

آزمون ارزش در معرض خطر دوره ای (LiVaR) و مدیریت ریسک با استفاده از مدل خود رگرسیون برداری (VAR)

غلامرضا زمردیان^۱
مهدی همتی آسیابریکی^۲
حسین راد کفترودی^۳

تاریخ پذیرش: ۹۵/۰۸/۰۱

تاریخ دریافت: ۹۵/۰۳/۱۷

چکیده

ارزش در معرض ریسک (VaR) روش ارزیابی و تشخیص ریسک است که از تکنیک‌های آماری استاندارد که به طور روزمره در زمینه‌های 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. این مقاله به طراحی یک مقیاس اندازه‌گیری ریسک با توالی بالا می‌پردازد یعنی محاسبه ارزش روزانه نقدینگی در ریسک در معرض خطر (LiVaR). از این رو، هدف ما بررسی آشکار جنبه نقدینگی درونی مرتبط با اندازه شرکت‌ها است. با بازسازی مجدد اطلاعات دسته‌بندی شده، تغییرات بارزی در بازده واقعی و بازده بدون اصطکاک (برنامه‌ریزی شده) به وقوع پیوست و این دو متغیر به صورت مشترک مدل‌سازی شدند. ریسک مربوط به هزینه نقدینگی برنامه‌ریزی شده، در مرحله بعد درجه‌بندی گردید. مدل مورد استفاده در این تحقیق به منظور شناسایی تأثیر ریسک نقدینگی برنامه‌ریزی شده بر ریسک کل و ارزیابی VaR مربوط به بازده واقع در یک نقطه زمانی مورد استفاده قرار گرفته شد.

واژه‌های کلیدی: ارزش روزانه نقدینگی، داده‌های Tick-by-Tick، هزینه نقدینگی برنامه‌ریزی شده، سیستم ترتیبی محدود.

۱- استادیار و عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی، تهران، ایران (نویسنده مسئول) gh.zomorodian@gmail.com

۲- دانشجوی دکترای مدیریت مالی دانشگاه آزاد اسلامی واحد رشت، ایران Meysam.nhm@gmail.com

۳- دانشجوی دکترای مدیریت مالی دانشگاه آزاد اسلامی واحد رشت، ایران radhosein@yahoo.com

۱- مقدمه

بازار ایجاد می‌شود. اشخاص حقیقی و حقوقی دارایی‌های خود را به صورت‌های مختلف مانند پول نقد، سهام، اوراق قرضه، مسکن، طلا و سایر دارایی‌های با ارزش نگهداری می‌کنند. تمام این دارایی‌ها در معرض تغییرات قیمت قرار دارند، و این نوسانات قیمتی مداوم، عامل اصلی ایجاد ریسک بازار هستند. ریسک بازار که یکی از عوامل اصلی ایجاد کننده ریسک می‌باشد، به همراه ریسک اعتباری نقش اصلی را در اکثر ورشکستگی‌ها ایفا می‌کنند. بحران‌های پیاپی و پیوسته مالی ناشی از ریسک مالی که در دو دهه اخیر در مقاطع مختلف در سطح جهان روی داده‌اند، لزوم مدیریت یک‌پارچه و کمی ریسک مالی با تمرکز بر ریسک بازار و ریسک اعتباری را بیش از پیش مطرح ساخته‌اند.

۲- مبانی نظری و مروری بر پیشینه پژوهش

تعداد محدودی از مطالعات، بر مقیاس‌های ریسک با توالی بالا تکیه دارند. «دیون»، «داچن» و «پاکورار»^۱ (۲۰۰۹) برای اولین بار به بررسی مقیاس ریسک بازار با توالی فوق‌العاده بالا، LiVaR در الگوهای معاملاتی پرداختند. در مطالعه آن‌ها گنجایش اطلاعاتی توالی فعالیت‌های تجاری از طریق مدل‌سازی دوره‌های میان دو معامله متوالی بررسی گردید. از این رو، محدود شدن به افق‌های زمانی یک یا ۵ دقیقه‌ای، یکی از ویژگی‌های این مطالعه است که امکان محاسبه مقیاس LiVaR را در تمامی افق‌های زمانی مدل مربوطه میسر می‌سازد. مؤلفین دریافتند که بی‌توجهی به تأثیر دوره‌ها، یک ریسک مهم و بررسی نشده است. آن‌ها بر این عقیده بودند که به LiVaR همانند سایر مقیاس‌های VaR در زمینه نقدینگی برنامه‌ریزی شده، چندان توجهی نشده و صرفاً به اطلاعات قیمت‌های معاملاتی آن اشاره گردیده است.

در ایران نیز برخی تحقیقات مشابه در این زمینه انجام پذیرفته است. زمردیان (۱۳۹۴) توان تبیین مدل‌های ناپارامتریک و مدل‌های شبکه عصبی در سنجش میزان ارزش در معرض خطر پرتفوی شرکت‌های

در این تحقیق، یک مقیاس جدید ریسک با توالی یا تکرار بالا؛ یعنی ارزش روزانه نقدینگی در ریسک (LiVaR) ارائه می‌گردد که به هر دو مؤلفه ریسک بازار و ریسک نقدینگی برنامه‌ریزی شده یک موقعیت اختصاص دارد. به عبارت دیگر، نقدینگی برنامه‌ریزی شده برای یک انداز ترتیبی مشخص، قبل از اجرای معامله محاسبه می‌گردد. تفاوت میان نقدینگی برنامه‌ریزی شده و نقدینگی سنتی (واقعی)، نوعی از نقدینگی است که پس از اجرای معامله سازماندهی می‌شود. نقدینگی برنامه‌ریزی شده، در واقع یک نقدینگی رو به جلو^۱ است که به ابعاد مهم و اجرایی تجار و سایر شرکت‌کنندگانی که غیرمستقیم در نهادهای فعال نظیر سازمان‌های مالی و قوانین بازار شرکت دارند، اشاره می‌کند. مهم‌تر اینکه مقیاس نقدینگی برنامه‌ریزی شده در مقایسه با مقیاس نقدینگی واقعی رابطه بیشتری را با تعریف اولیه دارایی نقد نشان می‌دهد. اساساً تشریح امنیت نقدینگی، اشاره به توانایی تبدیل یک کمیت مطلوب یک دارایی مالی به وجه نقد دارد (با توجه به تأثیر آن بر قیمت بازار) (دمستر^۲، ۱۹۶۸؛ بلاک^۳، ۱۹۷۱؛ کایل^۴، ۱۹۸۵؛ گلاستن و هاریس^۵، ۱۹۸۸). این تعریف به طور ضمنی ۴ جنبه‌ی حجم (مقدار قابل توجه)، تأثیر قیمت (خطای قیمت عرضه شده توسط بازار)، زمان (سرعت تکمیل معامله) و قابلیت ارتجاعی (سرعت) را تحت پوشش قرار می‌دهد. مقیاس نقدینگی برنامه‌ریزی شده مشتق شده از LOB نامحدود است که اطلاعات بیشتری را در خصوص حجم، تأثیر قیمت و انعطاف‌پذیری عرضه می‌کند. در یک سیستم تجاری خودکار، سرعت تکمیل معاملات، با توجه به موقعیت و ظرفیت نرم‌افزارها و ماشین‌آلات متفاوت است. بر پایه تحقیقات رایلی و براون (۲۰۰۳) استراتژی‌های مدیریت ریسک را می‌توان در دو مقوله استراتژی‌های انفعالی و استراتژی‌های فعال جای داد (رهنمای رودپشتی، ۱۳۹۰، ص ۲۱۱). یکی از دلایل اهمیت انجام این تحقیق این است که ریسک بازار در اثر نوسانات قیمت دارایی‌ها در

مطلوبیت فرد سرمایه گذار که یک موضوع رفتاری می باشد، میزان عایدات آن تصمیم را با میزان خطرات آن در یک ترازو نسبتاً دقیق سنجش نمائیم، تا فرد مورد نظر بتواند انتخاب درست داشته باشد. به منظور محاسبه دقیق بازده و به ویژه ریسک سرمایه گذاری ها، مدل های متفاوتی برای پیش بینی ریسک پا به عرصه وجود گذاشته اند تا میزان ریسک را با توجه به نیاز مدل و چگونگی پراکندگی داده ها محاسبه نمایند. در این پژوهش ما میزان ریسک ارزش در معرض خطر پرتفوی بیست و یک شرکت سرمایه گذاری را از طریق دو روش پارامتریک (اقتصادسنجی) و ناپارامتریک (مونت کارلو) مورد بحث قرار می دهیم و آنگاه از طریق آزمون لویز مطلوب ترین روش را معرفی می نمائیم.

عسگری و دیگران (۱۳۹۴) معاملات پربسامد و تأثیر آن بر نقدشوندگی در بورس اوراق بهادار تهران را مورد بررسی قرار دادند. یکی از کارکردهای مهم بورس افزایش قابلیت نقدشوندگی سهام است. اگر بازار سهام بازاری نقد و روان نباشد، انگیزه ای برای جذب سرمایه گذاری ایجاد نخواهد کرد، از طرف دیگر بازار سهام به شدت تحت تأثیر توسعه فناوری های پیشرفت رایانه ای قرار گرفته که باعث شده حجم معاملات به صورت آنلاین (برخط) انجام پذیرد. پژوهش حاضر به تحلیل معاملات صورت گرفته در بورس اوراق بهادار تهران از منظر معاملات پربسامد می پردازد و تأثیر این گونه معاملات را بر نقد شوندگی بازار بررسی میکند.

۳- روش شناسی پژوهش

در مدل سازی tick-by-tick، سه فرآیند احتمالی؛ یعنی دوره تا تغییرات در بازده بدون اصطکاک و تغییرات در بازده واقعی مدنظر قرار گرفته می شود. مطالعه فعلی گویای این فرض است که تکامل دوره، متغیری بیرونی است که بر ناپایداری یا تغییرات بازده واقعی و بدون اصطکاک اثر می گذارد. توزیع مشترک دوره، تغییر بازده بدون اصطکاک، تغییر بازده واقعی بر مبنای توزیع دوره ای حاشیه ای و توزیع مشترک

سرمایه گذاری جهت تعیین پرتفوی بهینه در بازار سرمایه ایران، مقایسه نمود. ریسک جز جدا نشدنی زندگی انسان ها در همه ادوار تاریخی می باشد، بنابراین توجه به آن نیز در همه زمان ها و مکان ها با شدت و ضعف وجود داشته است. ارزیابی ریسک در زمان های مختلف به اشکال گوناگونی توجه انسان ها را به خود جلب نموده است. اما در دنیای امروز که دارای پیچیدگی های زیادی است شناخت، اندازه گیری و محاسبه آن بسیار سخت شده است. این پیچیدگی در شناخت، اندازه گیری و محاسبه بویژه در بازارهای مالی دو چندان گشته است. بنابراین روش های متفاوتی برای این ارزیابی ایجاد شده اند که از راه حل های ساده شروع شده و به مدل های سخت ختم می شود. از آن جایی که محور توسعه در هر کشوری سرمایه گذاری می باشد و تا این عمل تحقق پیدا نکند، توسعه اتفاق نمی افتد بنابراین سرمایه گذار برای انجام سرمایه گذاری نیاز به دو آیتم دارد و به آنها توجه ویژه ای خواهد داشت یکی بازده و دیگری ریسک آن سرمایه گذاری می باشد. در محاسبه بازده دچار مشکل زیاد نمی شویم ولی آنچه ما را دچار مشکل می نماید، بحث چگونگی محاسبه ریسک است که یک متغیر کیفی است. بنابراین برای پاسخ گویی به سرمایه گذار روش های متفاوتی با توجه به نوع داده های تخمین زنده پارامترهای مدل های تبیین کننده ریسک طراحی و پا به عرصه وجود گذاشته اند. در میان این مدل ها دو گروه از مدل های ناپارامتریک و شبکه عصبی در این تحقیق مورد بررسی قرار می گیرند تا توان این دو گروه را در پیش بینی ارزش در معرض خطر پرتفوی ۲۱ شرکت سرمایه گذاری در بازار سرمایه ایران مورد سنجش قرار گیرد و مدل برتر معرفی شود. زمردیان (۱۳۹۴) توان تبیین مدل های پارامتریک (اقتصادسنجی) و ناپارامتریک (مونت کارلو) در سنجش میزان ارزش در معرض خطر پرتفوی شرکت های سرمایه گذاری جهت تعیین پرتفوی بهینه در بازار سرمایه ایران مقایسه نمود. برای هر تصمیم سرمایه گذاری در اقتصاد، ما نیاز داریم با توجه به تابع

جمع‌آوری، طبقه‌بندی و پردازش اولیه داده‌ها از نرم‌افزار Excel استفاده شده است. در این مرحله داده‌های مربوط به متغیرهای تحقیق که از اطلاعات مندرج در اسناد و مدارک استخراج گردیده، مستقیماً وارد اکسل شده است. پس از انجام طبقه‌بندی مناسب بر روی داده‌ها و انجام محاسبات و پردازش اولیه، اطلاعات خروجی با استفاده از نرم‌افزار 9 Eviews برای اجرای مدل و آزمون فرضیات مورد استفاده قرار گرفته است. با توجه به اینکه قبل از تخمین و اجرای مدل‌های رگرسیونی لازم است از وجود برخی شرایط در بین متغیرها اطمینان حاصل شود. بنابراین به منظور اطلاع از برخورداری داده‌های تحقیق از شرایط لازم، انجام تعدادی آزمون بر روی متغیرها ضروری می‌باشد. برای مثال، از مفروضات ابتدایی مدل‌های رگرسیونی و شرط استفاده از این مدل‌ها، نرمال بودن توزیع داده‌های مربوط به متغیرهای تحقیق است.

دوره زمانی این تحقیق ده ساله و بین سال‌های ۱۳۸۴ الی ۱۳۹۳ می‌باشد. در این تحقیق شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران به عنوان جامعه و بعد از فرایند حذف سیستماتیک ۹۵ شرکت به عنوان نمونه تحقیق انتخاب شده که در مجموع تعداد ۹۳۵ سال-شرکت تعداد مشاهدات این تحقیق می‌باشد.

مدل خود رگرسیون برداری (VAR)

در این تحقیق از مدل خود رگرسیون برداری (VAR) برای تحلیل فرضیه‌ها استفاده می‌شود. مدل اتورگرسیو برداری یک مدل آماری است که وابستگی خطی میان چند سری زمانی را بیان می‌کند. مدل خود رگرسیون برداری تعمیم مدل اتورگرسیو است برای مدل‌سازی وابستگی میان بیش از یک سری زمانی. در مدل خود رگرسیون برداری، آینده یک سری زمانی با استفاده از گذشته خود و دیگر سری‌ها در چندین تاخیر زمانی تخمین زده می‌شود.

به بیان ریاضی، اگر فرض کنیم مقدار $X_i(t) \in \mathbb{R}$ مقدار i امین سری زمانی را در زمان t نشان می‌دهد و نماد

تغییرات مشروط تقسیم‌بندی می‌شوند. از سوی دیگر، توزیع مشترک سه متغیر به صورت زیر نمایش داده می‌شود:

$$f^{d,f,b}(dur_i, r_i^f, r_i^b | dur_{i-1}, r_{i-1}^f, r_{i-1}^b; \theta^f) \\ = f^d(dur_i | dur_{i-1}, r_{i-1}^f, r_{i-1}^b; \theta^d) \\ f^{f,b}(r_i^f, r_i^b | dur_i, dur_{i-1}, r_{i-1}^f, r_{i-1}^b; \theta^d, \theta^{f,b}),$$

در رابطه بالا $f^{d,f,b}$ ، توزیع مشترک مربوط به دوره، تغییر بازده بی‌اصطکاک و تغییر بازده واقعی است. $f^d(\cdot)$ ، تراکم نهایی دوره و $f^{f,d}(\cdot)$ تراکم یا فشرده‌گی مشترک مربوط به تغییرات بازده واقعی و بازده بدون اصطکاک است. در نتیجه، تابع لگاریتمی احتمالی برای هر یک از الگوهای توزیع مشترک به شرح زیر تعریف می‌شود:

$$L(\theta^d, \theta^{f,b}) \\ = \sum_{i=1}^n \log f^d(dur_i | dur_{i-1}, r_{i-1}^f, r_{i-1}^b; \theta^d) \\ + \log f^{f,b}(r_i^f, r_i^b | dur_i, dur_{i-1}, r_{i-1}^f, r_{i-1}^b; \theta^{f,b})$$

تغییرات بازده بی‌اصطکاک با توالی بالا و تغییرات بازده واقعی، اشاره به یک همبستگی فوق‌العاده ترتیبی دارد. به منظور جذب این اثر میکروساختاری، از تکنیک «جاسیاک» و «گیسلز»^۱ (۱۹۹۸) استفاده کرده و یک ساختار VARMA(p,q) را مورد تأیید قرار می‌دهیم:

$$R_i = (r_i^b, r_i^f)', E_i = (e_i^b, e_i^f)',$$

$$R_i = \sum_{m=1}^p \Phi_m R_{i-m} + E_i - \sum_{n=1}^q \Delta_n E_{i-n},$$

در این فرمول Φ_m و Δ_n به ترتیب ماتریس ضرایب مربوط به R_{i-m} و E_{i-n} هستند. همانگونه که «دوفور» و «پلتیر»^۲ (۲۰۱۱) خاطر نشان کردند، قادر به اجرای مستقیم معادله اصلی نیستیم (به دلیل وجود مسأله همانندی).

پژوهش حاضر از نظر هدف از نوع کاربردی می‌باشد. این پژوهش از نظر ماهیت و روش توصیفی، تحلیلی و از نوع همبستگی می‌باشد. در مرحله

از آنجا که در این تحقیق دو متغیر به صورت برداری مورد بررسی قرار می گیرد بنابراین میزان مقادیر دو می باشد. با توجه به سطح معناداری بدست آمده، متغیرهای تحقیق نرمال هستند. در نگاره ۱ فرایند نرمالیته چولسکی نشان داده شده است.

جدول ۲- نتایج آزمون نرمالیته چولسکی (لوتکه پل) در مقادیر برداری

مقادیر	چولگی	آماره کای-دو	معناداری
1	2.221689	358.6756	0.0000
2	0.890080	57.56963	0.0000
ارتباط مشترک بین اجزا		416.2452	0.0000
مقادیر	کشیدگی	آماره کای-دو	معناداری
1	12.21235	1541.758	0.0000
2	2.348399	7.713278	0.0000
ارتباط مشترک بین اجزا		1549.471	0.0000

برجسته $X_i(t) \in \mathbb{R}^{d \times 1}$ مقدار همه سری های زمانی را در زمان t نشان می دهد، مدل اتورگرسیو برداری وابستگی بین $x(t)$ را به صورت زیر مدل می کند:

$$x(t) = \sum_{\ell=1}^L A^{(\ell)} x(t-\ell) + \varepsilon(t)$$

که در آن ماتریس های $A^{(\ell)} \in \mathbb{R}^{d \times d}$ وابستگی خطی را در تاخیر زمانی d مدل می کنند و $\varepsilon(t)$ نویز سفید گاوسی است. تحلیل ساختاری مدل اتورگرسیو برداری به علیت به بیان گرانجر تعبیر می شود.

بررسی مانایی مدل

به منظور به کارگیری مدل خودرگرسیون برداری، ابتدا باید نسبت به شناسایی متغیرها و بررسی مانایی یا نامانایی متغیرهای اقدام نماییم. یکی از رایج ترین آزمون ها جهت مانایی یا نامانایی متغیرها، آزمون دیکی-فولر تعمیم یافته^{۱۱} است.

جدول ۱- نتایج آزمون مانایی در سطح متغیرها

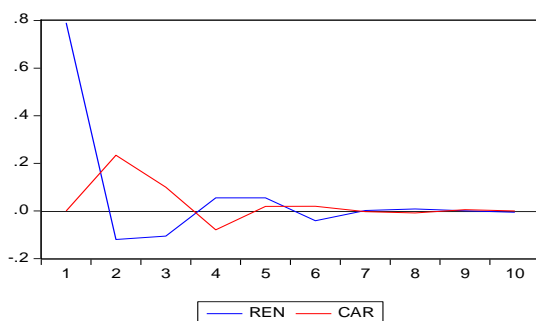
مقدار بحرانی	آماره ADF	متغیر
%۹۵		
۰/۰۰۰۰	۹/۳۰۶	REN

نتایج بدست آمده حاکی از مانا بودن مدل تحقیق در سطح معناداری ۹۵٪ می باشد.

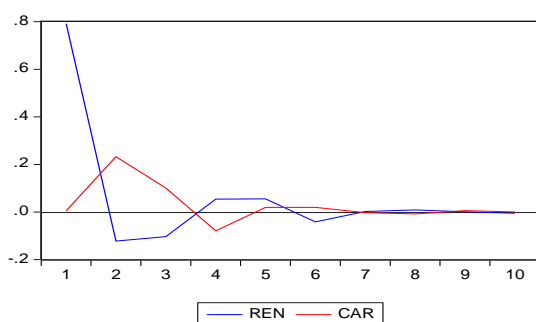
آزمون نرمالیته چولسکی (لوتکه پل) در مقادیر برداری

یکی از کاربردهای الگوی VAR که به وسیله سیمز و دیگران استفاده شد، بررسی واکنش متغیرهای الگو نسبت به شوک های به وجود آمده در هر یک از متغیرها است. همچنین آزمون نرمالیته چولسکی (لوتکه پل) مربوط به فرآیند متغیرهای تحقیق در شوک های مربوطه در دو شاخص آماری چولگی و کشیدگی در جدول ۲ نشان داده شده است.

Response of REN to Cholesky One S.D. Innovations



Response of CAR to Cholesky One S.D. Innovations



نمودار ۱ - فرایند نرمالیته چولسکی

تعیین تعداد وقفه های بهینه در مدل VAR

در یک مدل VAR تشخیص وقفه بهینه از اهمیت زیادی برخوردار است تا بتوان اطمینان حاصل کرد که جملات خطا فرضیات کلاسیک را دارا هستند. بدین منظور جهت تعیین وقفه بهینه، از معیارهای مختلفی همچون معیار شوارتز (SC)، آکائیک (AIC)، حنان کوئین (HQ) استفاده می شود. بر اساس محاسبات جدول زیر و بر پایه ی معیار آکائیک (AIC) تعداد وقفه بهینه یک است ($K=1$).

جدول ۳- تعیین وقفه ی بهینه برای الگوی VAR

وقفه	آکائیک (AIC)
۰	۱۸/۳۰۴
۱	۱۱/۴۱*
۲	۲۳/۹۰۲

با توجه به شاخص آکائیک (AIC) که کمترین مقدار در بین سه وقفه ۰ و ۱ و ۲ می باشد مقدار وقفه بهینه عدد ۱ می باشد. علامت ستاره بیانگر وقفه ی بهینه بر اساس معیار مورد نظر است.

آزمون علیت گرنجر / آزمون والد

انگل و گرنجر (۱۹۸۷) بیان کردند که اگر آزمون دیکی فولر را روی پسماندهای (باقیمانده های) مدل انجام دادیم و سری زمانی پسماندها مانا شد، این تأییدی بر هم انباشتگی است. اگرچه تحلیل های رگرسیون، وابستگی یک متغیر به متغیرهای دیگر را مورد بررسی قرار می دهد ولی به معنای وجود علیت یا به عبارت دیگر روابط علت و معلولی نمی باشد و اگر به بسیاری از معادلات برازش شده در دوره های پیشین نگاهی انداخته شود حاکی از وجود روابط ساختگی و کاذب می باشد و این موضوع در واقع به وجود رگرسیون کاذب که به علت پایا نبودن جمله پسماند دو سری بر روی دیگر ایجاد می شود، می باشد. برای بررسی رابطه علیت بین داده ها، از آزمون علیت گرنجر^{۱۳} استفاده می شود.

اساس کار آزمون علیت گرنجر که برای سری های زمانی طراحی شده است این است که آیا مقادیر با وقفه سری مذکور در توضیح دهی هر یک از سری ها نقش دارند یا ندارند. به عبارت دیگر هر دو حالت امکان پذیر است. در کلامی ساده کدامیک علت و معلول یکدیگر هستند، یا رابطه علیتی وجود ندارد و یا اینکه علیت دو طرفه می باشد. نتایج آزمون علیت گرنجر در جدول ۵ نشان داده شده است.

جدول ۴- نتایج آزمون علیت گرنجر برای الگوی VAR

CAR: متغیر وابسته		
REN	آماره کای - دو	معناداری
	۵۲,۱۷۴۵	۰,۰۰۰۰
REN: متغیر وابسته		
CAR	آماره کای - دو	معناداری
	۵۱,۹۵۷۳۸	۰,۰۰۰۰

همانطور که قبلاً نیز گفته شده نتایج آزمون علیت گرنجر نشان دهنده وجود یا عدم وجود رابطه علت و معلولی و یا به نوعی برداری بودن یا برداری نبودن متغیرهای تحقیق است. همانگونه که از جدول ۵ مشخص است هر یک از ۲ متغیر هر بار به عنوان متغیر وابسته در نظر گرفته شده و تاثیر متغیر دیگر نسبت به متغیر وابسته سنجیده شده است. از آنجا که احتمال آزمون کای- دو در حالت اجماع همه متغیرها در سطح معنی داری ۹۵٪ قرار دارد، از اینرو مشخص می شود که بین همه متغیرها رابطه علت و معلولی یا برداری برقرار است.

تخمین مدل VAR

نتایج مدل خودرگرسیون برداری

در جدول ۵ نتایج برازش مدل خود رگرسیون برداری ارائه شده است. با توجه به اینکه وقفه بهینه در این تحقیق یک وقفه می باشد لذا اثرات متغیرها در وقفه یک مورد بررسی قرار می گیرد.

جالب اینکه بازده بدون اصطکاک، به عنوان نسبت لگاریتمی بهترین قیمت تقاضا $b_i(1)$ در لحظه i و بهترین قیمت تقاضا $a_{i-1}(1)$ تعریف می‌شود. بازده بدون اصطکاک، یک بازده برنامه‌ریزی شده است که اشاره به بازده tick-by-tick مربوط به فروش یک واحد از سهام دارد.

$$R_i^F = \ln\left(\frac{b_i(1)}{a_{i-1}(1)}\right).$$

بازده واقعی به صورت نسبت لگاریتمی قیمت فروش برای حجم و بهترین قیمت اولیه تقاضا تعریف می‌شود.

$$R_i^B = \ln\left(\frac{b_i(v)}{a_{i-1}(1)}\right)$$

از این رو

$$b_i(v) = \frac{\sum_{k=1}^{K-1} b_{k,i} + b_{K,i} v_{K,i}}{v} \quad \text{و} \quad v_{K,i}$$

$$= v - \sum_{k=1}^{K-1} v_{k,i}$$

$b_{k,i}$ و $v_{k,i}$ به ترتیب سطح کُم قیمت تقاضا و حجم موجود هستند. $v_{k,i}$ مقدار منتقل شده در سطح $K-1$ است که به صورت کامل توسط v مورد استفاده قرار می‌گیرد. بررسی مقادیر و کمیت‌های موجود در LOB، هم‌راستا با سایر مقیاس‌های نقدینگی برنامه‌ریزی شده در متون میکروساختارهای بازار است (ایروین، بنستون و کاندل، ۲۰۰۰^{۱۴}؛ داموویتز، هانچ و وانگ^{۱۵}، ۲۰۰۵؛ کاپچانز، داموویتز و مادهاوان، ۲۰۰۴). فرآیند دوره‌ای، امکان تجمع داده‌های tick-by-tick را با هدف سازماندهی الگوهای پویایی بازده بی‌اصطکاک و بازده حقیقی در فواصل زمانی از پیش تعیین شده میسر می‌سازد. در عین حال، با بررسی ریسک در موعدهای زمانی مشخص همراه می‌باشد. از این رو، $IVaR^c$ و $LIVaR^c$ مربوط به تغییرات بازده بی‌اصطکاک و تغییرات بازده واقعی با سطح اطمینان $1 - \alpha$ برای فاصله از پیش مشخص شده int به شرح زیر می‌باشد:

در ستون اول متغیر REN است و ضریب آن نشان دهنده این است که وقفه اول REN بر خودش تاثیر مثبت داشته و افزایش این متغیر در وقفه اول منجر به افزایش دوباره آن می‌شود. ستون دوم این جدول متغیر CAR می‌باشد و نشان می‌دهد که وقفه اول منجر به کاهش خودش شده است. همچنین ضرایب تعیین تعدیل شده در هر یک از ستون‌های اول و دوم به ترتیب برابر مقادیر ۰,۱۴ و ۰,۱۴ می‌باشد.

جدول ۵- تخمین مدل‌های VAR

	REN	CAR
REN(-1)	-46.43527	-46.19827
	(6.49801)	(6.50778)
	[-7.14608]	[-7.09893]
REN(-2)	-41.11397	-41.23479
	(7.72675)	(7.73837)
	[-5.32099]	[-5.32862]
CAR(-1)	46.21491	45.97574
	(6.48482)	(6.49458)
	[7.12663]	[7.07910]
CAR(-2)	41.00301	41.12546
	(7.75744)	(7.76911)
	[5.28564]	[5.29346]
عدد ثابت	1.827841	1.816556
	(0.16359)	(0.16383)
	[11.1734]	[11.0878]
ضریب تعیین	0.142467	0.141633
ضریب تعیین تعدیل شده	0.134508	0.133667
F-آماره	17.90112	17.77904

۴- فرضیه پژوهش

در اینجا از طریق مدل‌سازی داده‌های tick-by-tick به بررسی تمامی اطلاعات شغلی موجود پرداخته می‌شود. ویژگی اول در مدل‌سازی داده‌های tick-by-tick، مربوط به دوره‌های میان دو معامله متوالی است که به صورت نامنظم فاصله‌بندی شده‌اند. بررسی دو فعالیت متوالی در بازه زمانی t_i و t_{i-1} و شرح $duri_i$ به عنوان یک دوره مشخص (از t_{i-1} به t_i) در مرحله بعدی کار مدنظر قرار گرفته می‌شود. بر مبنای این فرآیند مرحله‌ای، می‌توان به سازماندهی دو فرآیند بازده؛ یعنی بازده واقعی و بازده بی‌اصطکاک پرداخت.

برای MRK آشکار می‌سازد. کفایت مدل بر مبنای الگوهای استاندارد شده و مؤلفه‌های استاندارد مجذور ارزیابی می‌شود. با در نظر گرفتن MRK به عنوان یک نمونه، شاخص آماری «جانگ»-«باکس» مربوط به مؤلفه‌های استاندارد و تغییرات بازده واقعی و بدون اصطکاک به ترتیب با ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ محاسبه می‌شود که در سطح ۵ درصد معنادار نیست. شاخص آماری «جانگ»-«باکس» با lag ۱۵ به طور معناداری پس از مدل‌سازی به ۷,۷۲ کاهش می‌یابد. مجموع تغییرات بازده واقعی و بازده بدون اصطکاک tick-by-tick در یک فاصله زمانی مشخص به عنوان هزینه‌های انتظار مربوط به ریسک بازار و ریسک کل تلقی می‌شود که خود حاوی ریسک بازار و ریسک نقدینگی برنامه‌ریزی شده است. در نتیجه $IVaR^c$ و $LIVaR^c$ به ارزیابی ریسک ضرر و زیان مربوط به این هزینه‌های انتظار اختصاص دارد. بر مبنای داده‌های غیراحتمالی و شبیه‌سازی شده‌ی بخش قبلی که حاوی فاکتور احتمالی و عناصر تصادفی (عبارت خطا) است، می‌توان به بررسی دقیق‌تر اثر ریسک نقدینگی برنامه‌ریزی شده و گنجانده شده در LOB (بر اساس ریسک کل) پرداخت.

$$\Gamma_{int,v} = \frac{LIVaR_{int,v}^c - IVaR_{int}^c}{LIVaR_{int,v}^c}$$

$LOBIVaR_{int,v,t}^c$ به اندازه‌گیری ریسک مربوط به LOB شفاف می‌پردازد و $Dep_{int,v,t}^{F,LOB}$ بیانگر وابستگی میان تغییرات بازده بدون اصطکاک و تغییرات بازده حقیقی است که برای مقیاس‌های وابستگی دیگر نیز صدق می‌کند. با تمام این تفاسیر، در مدل‌سازی ویژه انجام شده در این تحقیق $Dep_{int,v,t}^{F,LOB}$ کوواریانس میان r_i^f و r_i^{LOB} است. از این رو، صورت کسر معادله اشاره به جمع $LOBIVaR_{int,v,t}^c$ و $Dep_{int,v,t}^{F,LOB}$ دارد. واقعیت این است که منحنی به لحاظ کلی وابسته به افزایش دوره‌های زمانی است (به دلیل افزایش همبستگی خودکار در تغییرات بازده LOB با گذشت زمان که خود با تغییر در شدت LOB همراه می‌باشد).

$$Pr(y_{int,t}^f < IVaR_{int,t}^c(\alpha) | I_t) = \alpha;$$

$$Pr(y_{int,t}^b < LIVaR_{int,v,t}^c(\alpha) | I_t) = \alpha,$$

I_t مجموعه اطلاعات با الگوی لحظه‌ای $1 - \tau(t)$ است. مشابه با تعریف سنتی VaR ، $IVaR_{int,t}^c(\alpha)$ و $LIVaR_{int,v,t}^c(\alpha)$ جزء چندک‌های آلفای مشروط برای $y_{int,t}^f$ و $y_{int,t}^b$ اند. از این رو، شرح $IVaR$ و $LIVaR$ به عنوان VaR مشروط به بازده واقعی و بازده بدون اصطکاک می‌پردازیم. تحت این شرایط:

$$IVaR_{int,t} = R_{\tau(t-1)}^F + IVaR_{int,t}^c,$$

$$LIVaR_{int,v,t} = R_{\tau(t-1)}^B + LIVaR_{int,v,t}^c,$$

از این رو، $R_{\tau(t-1)}^F$ و $R_{\tau(t-1)}^B$ جزء بازده‌های بی‌اصطکاک و بازده‌های حقیقی در بخش آغازین t هستند. در نتیجه $IVaR$ و $LIVaR$ به ارزیابی چندک‌های α برای بازده واقعی و بازده بی‌اصطکاک در انتهای فاصله زمانی t می‌پردازد.

فرضیه تحقیق: مدل خود رگرسیون برداری (VAR) توان آزمون ارزش در معرض خطر دوره ای (LiVaR) و مدیریت ریسک را دارد.

۵- یافته‌های پژوهش

تغییرات بازده واقعی و بدون اصطکاک هر سهام، همبستگی خودکار بالایی را در سطوح (در کنار ناپایداری) نشان می‌دهند. گذشته از این، شاخص آماری مذکور در خصوص تغییر بازده احتمالی و ناپایداری‌های مربوطه، هر گونه استقلال در سطح معناداری الگوهای سهام را رد می‌کند. با توجه به میزان کارایی مدل، تناسب هر چه بهتر داده‌ها، از طریق یک مدل VARMA(4,2) - MGARCH((1,3),(1,3)) و SAP برای VARMA(5,1)-MGARCH((1,3),(1,3)) جزئیات بیشتری را VARMA(2,2)-MGARCH((1,3),(1,3))

به طور مستقیم در روش‌های عملیاتی استفاده می‌شوند، اما در برخی از موقعیت‌ها، پیشگامان تمایل به پیش‌بینی میزان ضرر و زیان مربوط به بازده بدون اصطکاک یا بازده واقعی (به جای تغییر بازده واقعی و بدون اصطکاک در یک موعد زمانی مشخص) دارند.

افزون بر این، تفاوت میان منحنی‌های نمودار که با ریسک مربوط به نقدینگی برنامه‌ریزی شده اندازه‌گیری می‌شود، با گذشت زمان تغییر می‌یابد. این امر به دلیل تعامل LOB با فعالیت‌های تجاری و تغییر آن در طول روزهای تجاری به وقوع می‌پیوندد. تفاوت‌های کوچک‌تر (بزرگ) نشان‌دهنده‌ی LOB جزئی‌تر (جامع‌تر) هستند. برای سهام با حداقل نقدینگی، ریسک نقدینگی برنامه‌ریزی شده حتی در مقادیر نسبتاً کوچک‌تر از ۱۸۰۰ سهم نیز قابل توجه و اثرگذار است. در خصوص سهام با نقدینگی بیشتر هزینه‌های ریسک نقدینگی برنامه‌ریزی شده برای مقادیر نسبتاً بزرگ (نظیر ۴۰۰۰ سهم) محدودتر می‌باشد. این بدان معنی است که ریسک نقدینگی برنامه‌ریزی شده در صورت بزرگ بودن میزان نقدینگی (واریز و پرداخت)، کاهش این ماهیت را در سهام نشان می‌دهند. برای هر سهم، باید به بررسی سایر سفارشات از میانگین تا چندک نود و نهم حجم معاملات پرداخت. نسبت ریسک نقدینگی با افزایش حجم هر نوع سهام افزایش می‌یابد. این به معنی اثربخشی LOB در فراهم‌سازی نقدینگی معاملات نسبتاً کوچک است. LiVaR و IVaR پیشنهادی بر اساس backtesting تعیین اعتبار می‌شود که خود امکان تحلیل نقدینگی برنامه‌ریزی شده و مقایسه ۲ مقیاس را با سایر مقیاس‌های ریسک با تکرار بالا مهیا می‌سازد. LiVaR استاندارد پیشنهاد شده توسط «دیون»، «داچن» و «پاکورار» (۲۰۰۹) بر مبنای شباهت قیمت معامله با قیمت نهایی آن در محاسبات VaR روزانه استوار است.

تفاوت حایز اهمیت دیگر، این است که قبل از دستیابی به LiVaR باید به محاسبه $LIVaR^c$ مربوط به تغییر بازده حقیقی پرداخت که خود اشاره به میزان

مشاهده تأثیر ضرایب نقدینگی برنامه‌ریزی شده، ارقامی منفی را در حجم ۱۰۰۰ سهم نمایان می‌سازد. زمانی که حجم به ۲۰۰۰، ۳۰۰۰ و ۴۰۰۰ برسد، این ضریب مثبت می‌شود. تأثیر منفی ضریب نقدینگی برنامه‌ریزی شده، نشان می‌دهد که تغییرپذیری مربوط به تغییرات بازده واقعی کمتر از تغییرات بازده بدون اصطکاک است. به عبارت دیگر، ریسک نقدینگی برنامه‌ریزی شده و گنجانده شده در LOB، تعدیل‌کننده‌ی اثرات ریسک بازار است. این امر دال بر ثبات سطوح LOB در مقایسه با سطح اولیه است. بر مبنای معادله بالا در صورت کوچک بودن حجم، رابطه منفی میان تغییر بازده بدون اصطکاک و تغییر بازده LOB نقش مهمی در تشخیص نشانه‌های تأثیر، ریسک تغییر بازده LOB افزایش خواهد یافت و این فرایند سرعت بیشتری را به نسبت تغییر بازده بدون اصطکاک نشان می‌دهد. در نتیجه، تأثیر ضرایب نقدینگی برنامه‌ریزی شده، تأثیری مثبت است.

بر مبنای شبیه‌سازی tick-by-tick می‌توان به محاسبه LiVaR و IVaR با توالی بالا در خصوص بازده واقعی و بدون اصطکاک پرداخت. با استفاده از IVaR و LiVaR یک سهام، قادر به تعریف مجدد یک هزینه ریسک نقدینگی نسبی به شرح زیر هستیم:

$$\Lambda_{int,v,t} = \frac{LIVaR_{int,v,t} - IVaR_{int,t}}{LIVaR_{int,v,t}}$$

مشابه نسبت نقدینگی پیشنهاد شده توسط «گیوت» و «گرامیگ» (۲۰۰۶)، $IVaR_{int,t}$ و $LIVaR_{int,v,t}$ جزء مقیاس‌های VaR مربوط به بازده واقعی و بازده بدون اصطکاک در انتهای فاصله زمانی t -th هستند و int فاصله از پیش تعیین شده نظیر ۵ و ۱۰ دقیقه است. بر خلاف تغییرات بازده بدون اصطکاک و تغییرات بازده واقعی، بازده بدون اصطکاک و بازده واقعی تعریف شده از ویژگی جمع‌پذیری زمانی برخوردار نیست. هرچند VaR بر مبنای تغییر بازده بدون اصطکاک و تغییرات بازده حقیقی استوار بوده و

معامله متولی در هر سهام، موضوعی بس چالش‌انگیز تلقی می‌شود. مسیر دیگر، سنجش نقش نقدینگی پیش‌بینی شده در مراحل مختلف است. مطالعه ما بر هزینه ریسک نقدینگی در یک دوره نسبتاً ثابت تکیه دارد. نکته جالب در اینجا، بررسی رفتار ریسک نقدینگی در مسیرهای کاملاً احتمالی است. مطالعه حاضر در راستای عرضه روش‌های مختلف و نتایج مطلوب به یک مدل اقتصادسنجی پیچیده‌تر نیاز دارد.

فهرست منابع

- * راعی، رضا؛ خواجه حق وردی، سروش و اسماعیلی، محمدرضا (۱۳۹۴). محاسبه ارزش در معرض خطر سید سرمایه‌گذاری سکه و شاخص بورس؛ مقایسه دو روش گارچ و گارچ چند متغیره. مجله مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار - ۱۳۹۴ - دوره ۶ - شماره ۲۵ - صفحه ۶۳-۸۰.
- * رهنمای رودپشتی، فریدون و صالحی، اله کرم (۱۳۹۰). مکاتب و تئوری‌های مالی و حسابداری. انتشارات حوزه معاونت پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی. چاپ دوم.
- * زمردیان، غلامرضا (۱۳۹۴). مقایسه توان تبیین مدل‌های ناپارامتریک و مدل‌های شبکه عصبی در سنجش میزان ارزش در معرض خطر پرتفوی شرکت‌های سرمایه‌گذاری جهت تعیین پرتفوی بهینه در بازار سرمایه ایران. مجله مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار دوره ۶، شماره ۲۴، پاییز ۱۳۹۴، صفحه ۷۳-۹۰.
- * زمردیان، غلامرضا (۱۳۹۴). مقایسه‌ی توان تبیین مدل‌های پارامتریک (اقتصادسنجی) و ناپارامتریک (مونت کارلو) در سنجش میزان ارزش در معرض خطر پرتفوی شرکت‌های سرمایه‌گذاری جهت تعیین پرتفوی بهینه در بازار سرمایه ایران. مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار «بهار ۱۳۹۴ - شماره ۲۲».

ضرر و زیان برجای مانده از هزینه‌های انتظار در بازه زمانی از پیش تعیین شده دارد. LIVaR حاصله، دربردارنده‌ی یک مقیاس ریسک برای بازده واقعی در یک موعده زمانی مشخص است. این در حالی است که IVaR استاندارد بر پایه بازده لگاریتمی tick-by-tick استوار است و یک ویژگی افزایش زمانی را نشان می‌دهد. از این رو، می‌توان چنین استنباط کرد که IVaR استاندارد، دربردارنده‌ی یک مقیاس ریسک در خصوص قیمت (با یک بازه زمانی مشخص) است.

۶- نتیجه‌گیری و بحث

دوره‌ها بر ناپایداری هر دو نوع بازده بدون اصطکاک و بازده واقعی اثر می‌گذارد (با تأثیر بیشتر بر روی بازده واقعی در مقایسه با بازده بدون اصطکاک). از این رو، نباید نادیده گرفته شوند. LIVaR دربردارنده‌ی یک مقیاس معتبر ریسک افق‌های زمانی کوتاه است. افزون بر این، داده‌های شبیه‌سازی شده از مدل به آسانی به داده‌های زمانی تبدیل می‌شوند. در مدل مذکور، ریسک نقدینگی، ۳۵٪ ریسک کل را با توجه به سائز سفارشات به خود اختصاص می‌دهد. با استفاده از دوره‌های نمونه جایگزین، نتایج مشابهی به دست آمد. در یک محیط شبیه‌سازی شده، هزینه ریسک نقدینگی در صورت تغییرپذیری بیشتر LOB و یا در طول وقوع یک رویداد مغایر افزایش می‌یابد. تحت این شرایط، تاجران ملزم به تصریح و به‌روز کردن استراتژی‌های شغلی خود در یک روز کاری هستند. از سوی دیگر، قانون‌گذاران و مجریان بازار به دنبال مسیریابی تکامل نقدینگی بازار هم‌راستا با دلان و سایر کارگزاران می‌باشند. نتایج این تحقیق با تحقیق دیون و دیگران (۲۰۱۵) قابل مقایسه است و نتایج مشابهی به دست آمده است.

تحقیقات آینده باید دربردارنده‌ی چندین مسیر احتمالی باشد. مطالعه‌ی ما متمرکز بر ریسک نقدینگی برنامه‌ریزی شده سهام می‌باشد. یک راه‌حل احتمالی، بررسی نحوه تکامل LIVaR و LIVaR در نمونه پرتفوی است. فقدان همگام‌سازی دوره‌های میان دو

یادداشت‌ها

1. Forward-Looking
2. Demsetz
3. Black
4. Kyle
5. Gliesten & Harris
6. Backfilling
7. Duchesne & Pacurar
8. Ghysels & Jasiak
9. Dufour & Pelletier
10. Vector Auto Regression
11. Adjustment Dickey-Fuller
12. Cholesky (Lutkepohl)
13. Granger Causality
14. Irvine, Benston & Kandel
15. Hansch & Wang
16. Coppejans, domowitz & Madhavan

* عسگری، مونا، رهنمای رودپشتی، فریدون و عبدالوند، محمد علی (۱۳۹۴). مجله دانش مالی اوراق بهادار. دوره ۸، شماره ۲۸، زمستان ۱۳۹۴، صفحه ۱-۲۶.

- * Angelidis, T., Benos, A., 2006. Liquidity adjusted value-at-risk based on the components of the bid-ask spread. *Applied Financial Economics* 16, 835.
- * Bacidore, J., Ross, K., Sofianos, G., 2003. Quantifying market order execution quality at the New York stock exchange. *Journal of Financial Markets* 6, 281-307
- * Bangia, A., Diebold, F.X., Schuermann, T., Stroughair, J.D., 1999. Modeling Liquidity Risk with Implications for Traditional Market Risk Measurement and Management. The Wharton Financial Institutions Center WP 90-06.
- * Battalio, R., Hatch, B., Jennings, R., 2003. All else equal? A multidimensional analysis of retail, market order execution quality. *Journal of Financial Markets* 6, 143-162
- * Black, F., 1971. Toward a fully automated stock exchange. *Financial Analysts Journal* 27, 28-44.
- * Demsetz, H., 1968. The cost of transacting. *Quarterly Journal of Economics* 82, 33-53.
- * Dionne, G., Duchesne, P., Pacurar, M., 2009. Intraday Value at Risk (IVaR) using tick-by-tick data with application to the Toronto Stock Exchange. *Journal of Empirical Finance* 16, 777-792.
- * Giot, P., Grammig, J., 2006. How large is liquidity risk in an automated auction market? *Empirical Economics* 30, 867-887.
- * Glosten, L.R., Harris, L.E., 1988. Estimating the Components of the Bid/Ask Spread. *Journal of Financial Economics* 21, 123-142.
- * Goyenko, R.Y., Holden, C.W., Trzcinka, C.A., 2009. Do liquidity measures measure liquidity? *Journal of Financial Economics* 92, 153-18.
- * Kyle, A.S., 1985. Continuous Auctions and Insider Trading. *Econometrica* 53, 1315-1335.
- * Weib, G.N.F., Supper, H., 2013. Forecasting liquidity-adjusted intraday Value-at-Risk with vine copulas. *Journal of Banking & Finance* 37, 3334-3350