رابطه f_i فراوانی نسبی محدوده‌ی i ام و i_{x^*} محدوده‌ی شامل x^* در نمودار فراوانی است. با حرکت دادن بازه‌ی زمانی در افق داده‌ها، میزان VaR متناظر با هر بازه‌ی زمانی تعیین گشته و روند تاریخی آن به دست می‌دهد که با فرض ثبات سیستم قابل تعمیم به آینده است.

سهولت و سرعت در تخمین، به‌ویژه برای پورتفولیو با تعداد اجزای زیاد از مزایای این روش است. لازم به یادآوری است، تحت شرایطی که تعداد پارامترهای تحت تخمین زیاد باشد، خطای برآورد به‌روشنی پارامتریک افزایش خواهد یافت، لذا تخمین پارامترها با استفاده از مدل‌های پارامتریک اقتصادسنجی از اعتبار اندکی برخوردار خواهد بود و مجموعه‌ی این عوامل باعث گشته تا روش شبیه‌سازی تاریخی به ساده‌ترین روش مورد استناد در ریسک‌سنجی تبدیل گردد. اما در این روش به‌منظور دست‌رسی به تقریبی قابل قبول، حداقلی از حجم داده‌ها مورد نیاز است. به‌عنوان مثال، با فرض سطح اطمینان ۹۹٪ برای محاسبه‌ی بدترین حالت، حداقل به یک نمونه ۱۰۰ تایی نیاز است؛ زیرا، انتظار می‌رود تنها یک داده از آستانه‌ی صدک نخست، پایین‌تر باشد (۱۰۰ * ۱٪ = ۱). درعین حال اگر سری زمانی مورد استناد، داده‌های گذشته‌ی بسیار دور را شامل گردد، خطر اطلاعات نامربوط ناشی از تغییرات ساختاری بازار نیز، وجود خواهد داشت. همچنین فرض ثبات سیستم، یعنی امکان تعمیم گذشته به آینده فرضی قوی است و وجود بازارهای کارا توجیه چنین فرضی را دشوار می‌سازد. بنابراین، عدم امکان بررسی تغییرات ساختاری بازار و دشواری در تحلیل نوسانات بازارهای دارای ابزار مالی پیچیده از نواقص این روش است. سرانجام در نقد روش شبیه‌سازی تاریخی باید به وزن‌دهی یکسان و منظور نکردن تقدم و تاخر داده‌ها اشاره داشت. درحالی‌که داده‌های اخیر احتمالاً باید از اهمیت بیشتری برخوردار گردند. به منظور رفع این نقیصه، اشاره به یک روش غیرپارامتریک دیگر برای کمی‌سازی ریسک خالی از فایده نخواهد بود.

۲-۲-۱-۲- روش ریسک‌سنجی^۱

الگوی ریسک‌سنجی که تحت فرم استاندارد آن، میزان واریانس تحت پیش‌بینی بر حسب ضرایبی نزولی از مقادیر انحراف مشاهده شده طی یک بازه زمانی معین مورد تخمین قرار می‌گیرد، به صورت ذیل است:

$u_{t-i}^2 = (1-\lambda)u_{t-1}^2 + \lambda^1 u_{t-2}^2 + \lambda^2 u_{t-3}^2 + \dots + \lambda^{K-1} u_{t-K}^2$ که در رابطه‌ی اخیر $0 < \lambda < 1$ به گونه‌ای تعیین می‌گردد که متوسط خطای تخمین واریانس با در نظر داشتن مقادیر مشاهده شده تا دوره‌ی فعلی حداقل باشد:

$$\text{Min Mean_Squared_Error}(\lambda) = \text{MSE}(\lambda) = E\{(\sigma_t^2(\lambda) - u_t^2)\}$$

در این بهینه‌سازی T طول بازه یا تاریخچه‌ی سری زمانی موجود است. به عنوان یک معیار تجربی، مقدار بهینه‌ی $\lambda^* = 0.94$ توصیه شده است.

۲-۲-۲- روش‌های پارامتریک

دو روش عمده از گروه روش‌های پارامتریک در ادامه توضیح داده می‌شوند.

۱-۲-۲-۲- روش دلتا نرمال^۲ یا Var حاشیه‌ای

این روش به طور عمده، در تخمین VaR یک پورتفولیوی ثابت از دارایی‌های مختلف طی یک دوره‌ی زمانی معین، مورد استفاده قرار می‌گیرد. با فرض نرمال بودن توزیع قیمت دارایی‌های پورتفولیو، میانگین و واریانس هر کدام از آنها و همچنین همبستگی متقابل دو به دو آنها یا یکدیگر، برآورد گردیده و سپس بر اساس این واقعیت که ارزش کل پورتفولیو ترکیب خطی از مقادیر اجزا با وزن هر کدام در پورتفولیو است، میانگین و واریانس کل پورتفولیو تعیین می‌گردد. بدیهی است که با ترکیب خطی اجزای نرمال، پورتفولیو نیز توزیع نرمال داشته و پارامترهای آن بر حسب اجزا، قابل تعیین است و در نهایت VaR کل پورتفولیو نیز برآورد می‌گردد.

مثال^۱: اگر بازدهی و وزن اجزاء یک پورتفولیو برای شاخص‌های قیمتی همچون قیمت سهام، کالا و ارز، به ترتیب با بردارهای R و w نمایش داده شود، متوسط $(E(R_p))$ و واریانس (σ_p^2) برای بازدهی پورتفولیو به ترتیب به شرح ذیل خواهد بود: $E(R_p) = w' \bar{R}$ و $\sigma_p^2 = w' \Sigma w$ که در

^۱ risk metrics

^۲ delta-normal valuation

رابطه‌ی اخیر Σ همان ماتریس واریانس-کواریانس مابین بازدهی قیمتی اجزای پورتفولیو است، لذا $\text{VaR}_p = Z_c \cdot \sigma_p \cdot W = Z_c \cdot \sqrt{w' \cdot \Sigma \cdot w} \cdot W$ ارزش پورتفولیو به صورت این رابطه W ارزش مطلق کل پورتفولیو است. ماتریس Σ براساس مدل‌های اقتصادسنجی موسوم به GARCH^۱ قابل برآورد است که متداول‌ترین روش پارامتریک در تخمین میزان تلاطم^۲ محسوب می‌گردد.

مثال ۲: در مورد نوسانات قیمت اوراق قرضه، با فرض نوسانات کوچک نرخ بهره، حول یک مقدار معین r می‌توان تخمینی از VaR قیمتی اوراق قرضه به دست آورد. در واقع رابطه‌ی انحراف قیمت اوراق قرضه P بر حسب نوسان جزئی نرخ بهره^۳، به صورت $dP = -\frac{D}{1+r} \cdot P \cdot dr$ است که در این رابطه D ، دیرش^۴ جریان نقدینگی اوراق قرضه است. این شاخص که از دیرباز در تعیین عمر متوسط ابزارهای مالی مبتنی بر پرداخت منظم و متوالی تا موعد سررسید (همچون اوراق قرضه و وام) مورد استفاده بوده است؛ در حقیقت بیانگر میانگین وزنی، مدت زمان بازگشت

منابع مالی است. بر اساس رابطه‌ی اخیر می‌توان نشان داد که: $\text{VaR}_p = \frac{D}{1+r} P \Big|_{D,P,r} \text{VaR}_r$

شایان ذکر است که رابطه‌ی اخیر برای تعیین «ارزش در معرض خطر» اقلام دارایی و بدهی ترازنامه که به نوسانات نرخ بهره حساس هستند، قابل استناد است و بر این اساس VaR کل پورتفولیو، قابل اندازه‌گیری است.

از جمله مزایای این روش می‌توان به سادگی در مدل‌سازی، امکان بررسی اثر تغییرات خطی اجزا بر کل سیستم و امکان بهینه‌سازی ترکیب پورتفولیو با استفاده از الگوریتم‌های خطی اشاره نمود، اما لزوم برقراری دو فرض قوی مبنی بر کوچک بودن اندازه‌ی نسبی نوسانات و شرط توزیع نرمال در مورد عوامل مولد ریسک به‌عنوان ورودی‌های نوسان‌کننده‌ی مدل که از قدرت آن کاسته است؛ زیرا شرط دوم لزوماً برقرار نیست، مگر در حجم نمونه‌ی بالا. در واقع، برای پاره‌ای از نمونه‌ها توزیع تنها به صورت مجانبی نرمال بوده و پدیده‌ی فربه بودن دامنه‌ی توزیع^۵

^۱ general autoregressive conditional heteroscedasticity: فرض اساسی در این گروه از مدل‌ها این است که نوسان شدید، احتمالاً با نوسان شدید و نوسان اندک احتمالاً با نوسان اندک، دنبال خواهد شد و به عبارت دیگر نوعی ماندگاری در تلاطم (volatility) قابل مشاهده است.

^۲ volatility

^۳ به‌عنوان نرخ تنزیل زمانی

^۴ duration

^۵ fat tail distribution

باعث ایجاد تورش و برآورد کمتر از واقعیت برای شاخص VaR در این روش می‌گردد. همچنین با توجه به این که مدل نیازمند برآورد ماتریس واریانس-کوواریانس برای اجزاء پورتفولیو است، برای پورتفولیوی با تعداد اجزای زیاد، تخمین تعداد قابل توجهی^۱ از پارامترها مورد نیاز است که عملاً به کارگیری این روش را تنها برای پورتفولیوهای ساده با دامنه‌ی تغییرات کوچک مقرون به صرفه می‌نماید. همچنین در خصوص انتخاب روش اخیر برای اندازه‌گیری و گزارش دهی VaR پورتفولیو باید ویژگی انتخابی بودن^۲ در خصوص اجزای پورتفولیو بررسی گردد. ویژگی فوق مبین امکان انتخاب یک طرفه، به منظور حفظ یا تبدیل یک دارایی است که به طور خاص در مورد قراردادهای اختیار معامله^۳ قابل مشاهده است. در این گونه از ابزار مالی ذینفع قرارداد با پرداخت یک مبلغ «صرف ریسک^۴» به طور یک جانبه حق خرید یا فروش به قیمتی معین، برای مقدار معینی از یک کالا را طی دوره‌ی زمانی مشخص از آن خود، می‌نماید. وجود ویژگی فوق باعث می‌گردد که دوره‌ی زمانی و ترکیب اجزای پورتفولیو ثابت نبوده و همانند یک متغیر تصادفی رفتار نمایند. بنابراین امکان به کارگیری روش VaR حاشیه‌ای به سادگی مقدور نیست. شایان ذکر است که بسیاری از دارایی‌های مالی، حتی برخی از انواع وام (همچون وام‌های بلندمدت با قابلیت تسویه حساب پیش از موعد سررسید)، ویژگی «انتخابی» بودن را دارا هستند.

۲-۲-۲-۲- روش شبیه‌سازی مونت کارلو^۵

مبنای اصلی شبیه‌سازی مبتنی بر محاسبه‌ی یک مدل، برای تعداد زیادی از سناریوهای از پیش تعیین شده است. بر این اساس، با پیدایش کامپیوتر و امکان انجام پردازش‌های متوالی با حجم بالا، روش‌های مبتنی بر شبیه‌سازی به تدریج، جایگاه قابل توجهی در زمینه‌ی ریسک‌سنجی پیدا کرده‌اند. کاربردی‌ترین روش در این گروه، موسوم به شبیه‌سازی مونت کارلو است که طی آن توزیع آماری متغیر هدف و در نهایت مشخصات آماری آن نظیر میانگین و

^۱ برای پورتفولیو با ۱۰۰ دارایی مختلف، تخمین یک ماتریس واریانس-کوواریانس به ابعاد ۱۰۰×۱۰۰ یعنی تخمین ۵۰۵۰ پارامتر مورد نیاز است!!!

^۲ optional

^۳ (American) option contracts

^۴ risk premium

^۵ monte carlo simulation

واریانس بر مبنای پردازش تعداد زیادی از سناریوهای از پیش طراحی شده، تعیین می‌گردد.^۱ در این روش ابتدا، عوامل مولد ریسک تعریف شده، سپس ضمن مفروض داشتن توزیع آماری هر کدام، ارتباط آن‌ها با یکدیگر و اثر نهایی بر متغیر مورد مطالعه در قالب یک فراگرد مدل می‌گردد. در صورت لزوم پارامترهای لازم برای مدل مربوطه از بررسی تاریخی داده‌های بازار، قابل استخراج است. سپس مدل مزبور برای تعداد زیادی از حالت‌های ممکن با توجه به تعداد عوامل مولد ریسک و میزان دقت مورد نظر در تخمین، محاسبه و ارزش گذاری می‌گردد. برای تولید سناریو به رویداد تصادفی نیاز است که با توجه به تعداد متغیرهای تصادفی مورد نیاز در مدل و توزیع آماری مشترک آن‌ها، یک مسیر حرکت تصادفی قابل ارایه خواهد بود. معروف‌ترین مسیر تصادفی موسوم به حرکت براونی^۲ است که، شکل کلی آن به صورت ذیل است: $R_t = ds_t / s_t = \mu_t \cdot dt + \sigma_t \cdot dz$ که در آن پارامترهای μ_t و σ_t به ترتیب میانگین زمانی و تلاطم^۳ بازدهی محسوب می‌شوند که البته در حالت کلی در طول زمان متغیراند، ولی معمولاً ثابت فرض می‌شوند. از سوی دیگر عامل dz که مرتبط با جمله‌ی تلاطم است، به ازای بازه‌ی زمانی بزرگتر، پراکنش بیشتری خواهد داشت لذا $dz \sim N(0, \sigma_{dz}^2)$ که $\sigma_{dz}^2 = dt$. مسیر تصادفی اخیر برای رویداد تصادفی دو یا چند متغیره نیز، قابل تصور خواهد بود. از سوی دیگر هر کدام از مقادیر ممکن رویداد تصادفی بیان گر یک سناریو است که به این ترتیب اثر آن بر ارزش دارایی‌ها و در نهایت ارزش پورتفولیو اعمال می‌گردد. در نهایت، با بررسی توزیع آماری مقادیر به دست آمده برای متغیر هدف (خروجی مدل) میانگین و واریانس و در نهایت میزان VaR در سطح اطمینان مورد نظر و طی دوره‌ی زمانی تعیین شده، قابل محاسبه خواهد بود. در این روش، مدل سازی سیستم‌های پیچیده با عوامل ریسک متعدد امکان پذیر بوده و انجام تحلیل حساسیت نسبت به عوامل مولد ریسک و از جمله آزمون شوک برای کل مدل میسر است. همچنین، می‌توان بازه‌ی اطمینان برای VaR برآورد شده ارایه نمود؛ زیرا در این روش کل توزیع آماری برای متغیر هدف در خروجی ظاهر می‌گردد و بنابراین انجام کلیه‌ی مطالعات آماری و تعیین کلیه‌ی پارامترها با صرف هزینه‌های محاسباتی امکان پذیر است. همچنین امکان بررسی تغییرات ساختاری در مدل و حتی تعیین میزان خطای خود مدل در

^۱ جالب توجه است که روش «شبه سازی تاریخی» نیز همانند «شبه سازی مونت کارلو» بر اساس یک سری داده‌ی ورودی عمل می‌کند، با این تفاوت که سناریوهای مورد استفاده در شبه سازی تاریخی تولید شده نبوده و برگرفته از روند تاریخی بازار است.

^۲ brownian motion

^۳ volatility

پیش‌بینی رفتار بازار به‌ویژه تحت حالات افراطی میسر است. بنابراین در صورت اطمینان نسبت به مدل ارزش‌گذاری می‌توان ابراز داشت که روش مونت‌کارلو جامع‌ترین روش در برآورد VaR است.

از طرف دیگر، باید توجه داشت که این چارچوب نیازمند امکانات نرم‌افزاری و سخت‌افزاری پیشرفته به منظور انجام محاسبات سنگین روی تعداد بسیار زیادی از سناریوها است. به‌عنوان مثال، برای شبیه‌سازی تحت یک توزیع نرمال ۳ متغیره با رعایت سطح اطمینان ۹۹٪ برای هر کدام از سه بعد (سه متغیر) حداقل ۱۰۰ نمونه لازم است^۱ و در کل معادل $1,000,000 = 100 \times 100 \times 100$ نمونه مورد نیاز است. بنابراین، زمان پردازش قدری طولانی خواهد بود. از سوی دیگر، پیچیدگی مدل تحلیلی و تکرار ناپذیر بودن هر شبیه‌سازی به دلیل ماهیت تصادفی آن و قراردادن در معرض خطای نمونه‌گیری از دیگر نقاط ضعف این روش است.

۲-۲-۳- مقایسه روش‌های پارامتریک و غیرپارامتریک

در ادامه نتایج یک بررسی عمده در خصوص دقت تخمین تحت سطوح اطمینان ۹۹٪ و ۹۵٪ به دو روش پارامتریک و غیرپارامتریک با فرض حجم نمونه‌ی $T=250$ آورده شده است (به جدول ۵ توجه کنید).

جدول ۵: نتایج یک بررسی آزمایشی

	سطح اطمینان تخمین	
	۹۹٪	۹۵٪
بازه‌ی تخمینی روش غیرپارامتریک	[1,85 , 2.8]	[1,38 , 1.91]
بازه‌ی تخمینی روش پارامتریک	[2,24 , 2.42]	[1,50 , 1.78]

Jorion (2000)

همان‌طور که دیده می‌شود، تحت روش پارامتریک یعنی با فرض وجود یک توزیع خاص، در داده‌های نمونه و تخمین بر آن اساس، بازه‌ی اطمینانی فشرده‌تر نسبت به روش غیرپارامتریک به دست می‌آید. از طرف دیگر، لازم به یادآوری است که در نمونه‌های با حجم بالا، خود به خود توزیع به سمت نرمال، میل خواهد کرد. با توجه به این امر، به شرط آن که شکل توزیع حداقل

^۱ توجه گردد که حتی تحت این شرط و با فرض سطح اطمینان ۹۹٪ چنان‌که قبلاً به آن اشاره شد، انتظار می‌رود تنها یک نمونه از آستانه‌ی صدک کمتر باشد لذا تخمین صدک‌ها هنوز چندان دقیق نخواهد بود.

به صورت مجانبی شناخته شده باشد، روش پارامتریک ارجح خواهد بود، در حالی که تحت نمونه‌های کوچک یا عدم شناخت نسبت به توزیع نمونه، روش غیر پارامتریک مطمئن تر است. در نهایت می‌توان روش‌های مختلف برآورد VaR را تحت جدول (۶) مورد جمع‌بندی قرار داد.

جدول ۶: جمع‌بندی روش‌های مختلف برآورد VaR

ویژگی‌ها	روش VaR حاشیه‌ای	شبیه‌سازی تاریخی	شبیه‌سازی مونت کارلو
نحوه‌ی ارزش‌گذاری	خطی و موضعی	کامل	کامل
توزیع آماری مفروض	نرمال	واقعی (برگرفته از روند تاریخی)	عمومی: بسته به انتخاب
امکان آزمون شوک (Stress Test)	خیر	خیر	بله
هزینه محاسباتی	ناچیز	متوسط	بالا
دقت پیش‌بینی VaR	بسته به ساختار پورتفولیو	قابل قبول	بالا
ملموس بودن روش	ساده و تفسیرپذیر	پیچیده	پیچیده
نقاط ضعف کاربرد	ساختارهای غیر خطی نظیر اختیار معامله، توزیع غیر نرمال	تغییرات ساختاری در بازار، حوادث غیرمنتظره	خطا در طراحی مدل ارزش‌گذاری
درصد میزان کاربرد روش توسط بانک‌ها ^۱	۴۲٪	۳۲٪	۲۳٪

۲-۳- بازآزمون^۲ مدل VaR

مدل VaR، بدون داشتن اطمینان نسبت به صحت پیش‌بینی‌های آن چندان قابل اتکا نخواهد بود. بنابراین، بررسی روش‌های آزمون تجربی یا بازآزمون VaR و به‌کارگیری آن‌ها از الزامات مدیریت ریسک است که حتی در قالب دستورالعمل‌های اجرایی مراجع ناظر بر ریسک بانک‌ها نظیر کمیته‌ی بال بر آن تأکید گردیده و خط‌مشی‌های آن مشخص شده گردیده است. تأکید این مراجع بر انجام بازآزمون از آن روست که معمولاً بانک‌ها به‌دنبال نشان‌دادن ریسک خود در حدی پایین‌تر از میزان واقعی هستند تا از این طریق ذخیره‌ی سرمایه‌ی کمتری برای

^۱ Britain's Financial Services Authority (1999)

۳٪ درصد باقیمانده به‌روش‌های دیگر انجام می‌گیرد که تفصیل آن‌ها، خارج از حوصله‌ی این مقاله است.

^۲ backtesting

پوشش آن مورد نیاز بوده و در عمل بتوانند بدهی بیشتری برای خود ایجاد نموده و از این طریق منابع حجیم‌تری به دست آورند. بنابراین، بررسی نتایج پیش‌بینی مدل VaR با مقادیر واقعی ضرر و زیان و تطبیق این دو با یکدیگر ضروری است، به گونه‌ای که درصد موارد تجاوز زیان واقعی از محدوده‌ی پیش‌بینی شده، همواره در سطح اطمینان تعیین‌شده باقی بماند. از دیگر سو، اگر موارد تخطی بسیار کمتر از پیش‌بینی باشد؛ یعنی، مقدار برآورد ریسک بیشتر از مقدار واقعی آن است. به عبارت دیگر، یعنی ائتلاف منابع در شکل ذخیره‌ی بیش از حد، رخ داده است. در این صورت، انجام بازآزمون برای بانک‌هایی که مدیریت ریسک مبتنی بر مدل‌های داخلی را پی‌گیری می‌نماید، نیز مفید خواهد بود. سؤالی که در این جا مطرح می‌گردد این است که چگونه می‌توان افزایش موارد تخطی ناشی از حرکات افراطی^۱ بازار را از موارد ناشی از نقص مدل VaR، تفکیک و یک ارزیابی قابل اطمینان به عمل آورد؟ به عبارت دیگر، با کدام چارچوب تئوریک انجام آزمون فرضیه^۲ در خصوص مدل VaR میسر است؟ در ابتدا به منظور کاهش اثرات ناشی از تغییرات ترکیب پورتفولیوی تحت بررسی، طی هر دوره از یک ترکیب پورتفولیوی ثابت برای محاسبه‌ی VaR و مقایسه‌ی پیش‌بینی با بازدهی واقعی استفاده می‌شود.

از سوی دیگر سطح اطمینان در نظر گرفته‌شده نباید بسیار بالا باشد؛ زیرا، چنان‌که در ادامه شرح آن خواهد رفت، این امر به افزایش خطای نوع دوم^۳ و کاهش قدرت آزمون فرضیه منجر خواهد شد. با این مفروضات، نسبت تعداد موارد خطای پیش‌بینی مدل، به طور آماری با سطح اطمینان در نظر گرفته شده در مدل VaR، مقایسه می‌گردد تا نسبت به عملکرد مدل اطمینان لازم حاصل گردد. به این منظور نسبت تعداد موارد خطای پیش‌بینی به کل تعداد پیش‌بینی‌ها (X/T) به عنوان نرخ شکست^۴ منظور می‌شود. آماره‌ی فوق در حالت ایده‌آل و با فرض $T \rightarrow \infty$ تخمینی نااریب از سطح اطمینان مدل پیش‌بینی کننده VaR است، ولی در عمل T نامحدود نیست. در این صورت، با فرض نسبت X/N کوچک و تحت «فرضیه صفر»^۵ نرخ خطا^۶ یک مقدار معین و کوچک فرض می‌شود (به عنوان مثال $p=1\%$)^۷.

^۱ extreme

^۲ hypothesis testing

^۳ منظور از خطای نوع دوم، پذیرفته شدن H_0 علی‌رغم نادرست بودن آن است. یعنی مدل پیشنهادی VaR پذیرفته شود در حالی که نادرست است.

^۴ failure rate

^۵ null hypothesis

^۶ منظور از نرخ خطا = $1 - c\% = 1 - (\text{VaR سطح اطمینان مدل})$ است.

^۷ یا نزدیک بودن آن به ۱ مثلاً $p=99\%$ در حقیقت این دو فرض معادل هستند.

با استناد به تعاریف فوق کوپیک در سال ۱۹۹۵ آماره‌ای در قالب یک نسبت درست‌نمایی به- صورت $LR = 2 \ln \left\{ \left(\frac{X}{T} \right)^x \left(1 - \left(\frac{X}{T} \right) \right)^{T-x} / p^x (1-p)^{T-x} \right\} \approx \chi_{T-1}^2$ مطرح کرد که تحت فرض اولیه‌ی سطح اطمینان معین برای مدل VaR، آماره‌ی فوق دارای توزیع مجانبی کای-اسکوئر با درجه‌ی آزادی ۱ است. وی بر این اساس جدول (۷) را تنظیم نمود که برای تعیین محدوده‌های مجاز تعداد خطای پیش‌بینی با سطوح اطمینان^۱ مختلف کاربرد دارد و مبنای اصلی دستورالعمل بال در خصوص نحوه‌ی تعدیل ضریب تزیادی در مدل VaR بوده است.

جدول ۷: تعیین محدوده مجاز تعداد خطای پیش‌بینی با سطوح اطمینان مختلف

خطای پیش‌بینی مدل VaR	سطح اطمینان مدل VaR	محدوده‌ی تعداد خطای مدل پیش‌بینی‌کننده‌ی VaR که تحت آن مدل VaR پذیرفته می‌شود		
		روز T=۲۵۵	روز T=۵۱۰	روز T=۱۰۰۰
۱٪	۹۹٪	$N < 7$	$1 < N < 11$	$4 < N < 17$
۵٪	۹۵٪	$6 < N < 21$	$16 < N < 36$	$37 < N < 65$
۱۰٪	۹۰٪	$16 < N < 36$	$38 < N < 65$	$81 < N < 120$

Kupiec(1995)

به‌عنوان مثال برای مدل VaR با بازه‌ی ۵۱۰ روزه و با فرض خطای پیش‌بینی ۵٪، محدوده‌ی قابل قبول برای خطای پیش‌بینی بین ۱۶ و ۳۶ است. تعداد خطای بیشتر از ۳۶ نشان‌دهنده‌ی ضعف مدل در پیش‌بینی ریسک در حدی کمتر از واقعیت^۲ و تعداد خطای کمتر از ۱۶ به‌معنای ضعف مدل در پیش‌بینی ریسک در حدی بیشتر از واقعیت^۳ است. چنان‌که از جدول فوق برمی‌آید، با افزایش حجم نمونه (T) بازه‌ها به‌طور نسبی فشرده‌تر و در نتیجه قدرت آزمون مدل افزایش خواهد یافت.^۴ همچنین جدول اخیر نشان می‌دهد که فرضیه‌ی احتمال خطای پیش‌بینی بسیار پایین

^۱ توجه گردد که جدول فوق در حقیقت یک آزمون فرضیه با سطح اطمینان ثابت ۹۵٪ است، و سطح اطمینان فوق ارتباطی با سطوح اطمینان مشخص شده برای مدل پیش‌بینی‌کننده‌ی VaR ندارد.

^۲ understimation

^۳ overestimation

^۴ منظور طول نسبی هر بازه است، یعنی؛ بازه‌ی $[N_L / T, N_U / T]$ با افزایش T کوچکتر خواهد شد که منظور از N_L و N_U حدود بالا و پایین هر بازه هستند. دو حالت $\{T=510, N_U=36, N_L=16\}$ و $\{T=1000, N_U=65, N_L=37\}$ به‌ترتیب متناظر با بازه‌های $[0.031, 0.070]$ و $[0.038, 0.065]$ هستند که بازه‌ی نمونه‌ی 1000 تایی کم‌عرض‌تر است.

برای مدل VaR به‌سادگی رد خواهد شد؛ زیرا مثلاً برای $T=250$ روز تنها ۷ خطا کفایت تا مدل پذیرفته نشود. بنابراین، معمولاً با نرخ خطای بالاتر (معمولاً ۵٪) بازآزمون انجام می‌شود.

۳- یک مثال کاربردی

۳-۱- داده‌های مورد استفاده

به‌منظور بررسی تجربی قدرت پیش‌بینی مدل VaR، سری زمانی روزانه‌ی شاخص کل قیمت سهام در بازار بورس تهران از سال ۱۳۸۰ الی ۱۳۸۴ به‌عنوان نمونه انتخاب و شاخص VaR با استفاده از دو رویکرد پارامتریک و غیرپارامتریک، برای بازدهی شاخص بورس محاسبه گردیده است. هدف نهایی از برآورد فوق تعیین کران بحرانی پایین با فرض سطح اطمینان ۹۵٪ بوده است. به عبارت دیگر، برای هر روز یک کران پایین تعیین شده است که با احتمال ۹۵٪ بازدهی شاخص کل از آن میزان کمتر نبوده است. منظور از بازدهی شاخص کل، رشد یا درصد تغییرات آن نسبت به روز قبل بوده است. لازم به ذکر است که انتخاب شاخص قیمت بورس به‌عنوان مبنای مطالعه‌ی تجربی از یک‌سو به‌دلیل در دسترس بودن و از سوی دیگر به‌دلیل دقت و شفافیت بالای آن بوده است. بدیهی است که مدل VaR در خصوص هر سری زمانی از بازدهی دارایی‌ها قابل اعمال و نتیجه‌گیری است، ولی در خصوص بسیاری از موارد همچون بانک‌ها و شرکت‌های مالی، به‌دلیل عدم شفافیت صورت‌های مالی یا عدم سهولت دسترسی به آن‌ها، امکان استفاده از مدل «ارزش در معرض خطر» جهت اندازه‌گیری ریسک مالی موجود نبوده است. با توجه به این محدودیت، انتخاب حجم نمونه‌ی فوق در یک بازه‌ی ۵ ساله بالغ بر ۱۰۰۰ داده به‌منظور دستیابی به نتایج معتبرتر صورت گرفته است. همچنین با مینا قراردادن شاخص کل، بسیاری از اشکالات ناشی از تغییرات ارزش نسبی سهام شرکت‌های مختلف و اثر آن بر وزن‌های قیمتی آن‌ها برطرف گردیده است؛ زیرا همواره شاخص کل قیمت سهام پس از افزایش سرمایه‌ی شرکت‌ها یا تغییر تعداد شرکت‌های پذیرفته‌شده در بورس تعدیل می‌گردد به‌گونه‌ای که در صورت امکان نوسانات آن تنها ناشی از نوسانات قیمتی سهام‌های مختلف باشد.

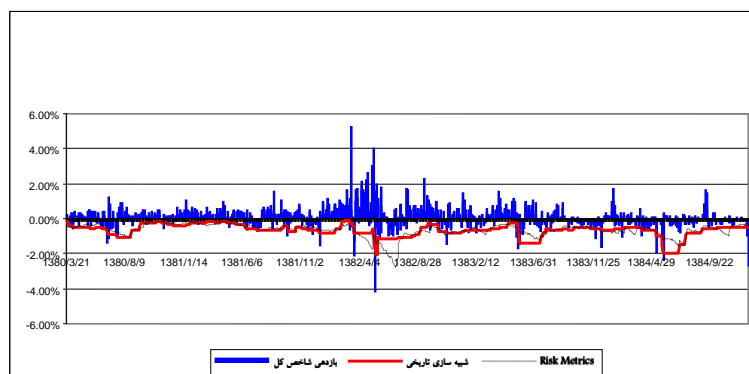
۳-۲- الگوی مورد استفاده

۳-۲-۱- رویکرد غیرپارامتریک

تحت این دیدگاه بدون هیچ‌گونه پیش‌فرضی در خصوص شکل تابع توزیع متغیر تحت بررسی (بازدهی روزانه‌ی شاخص قیمت کل) به محاسبه‌ی بدترین حالت یا بدترین مقدار مورد

انتظار تحت سطح اطمینان معین (۹۵٪) پرداخته می‌شود. این مقدار آستانه‌ای از دو روش «شبیه‌سازی تاریخی» و «ریسک‌سنجی» به تفکیک و برای یک دوره‌ی ۱۰۰۰ روزه تا انتهای سال ۱۳۸۴ محاسبه‌ی گردیده است. در روش شبیه‌سازی تاریخی با انتخاب یک قاب ۴۰ روزه و محاسبه‌ی بدترین حالت برای این زیرمجموعه تخمینی از حداقل مقدار روز ۴۱م تحت سطح اطمینان ۹۵٪ به دست می‌آید. این محاسبات برای ۱۰۰۰ روز انجام شده و سری زمانی به-دست‌آمده، مرزی را مشخص می‌کند که بیان‌گر حدبحرانی^۱ برای هر روز است. به‌طور مشابهی، با در نظر داشتن همین زیرمجموعه‌های ۴۰ تایی، محاسبات با روش ریسک‌سنجی تکرار می-گردد و مجدداً مرز بحرانی تعیین می‌گردد. نتیجه‌ی محاسبات در نمودار (۳)، نمایش داده شده است. اکنون با استناد به تعداد دفعاتی که هر روش در پیش‌بینی کمترین بازدهی روز بعد (حداکثر زیان) دچار خطا شده است، می‌توان آزمون فرضیه در خصوص صحت عمل کرد آن مدل را به عمل آورد.

نمودار ۳: مرز بحرانی ۹۵٪ تحت رویکرد غیرپارامتریک



آماره‌ی مورد استفاده «تعداد موارد خطای در پیش‌بینی حداکثر زیان» است که مقدار این آماره برای هر روش به تفکیک بر اساس مقایسه‌ی نتایج هر پیش‌بینی با مقدار واقعی در جدول (۸) درج گردیده است.

^۱ critical limit

جدول ۸: مقایسه روش‌های غیرپارامتریک شبیه‌سازی تاریخی و ریسک‌سنجی از نظر خطای پیش‌بینی

تعداد خطای پیش‌بینی برای نمونه ۱۰۰۰ تایی تحت سطح اطمینان ۹۵٪	
۳۷	روش شبیه‌سازی تاریخی
۵۱	روش ریسک‌سنجی

با استناد به جدول (۸) می‌توان گفت که فرض صفر صحت عملکرد در خصوص مدل ریسک‌سنجی قابل قبول است، در حالی که برای روش شبیه‌سازی تاریخی صحت عملکرد می‌گردد. در واقع با توجه به این که تعداد خطای پیش‌بینی برای روش شبیه‌سازی تاریخی از حد مورد انتظار کمتر بوده می‌توان اذعان داشت که روش فوق مرز بحرانی را در حدی پایین‌تر از مقدار لازم قرارداده و با محافظه‌کاری بیشتری عمل نموده است. بدیهی است که با استناد به این روش، مقدار سرمایه‌ی مورد نیاز برای پوشش ریسک، بیشتر از مقدار مورد نیاز برآورد گردیده و در نتیجه، روش فوق در این مرحله از کارایی لازم برخوردار نیست.

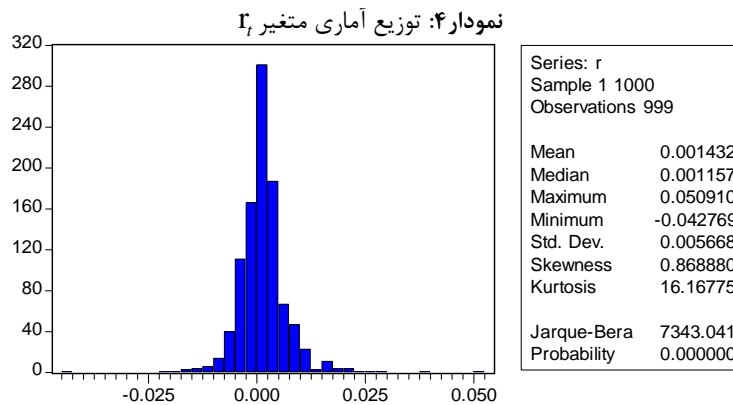
۳-۲-۲- رویکرد پارامتریک

در این رویکرد از ابتدا با فرض توزیع مشخص برای متغیر تحت بررسی به آزمون مدل برای تخمین دامنه‌ی نوسان‌ها اقدام می‌شود. روش متداول در تخمین دامنه‌ی نوسان یا میزان تلاطم، استفاده از مدل‌های $GARCH(p,q)$ است که امکان تخمین با فرض ناهمسانی واریانس در طول زمان را به دست می‌دهد. این گروه از مدل‌ها در حالت معمول خود و با فرض این‌که واریانس هر دوره تنها به اطلاعات یک دوره‌ی قبل وابسته باشد، به فرم زیر هستند:

$$GARCH(1,1): \begin{cases} Y_t = X_t' \theta + \varepsilon_t \\ \sigma_t^2 = \omega + \alpha \cdot \sigma_{t-1}^2 + \beta \cdot \varepsilon_{t-1}^2 \end{cases}$$

در این‌جا نیز به منظور انجام برآورد در خصوص میزان تلاطم شاخص قیمت کل سهام، از یک مدل سری زمانی از نوع $GARCH(1,1)$ شامل داده‌های پنج سال (۱۳۸۴-۱۳۸۰) استفاده شده است. از آنجاکه استفاده از بازدهی (رشد) شاخص قیمتی به جای خود آن، به دلیل دارا بودن مشخصات آماری سازگار با مدل‌های اقتصادسنجی، ارجح است، بنابراین بازدهی روزانه‌ی شاخص قیمت کل بورس به-عنوان متغیر اصلی مدل به فرم $r_t = \ln(\text{index}(t) / \text{index}(t-1))$ در نظر گرفته می‌شود. دیگر مزیت مهم به کارگیری بازدهی به جای خود شاخص، رفع معضل وجود ریشه‌ی واحد است و نتایج آزمون Dickey-Fuller در خصوص r_t مؤید همین نکته است. از سوی دیگر، بررسی توزیع آماری

متغیر I_t (نمودار ۴) نشان‌دهنده‌ی وجود پدیده‌ی دامنه‌ی فربه^۱ است که به معنای عدم توزیع نرمال برای متغیر تحت بررسی است.



باتوجه به وجود مقادیر افراطی (Extreme) در توزیع متغیر و به منظور بهتر شدن نتایج تخمین دو متغیر مجازی d_1 و d_2 به ترتیب برای محدوده‌ی افراطی بالا و پایین به صورت ذیل تعریف می‌گردد:

$$d_{1t} = 1 \text{ if } r_t < 2E[r_t | r_t < 0] \text{ else } d_{1t} = 0$$

$$d_{2t} = 1 \text{ if } r_t > 2E[r_t | r_t > 0] \text{ else } d_{2t} = 0$$

اکنون با استناد به این مقدمات به تشخیص مدل سری زمانی در خصوص متغیر بازدهی (r) پرداخته می‌شود. از آنجاکه بازار بورس ایران از کارایی بالایی برخوردار نیست انتظار می‌رود بازدهی و نوسان یک دوره به ترتیب با بازدهی و نوسان دوره‌ی قبل دارای همبستگی باشند. براین اساس مدل $ARMA(3,3)$ - $GARCH(1,1)$ با در نظر داشتن متغیر $I(-1)$ بعنوان متغیر توضیح‌دهنده مورد تخمین قرار می‌گیرد. همچنین متغیرهای مجازی $d_1(-1)$ و $d_2(-1)$ در معادله‌ی میانگین و واریانس مورد استناد قرار می‌گیرند. نتایج تخمین که در جدول ۹ درج گردیده، نشان می‌دهند که وارد نمودن متغیرهای مجازی، قدرت توضیح‌دهندگی مدل را بسیار بهبود بخشیده‌اند.

¹ fat tail

مدل از نقطه‌نظر عدم همبستگی پیاپی^۱ مابین جملات خطا و همچنین مربعات آن‌ها، آزمون گردیده و عدم همبستگی تایید گردیده است. بنابراین، درجات وقفه‌های اعمالی برای توضیح رفتار سری زمانی مناسب است. همچنین لازم به توجه است که تخمین با فرض توزیع t در خصوص جملات خطا (پسماند) انجام گرفته و نتیجه‌ی آزمون نیز حاکی از تایید این فرض است. همچنین علامت ضرایب متغیرهای مجازی فوق بسیار قابل توجه است؛ زیرا دقیقاً منطبق بر رفتار بازار است. در حقیقت انتظار می‌رود که پس از یک شوک مثبت (منفی) بازدهی با رشد بالاتر (پایین‌تر) حرکت کند. میزان نوسان مورد انتظار پس از بروز شوک افزایش خواهد یافت.

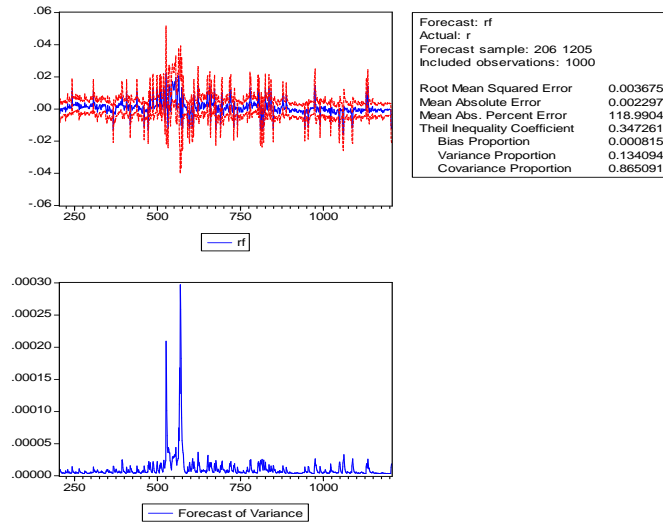
اکنون با استناد به مدل برآوردشده پیش‌بینی در خصوص رفتار متغیر تحت بررسی (بازدهی شاخص قیمت کل) انجام می‌گیرد. ابتدا به‌منظور مقایسه‌ی نتایج این بخش با رویکرد قبلی (روش غیرپارامتریک) پیش‌بینی در داخل نمونه^۲ و برای ۱۰۰۰ روز آخر (تا انتهای سال ۱۳۸۴) انجام می‌گیرد که نتایج آن در نمودار (۵) درج گردیده است. قابل توجه است که مدل به‌میزان ۸۶٪ در پیش‌بینی نوسان یا تلاطم روز بعد موفق بوده است. لازم به یادآوری است از آن‌جاکه دوره‌ی زمانی تحت پیش‌بینی در این جا یک‌روزه است، نتایج پیش‌بینی به‌روش ایستا و پویا یکسان خواهند بود. با استناد به پیش‌بینی انجام‌شده می‌توان سری زمانی پیش‌بینی‌شده برای واریانس جملات (خطا) را نیز به‌دست آورد و با در دست داشتن مقدار پیش‌بینی متغیر (مقدار مورد انتظار)، مقدار انحراف از استاندارد (جذر واریانس) پسماندها و دانستن توزیع آنها (توزیع t) مرز بحرانی ۹۵٪ قابل تشخیص خواهد بود.

با بررسی آماری موارد خطای پیش‌بینی مشخص می‌گردد که ۴۳ مورد خطای پیش‌بینی موجود است که با استناد به جدول ۷ می‌توان صحت مرز بحرانی پیش‌بینی‌شده را پذیرفت. چنان‌که ملاحظه می‌گردد گرچه استخراج مرز بحرانی تحت روش پارامتریک در مقایسه با روش‌های غیرپارامتریک از دشواری و پیچیدگی بیشتری برخوردار است، ولی قدرت پیش‌بینی و انعطاف‌پذیری این رویکرد در پیش‌بینی تلاطم بازار به‌مراتب بیشتر است.

¹ serial correlation

² in sample forecasting

نمودار ۵: نتایج پیش‌بینی مدل GARCH در داخل نمونه و برای ۱۰۰۰ روز آخر



منابع و مأخذ

Basle Committee on Banking Supervision, 1996, "Amendment to the Capital Accord to Incorporate Market Risks".

Duffie, D. and J. Pan, "An Overview of Value at Risk", *Journal of Derivatives* 4, No. 3, 1997, pp. 7-49.

Fama, E. (1965), "The Behavior of Stock Market Prices", *Journal of Business* 38, 34-105.

Hendricks, D., "Evaluation of Value-at-Risk Models Using Historical Data", *Federal Reserve Bank of New York Economic Policy Review* 2, No. 1 (April 1996), pp. 39-62.

Jorion, Ph., 2000, "Value at Risk: The New Benchmark for Managing Financial Risk", McGraw-Hill, New York.

Jorion, P., 1996 " Risk2: Measuring the Risk in Value at Risk", *Financial Analysts Journal*.

Kupiec, P., "Techniques for Verifying the Accuracy of Risk Measurement Models", *Journal of Derivatives* 3, No. 2 (Winter 1995), pp. 73-84.

Szil, ard, P. and I. Kondor, 2001, "Evaluating the RiskMetrics Methodology in Measuring Volatility and Value-at-Risk in Financial Markets", *Market Risk Research Department, Rai_eisen Bank, Budapest, Hungary*.