فصلنامه علمی پژوهشی دانش سرمایه‌گذاری
دوره ۱۴ / شماره ۳ (پیاپی ۵۵) / پائیز ۱۴۰۴
صفحه ۱۱۹ تا ۱۵۸

بررسی تاثیر عدم تعادل در سفارشات معاملات الگوریتمی بر نرخ بازده غیرعادی سهام در بازارهای متلاطم

سهیلا عسکری حسن آبادی
دانشجوی دکتری گروه حسابداری، واحد بندرعباس، دانشگاه آزاد اسلامی، بندرعباس، ایران
soheila.askari87@gmail.com

سعید مرادپور
استادیار گروه حسابداری و مدیریت مالی، واحد بندرعباس، دانشگاه آزاد اسلامی، بندرعباس، ایران (نویسنده مسئول)
Saeed.moradpour@gmail.com

محمدحسین رنجبر
دانشیار گروه حسابداری و مدیریت مالی، واحد بندرعباس، دانشگاه آزاد اسلامی، بندرعباس، ایران
Mhranjbar54@gmail.com

علی امیری
استادیار گروه حسابداری، واحد بندرعباس، دانشگاه آزاد اسلامی، بندرعباس، ایران
amiri.study@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۱/۲۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۴/۱۲

چکیده

تحولات تکنولوژیکی در دهه اخیر باعث شده استفاده از الگوریتم‌های رایانه‌ای به طور قابل توجه‌ای توسط سرمایه‌گذاران افزایش پیدا کند. در پرتو رویدادهای شدید بازار مانند «سقوط ناگهانی»، پژوهشگران، بازارسازان و متخصصان امور مالی علاقه‌مند هستند تا نقش معاملات الگوریتمی در بازارهای متلاطم را درک کنند؛ از اینرو هدف اصلی این پژوهش، بررسی تاثیر عدم تعادل در سفارشات معاملات الگوریتمی بر نرخ بازده غیرعادی سهام در بازارهای متلاطم است. روزهای متلاطم در بازار در این پژوهش زمانی تعریف می‌شوند که مقادیر قدرمطلق بازده‌های بازار بزرگتر از ۲ درصد هستند. بدین منظور، نمونه‌ای متشکل از ۲۷۶ شرکت پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران طی سال ۱۳۹۸ با استفاده از رگرسیون پانل و لجستیک بررسی شده است. نتایج پژوهش نشان داد در روزهای صعودی بازار، سهام‌هایی که تقاضای معاملات الگوریتمی بیشتری دارند، دارای بازده غیرعادی سهام کمتری هستند و از نوسانات قیمت کمتری برخوردار هستند. نتایج در مورد روزهای نزولی بازار نشان داد سهام‌هایی که بیشتر توسط معاملات الگوریتمی معامله می‌شوند، نوسانات نزولی بیشتری را در روزهای نزولی بازار از خود نشان می‌دهند. همچنین نتایج نشان داد خالص عدم‌تعادل در سفارشات عرضه و تقاضای نقدینگی معاملات الگوریتمی در مقایسه با خالص عدم تعادل سفارشات معاملات غیرالگوریتمی فشار قیمتی کمتری دارد. این یافته‌ها حاکی از آن است که تاثیر معاملات الگوریتمی بر بازده سهام احتمالاً به دلیل اعمال فشار قیمت کمتر توسط معاملات الگوریتمی است. علاوه بر این، با ساخت معیارهای قیمت میانگین حجمی وزنی روزانه و مقایسه معاملات الگوریتمی و غیرالگوریتمی بر اساس معیارهای قیمت میانگین حجمی وزنی نتایج پژوهش نشان داد معاملات الگوریتمی از استراتژی‌های ردیابی قیمت میانگین حجمی وزنی و ضد روند پیروی می‌کند.

واژه‌های کلیدی: معاملات الگوریتمی، بازارهای متلاطم، بازده غیرعادی سهام.

۱- مقدمه

معاملات الگوریتمی به معنای اجرای ابزارهای مالی به صورت کامپیوتری است. این الگوریتم‌ها معاملات سهام، اوراق قرضه، ارز و حجم وسیعی از اوراق قرضه را شامل می‌شوند. همچنین زیربنای اهداف سرمایه‌گذاری و معاملات را تشکیل می‌دهند. عصر جدید این امکان را به سرمایه‌گذاران می‌دهد که معاملات را به صورت کارآمدتر و با هزینه‌های معاملاتی کمتر انجام دهند که در نتیجه باعث بهبود عملکرد پرتفوی‌ها می‌شود (سید حسینی و احمدی، ۱۳۹۳). به‌کارگیری الگوریتم‌های رایانه‌ای که سفارش‌های خودکار را ایجاد می‌کنند، هزینه معاملات را به میزان قابل توجهی برای سرمایه‌گذاران کاهش داده است؛ از اینرو استقبال از انجام معاملات الگوریتمی روبه افزایش است و این معاملات سهم قابل توجهی از بازارهای مالی بین‌المللی را در سال‌های اخیر به خود اختصاص داده است (جمشیدی ویسمه، ۱۳۹۶). با در نظر گرفتن توسعه فناوری و افزایش استفاده از الگوریتم‌های کامپیوتری توسط سرمایه‌گذاران در سهام، سوالی که به وجود می‌آید این است که معاملات الگوریتمی چه تاثیری بر نوسانات قیمت سهام دارد. در همین راستا، پژوهش‌های متعددی (مانند هندرشات، جونز و منکولد [۱]، ۲۰۱۱؛ هاسبروک و سار[۲]، ۲۰۱۳؛ اگراوال و توماس[۳]، ۲۰۱۷) تلاش کردند تا به صورت تجربی تاثیر معاملات الگوریتمی بر نوسانات قیمت سهام را بررسی کنند. پژوهش‌های انجام شده اغلب بیان می‌کنند معاملات الگوریتمی به کیفیت بازار و شکل‌گیری قیمت کمک می‌کنند و اثرات مثبتی بر نقدشوندگی و نوسان‌های قیمتی کوتاه مدت دارند. با این وجود، اگر چه پژوهش‌های پیشین به بررسی رابطه بین معاملات الگوریتمی و نوسانات قیمت اشاره می‌کنند (به عنوان مثال هندرشات و ریوردان[۴]، ۲۰۱۳؛ چبود، چیکوئین، هجالمارسون و وگا[۵]، ۲۰۱۴)؛ ولی در این مطالعات به نوسانات شدید و بلندمدت بازار توجه نشده است و بر تاثیرات بسیار کوتاه مدت در محدوده میلی‌ثانیه تا دقیقه تمرکز شده است. به عنوان مثال هاندرشات و همکاران (۲۰۱۱) نشان دادند که معاملات الگوریتمی می‌تواند موجب کاهش تاثیر قیمت معاملات در ۵ تا ۳۰ دقیقه آتی شود. هاربروک و سار (۲۰۱۳) چارچوبی را برای شناسایی معاملات پربسامد[۶] (HFT) پیشنهاد و تاثیرات روزانه آن را ارزیابی کردند. بروگارد، هندرشات و ریوردان[۷] (۲۰۱۴) تاثیر معاملات پربسامد بر اطلاعات منتشر شده در بازار را به صورت ثانیه به ثانیه بررسی کردند و تاثیر معاملات پربسامد را در ۲۰ امین ثانیه بعد از اعلامیه‌های عمومی گزارش کردند. این در حالی است که بر مبنای ادبیات معامله‌گران الگوریتمی به عنوان یک پیام رسان عمل می‌کنند و می‌توانند منجر به تغییرات قیمت بین مشتقات مالی، شاخص‌ها و قیمت‌های مرتبط به سهام در بلندمدت شوند (چبود و همکاران، ۲۰۱۴)؛ لذا معاملات الگوریتمی می‌تواند در شرایط کاهش (افزایش) شدید شاخص‌های بازار، موجب اعمال فشار قیمتی بر تک تک سهام شود و بدین ترتیب معاملات الگوریتمی می‌توانند موجب فشار و تاثیر قیمتی بلندمدت بر معاملات شوند و قیمت‌گذاری را تحت تاثیر

---

[1]- Hendershott, Jones and Menkveld
[2]- Hasbrouck and Saar
[3]- Aggarwal and Thomas
[4]- Hendershott and Riordan
[5]- Chaboud, Chiquoine, Hjalmarsson, and Vega
[۶]- زیر مجموعه ای از معاملات الگوریتمی است که اغلب بر اساس تاکید بر سرعت معاملاتی از معاملات الگوریتمی متمایز می شود.
[7]- Brogaard, Hendershott and Riordan

قرار دهند (هاندرشات، جونز و منکولد، ۲۰۱۱)؛ لذا سوالی که مطرح می‌شود این است که آیا وقتی بازار با روند نزولی (صعودی) شدید و بلندمدت روبرو است، معاملات الگوریتمی سبب کاهش بیشتر (کمتر) قیمت یک سهم می‌شوند؟ از اینرو در این پژوهش تعداد سهام‌ها شرکت‌ها در قالب دو گروه روزهای رویداد (روزهایی که مقادیر قدرمطلق بازده‌های بازار بزرگتر از ۲ درصد هستند) و غیررویداد و سپس روزهای رویداد نیز به دو گروه روزهای صعودی و نزولی تقسیم شده است تا تاثیر معاملات الگوریتمی بر نرخ بازده غیرعادی و نوسانات قیمت سهام در شرایطی که کل بازار جریان سریع و غیرعادی یا افت‌هایی را تجربه می‌کند، بررسی شود. از سوی دیگر، بر مبنای ادبیات نظری یک دلیل احتمالی برای رابطه بین معاملات الگوریتمی و نوسانات قیمت سهام این است که سفارشات حاصل از معاملات الگوریتمی، فشار قیمتی کمتری در مقایسه با سفارشات معاملات غیرالگوریتمی اعمال می‌کنند؛ لذا قیمت سهام در دوره‌های با شدت معاملات الگوریتمی بالا نسبت به معاملات غیرالگوریتمی، نوسانات کمتری خواهد داشت. در همین راستا، در این پژوهش برای بررسی این موضوع از دو معیار فعالیت معاملاتی برای ارزیابی اثرات قیمت دفع شده توسط معاملات الگوریتمی و غیرالگوریتمی استفاده می‌شود. اول، همانند کوردیا و سوبراهمانیام (۲۰۰۴) بازده تعدیل شده بازار به عنوان تابعی از عدم تعادل سفارش معاملات الگوریتمی و غیرالگوریتمی مدل سازی شده است و دوم، مشابه بروگارد و همکاران. (۲۰۱۸) فعالیت خالص تقاضا و عرضه نقدینگی معاملات الگوریتمی را به عنوان تفاوت بین عدم تعادل سفارش تقاضای نقدینگی و عدم تعادل سفارش عرضه نقدینگی اندازه‌گیری می‌شود تا اثرات عدم تعادل سفارشات معاملات الگوریتمی و معاملات غیرالگوریتمی بر نرخ بازده سهام بررسی شود. از سوی دیگر، پژوهش‌های پیشین مانند هندرشات (۲۰۱۱) بیان می‌کنند معامله‌گران الگوریتمی الگوریتم‌های اجرایی را استفاده می‌کنند که هزینه‌های اجرا معاملات را کاهش دهد. ایده اصلی الگوریتم‌های اجرای معاملات این است که بر اساس نقدینگی موجود، یک سفارش بزرگتر به تعدادی از سفارشات کوچکتر تقسیم شود تا هزینه‌های اجرا معاملات کاهش یابد (ژو و همکاران، ۲۰۲۰). متداول‌ترین الگوریتم‌های اجرای معاملات عبارتند از: میانگین قیمت زمان وزنی (TWAP)، قیمت میانگین حجمی وزنی (VWAP) و درصد ارزش (POV) هستند. میانگین قیمت حجمی وزنی (VWAP) یک الگوریتم اجرای معاملات است. استراتژی قیمت میانگین حجمی وزنی میانگین وزنی قیمت هر معامله در یک افق زمانی خاص (معمولا یک روز) به حجم هر معامله است؛ لذا می‌توان قیمت اجرایی هر معامله را با آن مقایسه کرد تا عملکرد اجرای معامله را ارزیابی کرد. با دنبال کردن استراتژی قیمت میانگین حجمی وزنی، وقتی رابطه نسبی بین معیار قیمت میانگین حجمی وزنی و قیمت سهام مطلوب باشد، معامله‌گران الگوریتمی با احتمال بیشتری معامله خواهند کرد. موقعیت مطلوب، موقعیتی است که در آن قیمت نسبت به معیار قیمت میانگین حجمی وزنی برای موقعیت خرید (فروش) رو به پایین (رو به بالا) حرکت می‌کند. استراتژی اجرای معاملات الگوریتمی ممکن است از نظر طراحی متفاوت باشد؛ لذا در موج اولیه کاهش گسترده بازار، قیمت سهام ممکن است به صورت نامطلوب نسبت به معیار قیمت میانگین حجمی وزنی به سمت پایین منحرف شوند و معامله‌گران انسانی با احتمال بیشتری سهام‌های در دسترس را می‌فروشند. بعد از موج اولیه، میانگین قیمت حجمی وزنی با قیمت‌هایی که بیشتر معامله‌گران اجرا می‌کنند، یکسان می‌شود و معامله‌گران الگوریتمی با احتمال بیشتری براساس این حرکات مطلوب میانگین قیمت حجمی

وزنی معامله می‌کنند؛ لذا معامله‌گران الگوریتمی با احتمال کمتری همسو با معامله‌گران انسانی حرکت کنند. در این پژوهش برای ارائه توضیحات بیشتر در مورد رابطه منفی بین معاملات الگوریتمی و نوسانات قیمت سهام، استراتژی احتمالی که معاملات الگوریتمی می‌تواند اجرا کند مورد بررسی قرار گرفته است. از آنجا که ارزیابی تأثیر استراتژی اجرای معامله در طراحی دنیای واقعی بسیار دشوار است و نمی‌توان آن را به راحتی با داده‌های تاریخی آزمایش کرد؛ لذا این پژوهش به گونه‌ای طراحی شده است تا مشکلات و محدودیت‌هایی که در پژوهش‌های پیشین مشاهده شده است را رفع کند و به پرسش‌های پژوهش پاسخ دهد. آیا در شرایطی که کل بازار جریان سریع و غیرعادی یا افت‌هایی را تجربه می‌کند، معاملات الگوریتمی بر نرخ بازده غیرعادی سهام تاثیر می‌گذارد؟ آیا عدم‌تعادل در سفارشات معاملات الگوریتمی و غیرالگوریتمی بر نرخ بازده غیرعادی سهام تاثیر می‌گذارد؟ آیا معامله‌گران الگوریتمی در مقایسه با معامله‌گران انسانی سفارش‌ها را نزدیک به استراتژی قیمت میانگین موزون حجمی اجرا می‌کنند؟

۲-مبانی نظری و بسط فرضیه‌های پژوهش

بازارهای مالی در سال‌های اخیر همسو با رشد روز افزونی که در حوزه فناوری‌های اطلاعات رخ داده است، همواره دستخوش تغییرات بسیاری در ارائه راهکارهای متنوع سرمایه‌گذاری و دستیابی به سود بیشتر بوده است و با الکترونیکی شدن روش‌های معاملاتی؛ بکارگیری آنچه که امروز به معاملات الگوریتمی شهرت دارد؛ بیش از پیش مورد توجه قرار گرفته است.

معاملات الگوریتمی به معنای اجرای معامله با بکارگیری رایانه است و چگونگی پیاده‌سازی آن به وسیله الگوریتم‌ها صورت می‌گیرد که این الگوریتم‌ها معاملات سهام، اوراق قرضه، ارز و حجم وسیعی از اوراق بهادار را شامل می‌شوند. به بیانی دیگر؛ معاملات الگوریتمی اتخاذ موقعیت‌های مناسب خرید و فروش بر اساس تصمیمات الگوریتم‌های رایانه‌ای است. شروع بکارگیری راهکارهای معاملاتی به دهه ۱۹۷۰ باز می‌گردد و با توجه به تحولی که در عرصه فناوری در سال‌های اخیر رخ داده است، استفاده از این الگوریتم‌ها نیز رشد روز افزونی داشته است (نوتی، میرقائمی، تریلیون و ینگساریی، ۲۰۱۱).

در یک نمونه ساده، معامله الگوریتمی می‌تواند در قالب حد سود و ضرر انجام شود؛ یعنی با رسیدن قیمت به یک حد تعریف شده، دستور خرید یا فروش به صورت خودکار صادر می‌شود؛ اما در سوی پیچیده‌تر، یک الگوریتم معاملاتی بدون دخالت انسان، تمام نمادها را به کمک داده‌های بنیادی و تکنیکال بررسی و ارزیابی می‌کند. سپس فرآیند انتخاب سبد سهام، تخصیص دارایی به هر نماد، خرید در نقطه درست و فروش در نقطه مناسب و شناسایی سود ضمن رعایت ریسک تعریف شده را انجام می‌دهد که به این حالت سیستم تمام خودکار گفته می‌شود. به طور کلی، معاملات الگوریتمی این امکان را به سرمایه‌گذاران می‌دهد که معاملات را به صورت کارآمدتر و با هزینه‌های معاملاتی کمتر انجام دهند که در نتیجه باعث بهبود عملکرد پرتفوی‌ها می‌شود (سید حسینی و احمدی، ۱۳۹۳).

بازارهای باثبات و انعطاف‌پذیر، اعتماد سرمایه‌گذاران و مشارکت‌کنندگان را افزایش می‌دهد و به ایجاد بازارهایی با نقدشوندگی و کارایی بیشتر کمک می‌کند. ارزیابی اینکه آیا مکانیزه کردن معاملات، ریسک‌های بیشتری بر ثبات

مالی تحمیل می‌کنند و یا مزایای معاملات پربسامد شکنندگی بیشتری برای ساختار و بازارها ایجاد می‌کنند، بسیار مشکل است؛ از اینرو با وقوع رخدادهای شدید در بازار مانند سقوط آنی، نقش معاملات الگوریتمی (AT) در بازارهای متلاطم به شدت مورد توجه پژوهشگران، قانون‌گذاران و بازیگران بازار قرار گرفت و این سوال مطرح شد آیا زمانی که کل بازار با روند نزولی (صعودی) روبروست، معاملات الگوریتمی موجب کاهش (افزایش) بیشتر قیمت یک سهم می شود یا خیر؟ پاسخ به این سوال هنوز مشخص نیست؛ زیرا از یک سو، معامله‌گران الگوریتمی به عنوان پیام رسان عمل می‌کنند و حرکات قیمتی را بین مشتقات مالی، شاخص‌ها و قیمت‌های مرتبط با سهام منتقل می‌کنند (هندرشات و ریوردون ۲۰۱۳؛ چابود، چیکوبین، جمالرسون و وگا ۲۰۱۴)؛ بنابراین معاملات الگوریتمی می‌تواند در شرایط افت شدید شاخص‌های بازار، موجب اعمال فشار قیمتی بر تک تک سهام شود. در حالی که از سوی دیگر، الگوریتم های کامپیوتری می‌توانند فشار قیمت و تاثیر قیمتی معاملات را کاهش دهند و به تبع آن خطای قیمت‌گذاری را کاهش دهند (هاندرشات، جونز و منکولد ۲۰۱۱). که از این موضوع می‌توان استدلال کرد معاملات الگوریتمی می‌تواند فشار قیمتی کاهشی (نزولی) را در بازارهای نزولی از بین ببرد (ژو و همکاران، ۲۰۲۰).

با توجه به آنچه بیان شد در این پژوهش رابطه بین معاملات الگوریتمی و نوسانات قیمت در روزهایی که شاخص بازار تغییرات زیادی دارد (به عنوان روزهایی که بازده مطلق بازار از ۲ درصد بیشتر شود) بررسی خواهد شد؛ بنابراین فرضیه اول پژوهش به صورت زیر تدوین شده است.

فرضیه اول: در شرایطی که کل بازار جریان سریع و غیرعادی یا افت‌هایی را تجربه می‌کند، معاملات الگوریتمی بر نرخ بازده غیرعادی سهام تاثیر می‌گذارد.

در این بخش، فرضیه پژوهش با تجزیه و تحلیل اثرات عدم تعادل سفارشات حاصل از معاملات الگوریتمی و معاملات غیرالگوریتمی بررسی می‌شود. برخلاف معیارهای مبتنی بر شدت معاملات الگوریتمی، عدم تعادل سفارشات حاصل از معاملات الگوریتمی و معاملات غیرالگوریتمی بطور جداگانه و بر اساس تفاوت بین حجم خرید و فروش اندازه‌گیری می‌شود. معیارهای شدت معاملات الگوریتمی بر نسبت نسبی معاملات الگوریتمی در کل معاملات متمرکز است، در حالی که عدم تعادل‌های سفارش مستقیماً تأثیرات قیمت معاملات الگوریتمی و معاملات غیرالگوریتمی را مقایسه می‌کند.

پژوهش‌های تجربی در حوزه معاملات الگوریتمی (به عنوان مثال، ژانگ، ۲۰۱۳؛ چاکرابارتی، مولتون و وانگ، ۲۰۱۷) در درجه اول بر این موضوع متمرکز است که آیا افزایش معاملات الگوریتمی بر هزینه‌های معاملاتی، انعطاف‌پذیری و عمق بازار یا کشف قیمت تأثیر می‌گذارد یا خیر. یافته‌های مربوط به شدت معاملات الگوریتمی و نرخ بازده تعدیل شده در بازار این فرضیه را تأیید می‌کند که سهام معامله شده توسط معاملات الگوریتمی نوسانات قیمتی کمتری را نشان می‌دهد؛ از اینرو در این بخش، توضیحاتی در مورد منابع تفاوت در نرخ بازده مقطعی (تفاوت مقطعی بازده) ارائه داده می‌شود. یک دلیل احتمالی این است که سفارشات حاصل از معاملات الگوریتمی، فشار قیمتی کمتری در مقایسه با سفارشات معاملات غیرالگوریتمی اعمال می‌کنند؛ لذا قیمت سهام در دوره‌های با شدت معاملات الگوریتمی بالا نسبت به معاملات غیرالگوریتمی، نوسانات کمتری خواهد داشت (ژو و همکاران،

۲۰۲۰). نوسانات کمتر قیمت سهام منجر به افزایش عمق بازار سهام می‌شود؛ از اینرو برای ارائه درک بهتری از نقش عدم تعادل سفارشات الگوریتمی غیرالگوریتمی بر نرخ بازده غیرعادی سهام فرضیه دوم به شرح ذیل تدوین است.

فرضیه دوم: عدم تعادل در سفارشات حاصل از معاملات الگوریتمی و معاملات غیرالگوریتمی بر نرخ بازده غیرعادی سهام تاثیر می‌گذارد.

در این بخش برای ارائه توضیحات بیشتر در مورد رابطه منفی بین معاملات الگوریتمی و نوسانات قیمت سهام، استراتژی احتمالی که معاملات الگوریتمی می‌تواند اجرا کند مورد بررسی قرار گرفته است. استراتژی‌ها را می‌توان به الگوریتم‌های اجرا و الگوریتم‌های موقعیتی تفکیک کرد (بورس اوراق بهادار استرالیا[1]، ۲۰۱۰). الگوریتم‌های اجرا (یا الگوریتم‌های نمایندگی) به دنبال کاهش هزینه‌های اجرای سفارش‌های بزرگ با به حداقل رساندن تأثیر معاملات در بازار هستند. در مقابل، الگوریتم‌های موقعیتی (یا الگوریتم‌های تخصصی) با نظارت و تجزیه و تحلیل داده‌ها و اخبار بازار سود می‌برند. معاملات پربسامد[2] زیر مجموعه‌ای از الگوریتم‌های موقعیتی است.

ایستلی و همکاران (۲۰۱۲) بیان می‌کنند الگوریتم‌های اجرایی برای کاهش هزینه‌های اجرای معاملات، استراتژی VWAP را دنبال می‌کنند. الگوریتم‌های اجرای معاملات یکی از روش‌هایی است که مشاوران می‌توانند فناوری معاملات را برای مشتریان خود استفاده کنند. ایده اصلی الگوریتم‌های اجرای معاملات این است که بر اساس نقدینگی موجود، یک سفارش بزرگتر به تعدادی از سفارشات کوچکتر تقسیم شود. متداول‌ترین الگوریتم‌های اجرای معاملات عبارتند از: استراتژی میانگین قیمت زمان وزنی (TWAP)، قیمت میانگین حجمی وزنی (VWAP) و درصد ارزش (POV) هستند. میانگین قیمت حجمی وزنی (VWAP) یک الگوریتم اجرای معاملات است. این الگوریتم میانگین حجم معامله شده را برای هر بازه پنج دقیقه‌ای و سفارش‌ها را بر اساس اطلاعات تاریخی معاملات تخمین می‌زند. استراتژی میانگین قیمت حجمی وزنی، میانگین وزنی قیمت هر معامله در یک افق زمانی خاص (معمولا یک روز) به حجم هر معامله است. در این پژوهش به دلایل زیر استراتژی میانگین قیمت حجمی وزنی به صورت روزانه محاسبه می‌شود. اول این است که برکویتز و همکاران (۱۹۸۸) که برای اولین بار استراتژی میانگین قیمت حجمی وزنی را به عنوان معیار هزینه معاملات پیشنهاد کردند، VWAPها را به صورت روزانه محاسبه می‌کنند. دوم، کاریون (۲۰۱۳) معیار قیمت میانگین موزون حجمی را به دلیل اینکه در پایان هر روز بازیابی[3] می‌شود، برای تعیین تعداد معاملات پربسامد بازار پیشنهاد کرده است. سوم، چندین روز با معامله‌گران و مدیران صندوق‌های سرمایه‌گذاری درباره استفاده آنها از معیار قیمت میانگین موزون حجمی تماس گرفته شد و این دست‌اندرکاران تایید کردند که معیار روزانه قیمت میانگین موزون حجمی یکی از معیارهای پرکاربرد برای ارزیابی عملکرد روزانه معامله‌گران است.

برای ارزیابی عملکرد اجرایی معامله می‌توان قیمت هر معامله انجام شده را با VWAP مقایسه کرد. اگر قیمت مبادله شده در مقایسه با VWAP کمتر (بیشتر) باشد، آنگاه معامله خرید (فروش) مطلوب در نظر گرفته خواهد

[1]- ASX
[2]- High-Frequency Trading (HFT)
[3] Reset

شد. اگر الگوریتم‌ها از نزدیک معیار VWAP روزانه را دنبال کنند، آنگاه معاملات الگوریتمی به عنوان معامله‌گران خلاف روند عمل خواهد کرد. اگر چه الگوریتم‌های ردیابی VWAP کمتر از حد معمول معامله نمی‌کنند؛ اما آنها زمان‌بندی اجرای خود را بر اساس رابطه VWAP با قیمت بهینه می‌کنند؛ بنابراین معاملات الگوریتمی تقاضای نقدینگی را هموار خواهد کرد و در نوسانات بیشتر قیمت در روزهای متلاطم مشارکت نخواهد کرد (ژو همکاران، ۲۰۲۰). در همین راستا، آیتکن، چن و فولی[1] (۲۰۱۷) دریافتند معامله‌گران الگوریتمی در مقایسه با معامله‌گران انسانی، معاملات را در زمانی که قیمت‌ها بسیار نزدیک به VWAP است شروع می‌کنند. این یافته آنها نشان می‌دهد که بخش قابل‌توجهی از معاملات الگوریتمی معیار VWAP دنبال می‌کنند و معاملات غیرالگوریتمی به همان اندازه معیار VWAP را دنبال نمی‌کند؛ بنابراین فرضیه سوم پژوهش به صورت زیر تدوین شده است.

فرضیه سوم: معاملات الگوریتمی از استراتژی قیمت میانگین موزون حجمی پیروی می‌کنند.

۲-۱- پیشینه پژوهش

در راستای بررسی پیشینه پژوهش هر چند مطالعاتی تلاش کرده‌اند تا تاثیر معاملات الگوریتمی بر افزایش (کاهش) نوسان‌های قیمت را بررسی کنند؛ اما اغلب پژوهش‌های پیشین در حوزه معاملات الگوریتمی تنها به بررسی مستقیم و غیرمستقیم رابطه بین معاملات الگوریتمی و تغییرات قیمت سهام پرداخته‌اند. همچنین اغلب پژوهش‌های انجام شده در زمینه معاملات الگوریتمی و معاملات پربسامد بر تاثیرات بسیار کوتاه مدت، بین چند ثانیه تا چند دقیقه تمرکز کرده‌اند.

مطابق با دیدگاه فوق، هندرشات و همکاران (۲۰۱۱) نشان داند معاملات الگوریتمی نقش مفیدی را از نظر نقدینگی و تعیین قیمت در بازار ایفا می‌کنند. همچنین آنها نشان دادند که اجرای الگوریتم ها از روند میانگین قیمت حجمی وزنی (VWAP) استفاده می‌کند و موجب کاهش هزینه‌های اجرای معاملات خواهد شد. هندرشات و ریوردان (۲۰۱۳) به این نتیجه رسیدند معاملات الگوریتمی می‌تواند موجب کاهش تاثیر قیمتی معاملات تنها در ۵ تا ۳۰ دقیقه آتی شود. بروگارد و همکاران (۲۰۱۴) تاثیر معاملات پربسامد را بر برابری بازار به صورت ثانیه به ثانیه بررسی کردند و تاثیر معاملات پربسامد را در بیستمین ثانیه بعد از اعلان عمومی، گزارش نمودند. گائو و میزراچ (۲۰۱۶) معاملات پربسامد را در روندهای صعودی و نزولی بازار مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. در این پژوهش روزهای نزولی (صعودی) بازار روزهایی تعریف شده است که در آن بهترین قیمت تقاضا (عرضه) یک سهم بیش از ده درصد نسبت به قیمت ابتدایی، کاهش (افزایش) داشته و سپس در انتهای روز تا ۲/۵ درصد برگشت داشته باشد. نتایج این پژوهش نشان داد معاملات پربسامد با فراوانی روزهای نزولی بازار ارتباط مثبت دارد. کیریلنکو و همکاران (۲۰۱۷) به نقش بازارسازان معاملات پربسامد (HFT) در کاهش شدید بازار را مورد بررسی قرار دادند و دریافتند بازارسازان معاملات پربسامد ابتدا برای فروشندگان نقدینگی فراهم می‌کنند؛ اما وقتی فشار فروش بیشتر از ظرفیت آنها باشد، موقعیت خود را جابه‌جا می‌کنند. بروگارد و گریت (۲۰۱۸) تاثیر معاملات پربسامد را در تغییرات شدید قیمتی بازار بررسی کرده و به این نتیجه رسیدند تاثیر خالص عرضه و تقاضای نقدینگی با جهت

[1] Aitken, Chen and Foley

تغییرات قیمتی رابطه‌ای معکوس دارد. بومر، فانگ و وو (۲۰۱۹) به این نتیجه رسیدند معاملات الگوریتمی و معاملات پربسامد موجب افزایش نوسان‌پذیری بازار می‌شوند. ژو و همکاران (۲۰۲۱) دریافتند سهام‌های با معاملات الگوریتمی بالا، افزایش (کاهش) ناگهانی کمتری را در روزی که بازار بیشتر از دو درصد صعودی (نزولی) است، تجربه می‌کنند؛ اما سهام‌های با الگوریتم معاملاتی پایین، نوسانات قیمتی بیشتری را در روزهایی که بازار نوسانات بیشتری (بیش از دو درصد) دارد، نشان می‌دهد. همچنین آنها نشان دادند معاملات الگوریتمی می‌تواند موجب حداقل‌سازی فشار قیمتی و کاهش خطای قیمت‌گذاری موقت شود.

در همین راستا در بورس اوراق بهادار تهران دستپاک و رستگار (۱۳۹۴) مدل معاملاتی با تکرار بالا را ارائه کردند. نتایج مدل ارائه شده توسط آنها حاکی از عملکرد بهتر این مدل نسبت به سازوکار خرید و نگهداری در هر سه نوع بازار (صعودی، نزولی و نرمال) حتی با در نظر گرفتن هزینه کل معاملاتی است. رستگار و ساعدی‌فر (۱۳۹۶) استراتژی بهینه اجرای معاملات بزرگ با رویکرد شبیه‌سازی عامل‌گرا را مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند برای هر سفارش بزرگ خرید، استراتژی با استفاده از انواع سفارش می‌تواند بهتر از استراتژی‌هایی با استفاده از تنها یک نوع سفارش باشد. رستگار و صداقتی‌پور (۱۳۹۷) طی پژوهشی با عنوان ارائه سیستم معاملات الگوریتمی برای قرارداد آتی سکه طلا مبتنی بر داده‌های درون-روزی و با هدف توسعه یک سیستم معاملات خودکار و الگوریتمی بر روی قرارداد آتی سکه طلای بورس ایران نشان دادند سیستم معاملاتی طراحی شده، نسبت بازدهی به ریسک مطلوب‌تری نسبت به دیگر استراتژی‌های رقیب، مانند خرید و نگهداری و فروش و نگهداری دارد. همچنین نتایج پژوهش نشان داد چارچوب زمانی ۳۰ دقیقه برای طراحی سیستم‌های معاملاتی بر روی قرارداد آتی سکه طلا مناسب به نظر می‌رسد. رستگار و دستپاک (۱۳۹۷) طی پژوهشی با عنوان مدل معاملاتی با فراوانی زیاد، همراه با مدیریت پویای سبد سهام به روش یادگیری تقویتی به این نتیجه رسیدند عملکرد مدل معاملاتی با فراوانی زیاد در بازارهای نزولی و نرمال بهتر از استراتژی خرید و نگهداری است. طادی و همکاران (۱۳۹۷) استراتژی معاملات زوجی با رویکرد فاصله‌ای در بورس اوراق بهادار تهران را مورد ارزیابی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند با فرض وجود سیستم فروش استقراضی و در محدوده آستانه مطلوب، بازدهی معاملات زوجی از استراتژی خرید و نگهداری بیشتر خواهد بود. رستگار، تیموری و باقریان (۱۳۹۹) نشان دادند به‌کارگیری ریسک اجرایی شدن سفارش و هزینه معاملاتی به‌طور همزمان در استراتژی سفارش‌گذاری، عملکرد بهتری نسبت به استراتژی‌های مبتنی بر درجه تهاجمی بودن معامله‌گران بازار دارد.

۳-روش پژوهش

پژوهش حاضر از نظر هدف کاربری و بر مبنای روش از نوع همبستگی با رویکرد رگرسیونی است که در آن برای آزمون فرضیه‌ها از تحلیل رگرسیون چند متغیره مبتنی بر سری‌های زمانی، داده‌های مقطعی و ترکیبی و رگرسیون لجستیک استفاده شده است. نمونه آماری پژوهش حاضر شامل معاملات سهام انجام شده در بورس اوراق بهادار تهران طی دوره زمانی ۱۳۹۸/۰۱/۰۵ ۱۳۹۸/۱۲/۲۸ است. در پژوهش حاضر از مجموعه داده‌هایی استفاده می‌شود که در آن معاملات توسط الگوریتم‌های رایانه‌ای انجام شده باشد. مجموعه داده‌های معاملات الگوریتمی و اطلاعات

معاملات، اعم از قیمت معامله، بهترین قیمت خرید، بهترین قیمت فروش، حجم معاملات و ... از طریق سرورهای بورس اوراق بهادار تهران در اختیار پژوهشگران قرار می‌گیرد. سپس با برنامه‌نویسی و تهیه پایگاه بانک اطلاعاتی در SQL Server، اطلاعات مورد نیاز معاملات هر ۱۵دقیقه از سرورهای بورس اوراق بهادار فراخوانی می‌شوند و بانک اطلاعاتی سهام به‌روز رسانی می‌شود. با تجمیع اطلاعات، سری‌های زمانی از قیمت در نمودارهای شمعی (کندل استیک) ۱۰، ۳۰ و ۶۰ دقیقه‌ای محاسبه و آماده می‌شوند. تمامی اندیکاتورها و سری‌های زمانی نیز در محیط SQL Server محاسبه و دسته‌بندی می‌شوند. دلیل آن که محاسبات اندیکاتورها و بازده‌ها در این محیط انجام می‌شود این است که رویکرد محاسباتی SQL Server به صورت ماتریسی بوده و در نتیجه انجام عملیاتی همچون محاسبه سری زمانی میانگین‌های متحرک، تاخیر دادن به سری زمانی و .. با سرعت بالاتری نسبت به C# یا متلب قابل انجام است.

برای اطمینان از اینکه حجم کافی از داده‌های مربوط به معاملات الگوریتمی و غیرالگوریتمی در نمونه آماری وجود دارد تا نتایج پایدارتری حاصل شود، نمونه آماری پژوهش حاضر به سهام‌هایی محدود شده‌اند که شرایط ذیل را دارا باشند. تا پایان اسفند ماه سال ۱۳۹۷ در بورس اوراق بهادار تهران پذیرفته شده و سال مالی آن منتهی به پایان اسفندماه باشد؛ اطلاعات مالی مورد نیاز شرکت‌ها طی سال ۱۳۹۸ در دسترس باشد؛ نماد معاملاتی شرکت حداقل ۲۰۰ روز از ۲۳۱ روز کاری در سال ۱۳۹۸ فعال و معامله شده باشد؛ از اینرو پس از جمع‌آوری داده‌ها، تعداد ۲۷۶ شرکت از جامعه مورد نظر باقی مانده‌اند.

۳-۱- انتخاب روز رویداد

پژوهش‌های پیشین از محدوده گسترده‌ای از روش‌ها استفاده کرده‌اند تا دوره‌های معاملاتی متلاطم را شناسایی کنند. در این پژوهش همسو با دنیس و استریکلند (۲۰۰۲) روزهای متلاطم زمانی تعریف می‌شوند که مقادیر قدرمطلق بازده‌های بازار بزرگتر از ۲ درصد هستند. بر اساس این تعریف ۲۵ روز صعودی و ۱۵ روز نزولی طی دوره زمانی پژوهش در بازار وجود دارد. در هر روز متلاطم، سهام‌هایی در نظر گرفته می‌شوند که حداقل یک معامله خرید و فروش داشته‌اند باشند که توسط معاملات الگوریتمی و غیرالگوریتمی انجام شده است تا بتوان فعالیت‌های تقاضای نقدینگی را نیز محاسبه کرد. همچنین برای سنجش فعالیت‌های عرضه (تامین) نقدینگی توسط معاملات الگوریتمی و غیرالگوریتمی، سهام‌هایی را که معاملات خرید یا فروش عرضه شده توسط معاملات الگوریتمی و غیرالگوریتمی را از دست داده‌اند حذف می‌شوند. بدین ترتیب نمونه نهایی پژوهش شامل ۲۷۶ سهام است.

جدول ۱ تعداد روزهای رویداد، تعداد سهام‌ها برای هر روز رویداد و بازده‌های همه معاملات را نشان می‌دهد. ذکر این نکته ضرروی است که برخی از شرکت‌های بزرگ می‌توانند باعث ایجاد حرکات بزرگ در شاخص وزنی ارزش بازار شوند؛ لذا روزهای انتخاب شده ممکن است شامل روزهایی باشد که تغییر شاخص، نمایانگر تغییر قیمت در طیف وسیعی از سهام نیست؛ از اینرو برای جلوگیری از این سوگیری بالقوه در انتخاب روز رویداد، درصد شرکت‌های دارای بازده مثبت، صفر و منفی محاسبه شده است. نتایج برای روزهای صعودی و نزولی بازار نشان می‌دهد، میانگین نرخ بازده سهام برای روزهای صعودی بازار ۱۱۱/۷۲۹ درصد و برای روزهای نزولی بازار ۲۰/۴۵۸-

درصد است. این نتیجه گویای آن است که بازار در روزهای صعودی متلاطم‌تر است. برای روزهای صعودی بازار ۲۷ بهمن ۱۳۹۸ با نرخ بازده ۹۵۶/۲۹۷ درصد و برای روزهای نزولی بازار ۲۱ بهمن ۱۳۹۸ با نرخ بازده ۹۰/۱۵۹- درصد بیشترین تغییرات را داشته‌اند. همان گونه که ملاحظه می‌شود، میانگین درصد سهام با بازده مثبت در ستون سوم ۷۵/۷۳۱ است که نشان می‌دهد برای روزهای صعودی بازار به طور متوسط ۳۲۸ سهام دارای بازدهی مثبت است. همچنین بیشترین و کمترین درصد سهام با بازده مثبت برای روزهای صعودی بازار به ترتیب ۹۷/۲۳۰ درصد در ۲۲ دی ماه ۱۳۹۸ و ۶۴/۳۹۱ درصد در ۲۶ اسفند ۱۳۹۸ است. نتایج میانگین نسبت سهام با بازدهی مثبت به سهام با بازده منفی نشان‌دهنده آن است که به طور میانگین تعداد سهام با بازده مثبت ۷/۵۷۶ برابر بیشتر از سهام با بازده منفی در نمونه آماری است.

در نهایت، همان گونه که نتایج جدول ۱ نشان می‌دهد تعداد سهام‌های در نظر گرفته شده برای هر روز رویداد مشابه نیست؛ لذا این احتمال وجود دارد که تصمیم معامله‌گران الگوریتمی برای معامله در سهام‌های خاص در روزهای رویداد خاص تحت تاثیر این نتایج باشد. برای کاهش این سوگیری بالقوه اثرات ثابت سهام و زمان (ماه) در مدل‌های پژوهش گنجاندن می‌شود.

جدول ۱. نتایج روزهای رویداد صعودی

تاریخ	نرخ بازده سهام	تعداد سهام	درصد سهام با بازده مثبت	درصد سهام با بازده منفی	درصد سهام با بازده صفر	نسبت سهام با بازده مثبت به منفی
۱۳۹۸/۰۱/۱۰	۲/۰۳۹	۳۲۲	۸۶/۶۴۵	۱۲/۴۲۲	۰/۹۳۱	۶/۹۷۵
۱۳۹۸/۰۱/۲۶	۲/۹۸۵	۳۲۰	۷۵/۶۲۵	۲۲/۸۱۲	۱/۶۲	۳/۳۱۵
۱۳۹۸/۰۱/۳۱	۲/۲۹۶	۳۲۷	۸۸/۶۸۵	۱۱/۰۰۹	۰/۳۰۵	۸/۰۵۵
۱۳۹۸/۰۲/۰۸	۲/۰۴۵	۳۳۸	۷۱/۰۵۵	۲۶/۹۲۳	۲/۰۷۱	۲/۶۳۷
۱۳۹۸/۰۲/۰۹	۲/۶۰۹	۳۳۵	۷۴/۶۲۶	۲۵/۳۷۳	۰/۲۹۸	۲/۹۴۱
۱۳۹۸/۰۳/۰۷	۲/۶۴۸	۳۱۹	۷۸/۶۸۳	۱۹/۴۳۵	۱/۸۸۰	۴/۰۴۸
۱۳۹۸/۰۴/۰۳	۲/۱۷۱	۳۲۱	۷۷/۵۷۰	۲۱/۴۹۵	۰/۹۳۴	۳/۶۰۸
۱۳۹۸/۰۴/۲۵	۸۷۱/۶۹۳	۳۰۶	۸/۸۲۳	۹۱/۱۷۶	۰/۰۰۰	۰/۰۹۶
۱۳۹۸/۰۶/۰۴	۲/۱۲۲	۳۳۱	۹۲/۱۴۵	۶/۶۴۶	۱/۲۰۸	۱۳/۸۶۳
۱۳۹۸/۰۷/۰۱	۳/۰۹۷	۳۴۲	۷۵/۱۴۶	۲۴/۲۶۹	۰/۵۸۴	۳/۰۹۶
۱۳۹۸/۰۷/۰۸	۲/۰۱۳	۳۲۸	۷۵/۰۰۰	۲۵/۰۰۰	۰/۰۰۰	۳/۰۰۰
۱۳۹۸/۰۷/۲۰	۲/۸۹۵	۳۳۴	۷۷/۲۴۵	۲۱/۸۵۶	۰/۸۹۸	۳/۵۳۴
۱۳۹۸/۰۷/۳۰	۲/۰۱۲	۳۲۷	۷۴/۰۰۶	۲۵/۹۹۴	۰/۰۰۰	۲/۸۴۷
۱۳۹۸/۱۰/۲۲	۴/۳۸۲	۳۲۵	۹۷/۲۳۰	۲/۷۶۹	۰/۰۰۰	۳۵/۱۱۱
۱۳۹۸/۱۰/۲۳	۴/۳۹۷	۳۳۲	۹۵/۴۸۱	۳/۳۱۳	۱/۲۰۴	۲۸/۸۱۸

تاریخ	نرخ بازده سهام	تعداد سهام	درصد سهام با بازده مثبت	درصد سهام با بازده منفی	درصد سهام با بازده صفر	نسبت سهام با بازده مثبت به منفی
۱۳۹۸/۱۰/۲۸	۲/۶۶۹	۳۲۹	۸۸/۱۴۵	۱۰/۹۴۲	۰/۹۱۱	۸/۰۵۵
۱۳۹۸/۱۱/۱۴	۲/۵۰۹	۳۲۸	۷۷/۷۴۳	۲۱/۳۴۱	۰/۹۴	۳/۲۱۴
۱۳۹۸/۱۱/۲۰	۹۰۴/۲۹۸	۳۱۶	۱۷/۴۰۵	۸۲/۲۷۸	۰/۳۱۶	۰/۲۱۱
۱۳۹۸/۱۱/۲۷	۹۵۶/۲۹۷	۳۳۰	۶۵/۷۵۷	۳۰/۱۲۱	۲/۱۲۱	۲/۰۴۷
۱۳۹۸/۱۲/۰۴	۴/۲۳۷	۳۲۴	۹۵/۹۸۷	۳/۰۸۶	۰/۹۲۵	۳۱/۱۰۰
۱۳۹۸/۱۲/۰۶	۴/۰۱۵	۳۳۴	۸۷/۱۲۵	۱۱/۹۷۶	۱/۱۹۷	۷/۲۷۵
۱۳۹۸/۱۲/۱۲	۲/۶۳۷	۳۳۹	۸۴/۹۵۵	۱۳/۸۶۴	۱/۱۷۹	۶/۱۲۷
۱۳۹۸/۱۲/۱۳	۲/۷۶۸	۳۳۳	۸۲/۲۸۲	۱۴/۱۱۴	۰/۶۰۰	۵/۸۲۹
۱۳۹۸/۱۲/۲۶	۲/۳۴۸	۳۳۷	۶۴/۳۹۱	۳۵/۶۰۸	۰/۸۹۰	۱/۸۰۸
۱۳۹۸/۱۲/۲۸	۲/۰۳۳	۳۴۱	۸۱/۵۲۴	۱۷/۰۰۸	۱/۴۶۶	۴/۷۹۳
نتایج روزهای رویداد نزولی						
تاریخ	نرخ بازده سهام	تعداد سهام	درصد سهام با بازده مثبت	درصد سهام با بازده منفی	درصد سهام با بازده صفر	نسبت سهام با بازده منفی به مثبت
۱۳۹۸/۰۲/۱۶	-۳/۶۸۷	۳۳۰	۱۲/۱۲۱	۸۷/۵۷۵	۰/۳۰۳	۷/۲۲۵
۱۳۹۸/۰۲/۱۷	-۳/۴۹۱	۳۳۲	۹/۰۳۶	۹۰/۰۶۰	۰/۹۰۳	۹/۹۶۶
۱۳۹۸/۰۲/۲۲	-۲/۴۴۲	۳۳۳	۲۳/۴۲۳	۷۳/۲۷۳	۰/۳۰۰	۳/۱۲۸
۱۳۹۸/۴/۱۹	-۸۹/۹۶۲	۳۱۲	۵۵/۷۶۹	۴۴/۲۳۰	۰/۳۲۰	۰/۷۹۳
۱۳۹۸/۰۴/۳۰	-۸۹/۸۶۷	۲۷۷	۵۹/۹۲۷	۳۸/۲۶۷	۱/۸۰۵	۰/۶۳۸
۱۳۹۸/۰۶/۲۷	-۲/۶۲۹	۳۳۳	۱۸/۹۱۸	۸۰/۷۸۰	۰/۳۰۰	۴/۲۶۹
۱۳۹۸/۰۷/۱۴	-۲/۱۹۶	۳۳۳	۲۷/۹۲۷	۷۰/۸۷۰	۰/۳۰۰	۲/۵۳۷
۱۳۹۸/۰۷/۲۳	-۳/۳۷۲	۳۳۷	۴/۴۵۱	۹۵/۵۴۸	۰/۰۰۰	۲۱/۴۶۶
۱۳۹۸/۰۷/۲۸	-۲/۶۲۰	۳۲۹	۵/۷۷۵	۹۳/۹۲۰	۰/۳۰۳	۱۶/۲۶۳
۱۳۹۸/۱۰/۱۴	-۴/۳۵۱	۳۲۸	۱/۸۲۹	۹۸/۱۷۰	۰/۰۰۰	۵۳/۶۶۶
۱۳۹۸/۱۱/۲۱	-۹۰/۱۵۹	۳۳۲	۳۰/۱۲۰	۶۹/۵۷۸	۰/۳۰۱	۲/۳۱۰
۱۳۹۸/۱۲/۱۰	-۳/۴۳۰	۳۱۲	۲۹/۴۸۷	۶۹/۸۷۱	۰/۶۴۱	۲/۳۶۹
۱۳۹۸/۱۲/۱۹	-۲/۶۸۹	۳۲۱	۵/۹۱۹	۹۳/۴۵۷	۰/۶۲۳	۱۵/۷۸۹
۱۳۹۸/۱۲/۲۰	-۲/۶۵۹	۳۲۴	۱۴/۸۱۴	۸۴/۵۶۷	۰/۶۱۷	۵/۷۰۸
۱۳۹۸/۱۲/۲۴	-۳/۳۲۵	۳۲۰	۶/۲۵۰	۹۳/۴۳۷	۰/۳۱۲	۱۴/۹۵۰

۳-۲-مدل و متغیرهای پژوهش

مدل فرضیه اول پژوهش: هدف از آزمون فرضیه اول پژوهش، بررسی تاثیر معاملات الگوریتمی بر نرخ بازده غیرعادی سهام در شرایطی که کل بازار جریان سریع و غیرعادی یا افت‌هایی را تجربه می‌کند است؛ از اینرو به منظور ارزیابی اینکه چگونه فعالیت‌های معاملاتی گروه‌های مختلف سرمایه‌گذار با بازده سهام در بازارهای متلاطم در ارتباط است، بازده تعدیل شده بازار در هر روز رویداد به عنوان تابعی از شدت معاملات الگوریتمی (AT) و متغیرهای کنترلی به شرح مدل‌های (۱) تا (۴) مدل‌سازی و به آزمون فرضیه اول پژوهش پرداخته شده است.

$$ar_{i,t} = a_0 + a_1 iAT^{d}_{i,t} + a_2 iAT^{s}_{i,t} + a_3 size_{i,t} + a_4 effsprd_{i,t} + a_5 ivola_{i,t} + a_6 beta_{i,t} + \varepsilon_{i,t}$$ مدل ۱)

$$ar_{i,t} = a_0 + a_1 iATbuy^{d}_{i,t} + a_2 iATsell^{d}_{i,t} + a_3 size_{i,t} + a_4 effsprd_{i,t} + a_5 ivola_{i,t} + a_6 beta_{i,t} + \varepsilon_{i,t}$$ مدل ۲)

$$ar_{i,t} = a_0 + a_1 iATbuy^{s}_{i,t} + a_2 iATsell^{s}_{i,t} + a_3 size_{i,t} + a_4 effsprd_{i,t} + a_5 ivola_{i,t} + a_6 beta_{i,t} + \varepsilon_{i,t}$$ مدل ۳)

در مدل‌های فوق $ar_{i,t}$ بازده غیرعادی تعدیل شده بازار برای سهام i در روز t، $iAT^{d}_{i,t}$ شدت تقاضای نقدینگی معاملات الگوریتمی، $iAT^{s}_{i,t}$ شدت عرضه نقدینگی معاملات الگوریتمی، $iATbuy^{d}_{i,t}$ و $iATsell^{d}_{i,t}$ به ترتیب شدت تقاضای نقدینگی معاملات الگوریتمی برای معامله‌های آغاز شده توسط خریدار و آغاز شده توسط فروشنده، $iATbuy^{s}_{i,t}$ و $iATsell^{s}_{i,t}$ به ترتیب شدت عرضه نقدینگی معاملات الگوریتمی در بخش خرید و فروش، $size_{i,t}$ اندازه بازار سهام، $effsprd_{i,t}$ درصد وزنی حجم معاملات روزانه، $ivola_{i,t}$ نوسانات و $beta_{i,t}$ بتا سهام است (جگادیش، نوه، پوکتوانتونگ، رول، و وانگ، ۲۰۱۹).

مدل فرضیه دوم پژوهش: ژو و همکاران (۲۰۲۰) نشان دادند سهام معامله شده توسط معاملات الگوریتمی نوسانات قیمتی کمتری را نشان می‌دهد. آنها استدلال می‌کنند سفارشات حاصل از معاملات الگوریتمی، فشار قیمتی کمتری در مقایسه با سفارشات معاملات غیرالگوریتمی اعمال می‌کنند؛ لذا قیمت سهام در دوره‌های با افزایش سفارشات معاملات الگوریتمی بالا نسبت به معاملات غیرالگوریتمی، نوسانات کمتری خواهد داشت؛ از اینرو هدف از آزمون فرضیه دوم پژوهش، بررسی تاثیر عدم تعادل در سفارشات حاصل از معاملات الگوریتمی و معاملات غیرالگوریتمی بر نرخ بازده غیرعادی سهام است. بدین منظور نرخ بازده غیرعادی سهام به عنوان تابعی از عدم تعادل در سفارشات معاملات الگوریتمی و غیرالگوریتمی به شرح مدل‌های (۴) و (۶) مدل‌سازی و به آزمون فرضیه دوم پژوهش پرداخته شده است. مدل‌های رگرسیون پانل عدم‌تعادل در سفارشات عرضه و تقاضای نقدینگی که در روزهای رویداد برآورد می‌شوند، بطور جداگانه تعیین شده‌اند؛ زیرا عدم‌تعادل در سفارشات عرضه و تقاضای نقدینگی نسبت به دارای هم‌خطی هستند.

$$ar_{i,t} = a_0 + a_1 AT^{d}_{i,t} + a_2 nonAT^{d}_{i,t} + a_3 size_{i,t} + a_4 effsprd_{i,t} + a_5 ivola_{i,t} + a_6 beta_{i,t} + \varepsilon_{i,t}$$ مدل ۵)

$$ar_{i,t} = a_0 + a_1 AT^{s}_{i,t} + a_2 nonAT^{s}_{i,t} + a_3 size_{i,t} + a_4 effsprd_{i,t} + a_5 ivola_{i,t} + a_6 beta_{i,t} + \varepsilon_{i,t}$$ مدل ۶)

در مدل‌های فوق $ar_{i,t}$ نرخ بازده غیرعادی تعدیل شده بازار برای سهام i در روز رویداد t، $AT^{d}_{i,t}$ عدم‌تعادل سفارش با تقاضای نقدینگی حاصل از معاملات الگوریتمی در سهام i در روز t، $nonAT^{d}_{i,t}$ عدم‌تعادل سفارش با تقاضای نقدینگی حاصل از معاملات غیرالگوریتمی در سهام i در روز t، $AT^{s}_{i,t}$ عدم‌تعادل سفارش با عرضه نقدینگی حاصل از معاملات الگوریتمی در سهام i در روز t، $nonAT^{s}_{i,t}$ عدم‌تعادل سفارش با عرضه نقدینگی حاصل از معاملات غیرالگوریتمی در سهام i در روز t است. متغیرهای کنترلی گنجانده شده در مدل‌ها مشابه مدل‌های پیشین هستند.

در ادامه به منظور ارزیابی اثر ترکیبی عدم‌تعادل در سفارشات عرضه و تقاضای نقدینگی معاملات الگوریتمی در رابطه با نرخ بازده روز رویداد، از متغیر AT^{net} به عنوان متغیر اصلی معاملات الگوریتمی استفاده شده است و سپس مدل رگرسیون پانل (۷) به شرح زیر آزمون می‌شود.

$$ar_{i,t} = a_0 + a_1 AT^{net}_{i,t} + a_3 size_{i,t} + a_4 effsprd_{i,t} + a_5 ivola_{i,t} + a_6 beta_{i,t} + \varepsilon_{i,t}$$ مدل ۷)

در مدل فوق $ar_{i,t}$ نرخ بازده غیرعادی سهام i در روز t و $AT^{net}_{i,t}$ اثر ترکیبی خالص عدم‌تعادل در عرضه و تقاضای نقدینگی معاملات الگوریتمی است که از طریق مجموع عدم‌تعادل در سفارش تقاضای نقدینگی ($AT^{d}_{i,t}$) و عدم‌تعادل در سفارش عرضه نقدینگی ($AT^{s}_{i,t}$) در روز رویداد t برای سهام i اندازه‌گیری می‌شود.

مدل فرضیه سوم: هدف از آزمون فرضیه سوم پژوهش، بررسی تاثیر استراتژی قیمت میانگین موزون حجمی بر معاملات الگوریتمی است؛ از اینرو به منظور آزمون این فرضیه که معامله‌گران الگوریتمی در مقایسه با معامله‌گران انسانی سفارش‌ها را نزدیک به استراتژی قیمت میانگین موزون حجمی اجرا می‌کنند باید پس از انجام معاملات الگوریتمی و غیرالگوریتمی عملکرد آنها با یکدیگر مقایسه شود. در این پژوهش برای ارزیابی عملکرد اجرای معاملات الگوریتمی و غیرالگوریتمی همسو با پژوهش ایستلی و همکاران (۲۰۱۲) از دو الگو استفاده شده است.

در الگوی اول از معیار استاندارد قیمت میانگین موزون حجمی استفاده شده است که از طریق رابطه (۳) محاسبه می‌شود. بدین ترتیب که برای ارزیابی عملکرد اجرا معاملات، قیمت هر معامله انجام شده با قیمت میانگین موزون حجمی مقایسه می‌شود. بدین ترتیب اگر قیمت معادله شده در مقایسه با قیمت میانگین موزن حجمی (VWAP) کمتر (بیشتر) باشد، آنگاه معامله خرید (فروش) مطلوب در غیر این صورت ضعیف قلمداد می‌شود. اگر الگوریتم‌ها نزدیک به معیار قیمت میانگین موزون حجمی حرکت کنند، آنگاه معاملات الگوریتمی به عنوان معامله‌گران خلاف روند عمل خواهند کرد. اگرچه الگوریتم‌های دنبال کننده قیمت میانگین موزون حجمی کمتر از حد معمول معامله نمی‌کنند؛ اما آنها زمان‌بندی اجرای خود را بر پایه رابطه VWAP با قیمت بهینه‌سازی می‌کنند؛

بنابراین معاملات الگوریتمی تقاضای نقدینگی را هموار خواهد کرد و در نوسانات بیشتر قیمت در روزهای متلاطم مشارکت نخواهد کرد. برای تحلیل آماری این موضوع که آیا معامله‌گران الگوریتمی سفارش‌ها را نزدیک به معیار قیمت میانگین موزون حجمی (VWAP) در مقایسه با معامله‌گران انسانی اجرا می‌کنند یا خیر از آزمون تحلیل واریانس استفاده شده است.

رابطه (۳)
$$vwap_{i,t} = \frac{\sum_{j=1}^{t} vol_{i.j} price_{i,j}}{\sum_{j=1}^{t} vol_{i,j}}$$

در رابطه فوق $vol_{i.j}$ و $price_{i,j}$ به ترتیب حجم و قیمت معامله در زمان j (j = 1, 2, …, t-1, t) برای سهام i است.

در الگوی دوم برای تایید رابطه آماری بین قیمت میانگین موزون حجمی روزانه و استراتژی معاملات الگوریتمی از یک مدل رگرسیون لجستیک به شرح مدل (۸) استفاده شده است. همسو با پژوهش هندرشات و ریوردان (۲۰۱۳) برای کنترل شرایط بازار متغیرهای کنترلی شکاف قیمت پیشنهادی خرید و فروش، حجم معاملات، حجم عمق بازار در بهترین قیمت عرضه و تقاضا، وقفه نوسانات و وقفه حجم در مدل استفاده شده است.

مدل ۸)
$$ar_{i,t} = a_0 + \beta_1 idevi_{i,t-1} * I_{i,t-1} + \beta_2 sprd_{i,t-1} + \beta_3 tradesizesize_{i,t-1} + \beta_4 depth_{i,t-1} + \beta_5 ivola_{i,t-1} + \beta_6 vol_{i,t-1} + \varepsilon_{i,t}$$

در مدل فوق $ar_{i,t}$ متغیر مجازی است که برابر با یک است اگر معامله سهام i در زمان t توسط معاملات الگوریتمی آغاز شده و در غیر این صورت صفر است، $idevi_{i,t-1}$ انحراف معیار از قیمت میانگین موزون حجمی است، $I_{i,t-1}$ متغیر شاخصی است که اگر معامله از جانب خریدار (فروشنده) آغاز شود، برابر با ۱ (۱-) است، $sprd_{i,t-1}$ شکاف قیمت پیشنهادی خرید و فروش است، $tradesizesize_{i,t-1}$ حجم معاملات، $depth_{i,t-1}$ حجم بازار در بهترین قیمت پیشنهادی خرید و فروش، $ivola_{i,t-1}$ و $vol_{i,t-1}$ به ترتیب وقفه نوسانات و وقفه حجم در بازه زمانی ۱۵ دقیقه قبل از معاملات است. وقفه نوسانات به عنوان مقدار قدرمطلق بازده سهام در طول وقفه و وقفه حجم، حجم کل در طول وقفه است.

متغیر تعاملی $idevi_{i,t-1} * I_{i,t-1}$ از حاصل‌ضرب متغیر انحراف معیار از قیمت میانگین موزون حجمی در یک متغیر تصادفی شاخص I(A) بدست می‌آید.

متغیر $idevi_{i,t-1}$ انحراف معیار از قیمت میانگین موزون حجمی است. این معیار از انحراف معیار پسماندهای برآوردی یک مدل اتورگرسیو AR(6) استخراج می‌شود. بدین ترتیب که برای محاسبه انحراف از قیمت میانگین موزون حجمی پس از برآورد پارامترهای مدل (۹) میزان خطای محاسبه شده هر معامله به عنوان انحراف از قیمت میانگین موزون حجمی در نظر گرفته می‌شود و بر مبنای آنها انحراف معیار قیمت میانگین موزون حجمی به شرح رابطه (۶) اندازه‌گیری می‌شود.

$$Y_t = \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \phi_3 Y_{t-3} + \phi_4 Y_{t-4} + \phi_5 Y_{t-5} + \phi_6 Y_{t-6} + \varepsilon_t$$ مدل ۹)

در مدل فوق Y انحراف معیار از قیمت میانگین موزون حجمی است که به شرح رابطه (۵) اندازه‌گیری می‌شود، جایگزین شده است.

$$devi(VWAP)_{i,t} = \frac{vwap_{i,t-1} - price_{i,t}}{vwap_{i,t-1}}$$ رابطه (۵)

برای انتخاب بهترین برازش مدل اتورگرسیو (۹) از معیار اطلاعات آکائیک (AIC) استفاده شده است. به این صورت مدلی که کمترین AIC را داشته باشد مناسب‌تر خواهد بود.

$$\mathrm{idevi}_{i,t} = \delta(\varepsilon_{i,t})$$ رابطه (۶)

متغیرهای تصادفی شاخص، یک روش مناسب برای تبدیل بین احتمال‌ها و انتظارها را فراهم می‌کنند. برای محاسبه متغیر تصادفی شاخصی ($I_{i,t}$)، اگر آغاز معامله توسط خریدار باشد عدد ۱ و در غیر این صورت اگر آغاز معامله توسط فروشنده باشد عدد (۱-) تعلق می‌گیرد.

متغیر انحراف معیار از قیمت میانگین موزون حجمی با متغیر شاخصی ($I_{i,t}$) در تعامل می‌باشد. متغیر $I_{i,t} \cdot devi_{i,t}$) زمانی مثبت است که معامله خریدی (فروش) رخ دهد که در آن قیمت سهام کمتر (بیشتر) از معیار قیمت میانگین موزون حجمی متداول باشد؛ بنابراین متغیر ($I_{i,t} \cdot devi_{i,t}$) می‌تواند ارزیابی کند که آیا و تا چه اندازه هر معامله می‌تواند معیار قیمت میانگین موزون حجمی را شکست دهد. اگرچه ارزش میانگین اندازه‌گیری برای معاملات الگوریتمی و معاملات غیرالگوریتمی منفی است؛ اما الگوریتم ها با توجه به معیار روزانه قیمت میانگین موزون حجمی معامله‌گران انسانی را شکست می‌دهند.

۳-۳- متغیرهای پژوهش

متغیر وابسته در این پژوهش نرخ بازده غیرعادی روزانه تعدیل شده براساس مدل بازار است.

بازده غیرعادی روزانه بر اساس مدل تعدیل شده‌ی بازار به شرح رابطه (۱) محاسبه می‌شود. در این مدل فرض بر این است بازده بازار نشان‌دهنده‌ی بازده مورد انتظار سهام شرکت‌ها در هر دوره‌ی زمانی است و ریسک سهم معادل ریسک بازار در نظر گرفته می‌شود. بنابراین تفاضل بازده واقعی سهم i و بازده بازار، در دوره‌ی t، نشانگر بازده غیرعادی است.

$$AR_{i,t} = R_{i,t} - E(R_{i,t})$$ رابطه ۱)

در رابطه فوق $AR_{i,t}$ بازده غیرعادی سهام، $R_{i,t}$ بازده واقعی سهام و $E(R)_{i,t}$ بازده مورد انتظار سهام است.

بازده واقعی سهام از طریق رابطه (۲) محاسبه می‌شود.

رابطه ۲)
$$R_{i,t} = \frac{P_{i,t} - P_{i,t-1}}{P_{i,t-1}}$$

در رابطه فوق $R_{i,t}$ بازده واقعی سهام، $P_{i,t}$ قیمت سهام i در روز t و $P_{i,t-1}$ قیمت سهام i در روز t-1 است.

بازده مورد انتظار برابر بازده بازار و بر حسب شاخص‌های کل بازار در نظر گرفته می‌شود؛ لذا به بازده غیرعادی محاسبه شده طبق این روش بازده تعدیل شده بازار می‌گویند. در این پژوهش بازده بازار بر حسب شاخص‌های کل بازار و همسو با پژوهش مهرانی و همکاران (۱۳۸۷) از طریق رابطه (۳) محاسبه می‌شود.

رابطه ۳)
$$R_{m,t} = \frac{TEDPIX_t - TEDPIX_{t-1}}{TEDPIX_{t-1}}$$

در رابطه فوق $R_{m,t}$ بازده بازار، $TEDPIX_{i,t}$ شاخص کل قیمت و سود نقدی سهام در روز t و $TEDPIX_{i,t-1}$ شاخص کل قیمت و سود نقدی سهام در روز t-1 است.

متغیر مستقل اصلی در این پژوهش، سطح فعالیت معاملات الگوریتمی (AT) است که به نسبت‌های شدت خرید و نسبت‌های شدت فروش تقسیم می‌شود تا اطلاعات اضافی دیگری از جهت معاملات شناسایی شود. نحوه اندازه‌گیری متغیرهای نسبت‌های شدت خرید و فروش معاملات الگوریتمی در ادامه بیان شده است.

شدت تقاضای نقدینگی معاملات الگوریتمی (iAT^d): در این پژوهش شدت تقاضای نقدینگی معاملات الگوریتمی (iAT^d)، به عنوان مابه‌التفاوت بین rAT^d در روز رویداد و میانگین rAT^d در پنج روز گذشته تعریف می‌شود. نحوه محاسبه جبری شدت تقاضای نقدینگی معاملات الگوریتمی در رابطه (۱) ارائه شده است.

رابطه ۱)
$$iAT_t^d = rAT_t^d - \frac{1}{5}\sum_{i=t-5}^{t-1} rAT_i^d$$

در رابطه فوق rAT_t^d نسبت حجم تقاضای نقدینگی معاملات الگوریتمی که به شرح زیر محاسبه می‌شود..

متغیر rAT^d به عنوان نسبت حجم تقاضای نقدینگی معاملات الگوریتمی (AT) تقسیم بر حجم کل معاملات تعریف می‌شود و از طریق رابطه (۲) محاسبه می‌شود.

رابطه ۲)
$$rAT_{i.t}^d = \frac{ATvolume_{i.t}^d}{Totalvolume_{i.t}^d}$$

در رابطه فوق $ATvolume_{i.t}^d$ حجم تقاضای نقدینگی در معاملات الگوریتمی برای سهام i در روز t و $Totalvolume_{i.t}^d$ حجم کل تقاضای نقدینگی برای سهام i در روز t است. نسبت عرضه (تامین) نقدینگی نیز به طور مشابه تعریف می‌شود.

شدت عرضه نقدینگی معاملات الگوریتمی (iAT^s): شدت عرضه نقدینگی معاملات الگوریتمی (iAT^s)، به عنوان مابه‌التفاوت بین rAT^s در روز رویداد و میانگین rAT^s در پنج روز گذشته تعریف می‌شود. نحوه محاسبه جبری شدت تقاضای نقدینگی معاملات الگوریتمی در رابطه (۳) ارائه شده است.

رابطه ۳)
$$iAT_t^s = rAT_t^s - \frac{1}{5}\sum_{i=t-5}^{t-1} rAT_i^s$$

در رابطه فوق rAT_t^s نسبت حجم عرضه نقدینگی معاملات الگوریتمی است که به شرح زیر محاسبه می‌شود.

متغیر rAT^s به عنوان نسبت حجم عرضه نقدینگی معاملات الگوریتمی (AT) تقسیم بر حجم کل معاملات تعریف می‌شود و از طریق رابطه (۴) محاسبه می‌شود.

رابطه ۴)
$$rAT_{i.t}^s = \frac{ATvolume_{i.t}^s}{Totalvolume_{i.t}^s}$$

در رابطه فوق $ATvolume_{i.t}^d$ حجم تقاضای نقدینگی در معاملات الگوریتمی برای سهام i در روز t و $Totalvolume_{i.t}^d$ حجم کل تقاضای نقدینگی برای سهام i در روز t است. نسبت عرضه (تامین) نقدینگی نیز به طور مشابه تعریف می‌شود.

شدت تقاضای نقدینگی معاملات الگوریتمی برای معامله‌های آغاز شده توسط خریدار و فروشنده ($iATsell_{i,t}^d$ و $iATbuy_{i,t}^d$): در ادامه $iATbuy_{i,t}^d$ و $iATsell_{i,t}^d$ به ترتیب به عنوان شدت تقاضای نقدینگی معاملات الگوریتمی برای معامله‌های آغاز شده توسط خریدار و آغاز شده توسط فروشنده و $iATbuy_{i,t}^s$ و $iATsell_{i,t}^s$ به عنوان شدت عرضه نقدینگی معاملات الگوریتمی در بخش خرید و فروش به طور مشابه تعریف و به ترتیب رابطه‌های ۵ و ۶ اندازه‌گیری می‌شوند.

رابطه ۵)
$$iATbuy_t^d = rATbuy_t^d - \frac{1}{5}\sum_{i=t-5}^{t-1} rATbuy_i^d$$

رابطه ۶)
$$iATsell_t^d = rATsell_t^d - \frac{1}{5}\sum_{i=t-5}^{t-1} rATsell_i^d$$

در رابطه فوق $rATbuy_{i.t}^d$ نسبت حجم تقاضای نقدینگی خرید AT و $rATsell_{i.t}^d$ نسبت حجم تقاضای نقدینگی فروش AT است که به شرح روابط ۷ و ۸ اندازه‌گیری می‌شوند.

نسبت حجم تقاضای نقدینگی خرید AT همانگونه که در رابطه (۷) نشان داده شده است به عنوان $rATbuy_{i.t}^d$، تعریف می‌شود.

رابطه ۷)
$$rATbuy_{i.t}^d = \frac{ATbuyvolume_{i.t}^d}{Totalbuyvolume_{i.t}^d}$$

در رابطه فوق $ATbuyvolume_{i.t}^{d}$ حجم تقاضای نقدینگی سمت خرید معاملات الگوریتمی برای سهام i در روز t و $Totalbuyvolume_{i.t}^{d}$ کل حجم تقاضای نقدینگی معاملات خرید برای سهام i در روز t است.

همچنین نسبت حجم تقاضای نقدینگی فروش معاملات الگوریتمی به شرح رابطه (۸) اندازه‌گیری می‌شود.

$$rATsell_{i.t}^{d} = \frac{ATsellvolume_{i.t}^{d}}{Totalsellvolume_{i.t}^{d}} \quad \text{رابطه ۸)}$$

در رابطه‌های فوق $ATsellvolume_{i.t}^{d}$ حجم تقاضای نقدینگی سمت فروش معاملات الگوریتمی، $Totalsellvolume_{i.t}^{d}$ حجم کل تقاضای نقدینگی معاملات فروش است.

شدت عرضه نقدینگی معاملات الگوریتمی برای معامله‌های آغاز شده توسط خریدار و فروشنده ($iATsell_{i,t}^{s}$ و $iATbuy_{i,t}^{s}$): در ادامه $iATbuy_{i,t}^{s}$ و $iATsell_{i,t}^{s}$ به عنوان شدت عرضه نقدینگی معاملات الگوریتمی در بخش خرید و فروش به طور مشابه تعریف و به ترتیب رابطه‌های ۹ و ۱۰ اندازه‌گیری می‌شوند.

$$iATbuy_{t}^{s} = rATbuy_{t}^{s} - \frac{1}{5}\sum_{i=t-5}^{t-1} rATbuy_{i}^{s} \quad \text{رابطه ۹)}$$

$$iATbuy_{t}^{s} = rATsell_{t}^{s} - \frac{1}{5}\sum_{i=t-5}^{t-1} rATsell_{i}^{s} \quad \text{رابطه ۱۰)}$$

در رابطه فوق $rATbuy_{i.t}^{s}$ نسبت حجم عرضه نقدینگی خرید AT و $rATsell_{i.t}^{s}$ نسبت حجم عرضه نقدینگی فروش AT است که به شرح روابط ۱۰ و ۱۱ اندازه‌گیری می‌شوند.

$$rATbuy_{i.t}^{s} = \frac{ATbuyvolume_{i.t}^{s}}{Totalbuyvolume_{i.t}^{s}} \quad \text{رابطه ۱۰)}$$

$$rATsell_{i.t}^{s} = \frac{ATsellvolume_{i.t}^{s}}{Totalsellvolume_{i.t}^{s}} \quad \text{رابطه ۱۱)}$$

در رابطه فوق $ATbuyvolume_{i.t}^{s}$ حجم عرضه نقدینگی سمت خرید معاملات الگوریتمی برای سهام i در روز t، $Totalbuyvolume_{i.t}^{s}$ کل حجم عرضه نقدینگی معاملات خرید برای سهام i در روز t، $ATsellvolume_{i.t}^{s}$ حجم عرضه نقدینگی سمت فروش معاملات الگوریتمی و $Totalsellvolume_{i.t}^{s}$ حجم کل عرضه نقدینگی معاملات فروش است.

عدم تعادل در حجم سفارشات معاملات الگوریتمی و غیرالگوریتمی: در این بخش، نحوه اندازه‌گیری متغیرهای عدم تعادل در حجم سفارشات معاملات الگوریتمی و غیرالگوریتمی ارائه شده است. برخلاف معیارهای مبتنی بر نسبت‌های شدت‌های معاملات الگوریتمی ارائه شده در بخش پیشین، در این پژوهش متغیر عدم‌تعادل سفارشات معاملات الگوریتمی و غیرالگوریتمی بطور جداگانه و بر پایه تفاضل بین حجم سفارشات خرید و فروش

اندازه‌گیری می‌شوند. همچنین علیرغم اینکه معیارهای شدت معاملات الگوریتمی بر نسبت نسبی معاملات الگوریتمی در کل معاملات متمرکز است؛ اما عدم‌تعادل سفارشات مستقیما اثرات قیمت معاملات الگوریتمی و غیرالگوریتمی را مقایسه می‌کند.

عدم تعادل سفارش تقاضای نقدینگی معاملات الگوریتمی (AT^d): عدم تعادل سفارش در تقاضای نقدینگی معاملات الگوریتمی به عنوان تفاوت بین حجم خرید و فروش تقاضای نقدینگی معاملات الگوریتمی تعریف می‌شود. نحوه اندازه‌گیری عدم تعادل سفارش تقاضای نقدینگی معاملات الگوریتمی به شرح رابطه (۱۰) است.

$$AT_{i,t}^{d} = ATbuyvolume_{i,t}^{d} - ATsellvolume_{i,t}^{d}$$ رابطه ۱۰)

در رابطه فوق $ATbuyvolume_{i.t}^{d}$ حجم خرید تقاضای معاملات آغاز شده با معاملات الگوریتمی در روز t برای سهام i و $ATsellvolume_{i.t}^{d}$ حجم فروش تقاضای معاملات آغاز شده با معاملات الگوریتمی در روز t برای سهام i است.

عدم تعادل سفارش عرضه نقدینگی معاملات الگوریتمی (AT^s): عدم تعادل سفارش عرضه نقدینگی معاملات الگوریتمی برابر با مابه‌التفاوت حجم خرید و فروش عرضه نقدینگی معاملات الگوریتمی است و از طریق رابطه (۱۱) اندازه‌گیری می‌شود.

$$AT_{i,t}^{s} = ATbuyvolume_{i,t}^{s} - ATsellvolume_{i,t}^{s}$$ رابطه ۱۱)

در رابطه فوق $ATbuyvolume_{i.t}^{s}$ حجم خرید عرضه معاملات آغاز شده با معاملات الگوریتمی در روز t برای سهام i و $ATsellvolume_{i.t}^{s}$ حجم فروش عرضه معاملات آغاز شده با معاملات الگوریتمی در روز t برای سهام i است.

عدم تعادل سفارش تقاضا نقدینگی معاملات غیرالگوریتمی: عدم تعادل سفارش تقاضا از طریق رابطه (۱۲) اندازه‌گیری می‌شود. ذکر این نکته ضرروی است از آنجا که عدم تعادل‌های سفارشات تقاضا و عرضه نقدینگی دارای همخطی هستند و در نتیجه مجموع آنها همواره صفر است؛ لذا به طور جداگانه ارزیابی می‌شوند.

$$nonAT_{i,t}^{d} = nonATbuyvolume_{i,t}^{d} - nonATsellvolume_{i,t}^{d}$$ رابطه ۱۲)

در رابطه فوق $nonATbuyvolume_{i.t}^{d}$ حجم خرید تقاضای معاملات آغاز شده با معاملات غیرالگوریتمی، $nonATsellvolume_{i.t}^{d}$ حجم فروش تقاضای معاملات آغاز شده با معاملات غیرالگوریتمی در روز t برای سهام i است.

عدم تعادل سفارش عرضه نقدینگی معاملات غیرالگوریتمی: عدم تعادل سفارش عرضه نقدینگی معاملات غیرالگوریتمی برابر با مابه‌التفاوت حجم خرید و فروش عرضه نقدینگی معاملات غیرالگوریتمی است و از طریق رابطه (۱۳) اندازه‌گیری می‌شود.

$$nonAT^{S}_{i,t} = nonATbuyvolume^{S}_{i,t} - nonATsellvolume^{S}_{i,t}$$ رابطه ۱۳)

در رابطه فوق $nonATbuyvolume^{S}_{i,t}$ حجم خرید عرضه معاملات آغاز شده با معاملات غیرالگوریتمی و $nonATsellvolume^{S}_{i,t}$ حجم فروش عرضه معاملات آغاز شده با معاملات غیرالگوریتمی در روز t برای سهام i است.

خالص عدم تعادل سفارش عرضه و تقاضای نقدینگی معاملات الگوریتمی (AT^{net}): بروگرد و همکاران (۲۰۱۸) و بروگرد و همکاران (۲۰۱۴) از یک معیار فعالیتی برای خالص کردن عرضه و تقاضای نقدینگی حاصل از معاملات پربسامد (HFT) استفاده کردند؛ از اینرو در این پژوهش معیار مشابهی برای معاملات الگوریتمی استفاده شده تا اثر ترکیبی تقاضا و عرضه نقدینگی توسط معاملات الگوریتمی تجزیه و تحیل شود که بدین منظور، عدم‌تعادل خالص عرضه و تقاضای نقدینگی معاملات الگوریتمی (AT^{net})، به عنوان مجموع AT^{d} و AT^{s} معرفی می‌شود و از طریق رابطه (۱۴) اندازه‌گیری می‌شود. معمولا نقدینگی برخلاف (در) جهت حرکت قیمت تامین (مصرف) می‌شود؛ بنابراین AT^{d} و AT^{s} معمولا علامت‌های متفاوتی دارند. عدم‌تعادل خالص (AT^{net})، جهت کلی فعالیت‌های معاملات الگوریتمی را نشان می‌دهد و عدم‌تعادل خالص مثبت بدین معناست که روی هم رفته معاملات در جهت نرخ‌های بازدهی مثبت است.

$$AT^{net}_{i,t} = AT^{d}_{i,t} + AT^{s}_{i,t}$$ رابطه ۱۴)

متغیرهای نسبت اندازه شرکت، میانگین وزنی حجم روزانه هر معامله، نوسانات ویژه روزانه سهام و بتا مجموعه متغیرهای کنترلی پژوهش هستند که در پژوهش‌های پیشین از آن‌ها به عنوان متغیرهای موثر بر نرخ بازده غیرعادی سهام یاد شده است (مانند فوکو، کادان و کندل، ۲۰۱۳؛ هندرسوت و ریوردان، ۲۰۱۳؛ جاگادیش و همکاران، ۲۰۱۹).

اندازه شرکت (Size)، از طریق لگاریتم طبیعی ارزش بازار سهام پنج روز قبل از روز رویداد به دست می‌آید. متغیر اندازه شرکت در مدل‌های پژوهش گنجانده شده است تا ارتباط ممکن آن با نرخ بازده و شدت معاملات الگوریتمی کنترل شود. علاوه بر این، در همه سفارشات، شاخص ارزش وزن‌دهی، وزن بیشتری به سهام شرکت‌های بزرگتر می‌دهد؛ بنابراین در نظر گرفتن اندازه می‌تواند سوگیری‌های بالقوه به سمت سهام‌های بزرگتر را کاهش دهد.

$effsprd_{i.t}$ میانگین وزنی حجم روزانه برای هر معامله است. میانگین حجم وزن‌دهی‌شده پراکندگی موثر روزانه در مدل‌های پژوهش گنجانده شده است تا تاثیرات نقدینگی بر نرخ بازده و شدت معاملات الگوریتمی کنترل شود. در همین راستا، مدل تجربی ارائه شده توسط فوکو، کادان و کندل (۲۰۱۳) ارتباط قوی بین معاملات الگوریتمی و نرخ معاملات را نشان داد. شواهد تجربی نشان می‌دهد که ATat از استراتژی نقدینگی-محور پیروی می‌کند (هندرسوت و ریوردان، ۲۰۱۳). اگر معاملات الگوریتمی (AT) با نقدینگی در نمونه آماری پژوهش مرتبط باشد، حذف کردن معیارهای نقدینگی ممکن است متغیرهای اصلی را مجبور کند که تبدیل به معیارهایی برای

اثرات نقدینگی شوند؛ بنابراین برای اطمینان از اینکه رابطه تخمینی بین معاملات الگوریتمی (AT) و نرخ بازده نسبت به تاثیر معیارها و قیمت‌گذاری قوی است، میانگین حجم وزن‌دهی‌شده روزانه معاملات به مدل‌های پژوهش اضافه شده است (ژو و همکاران، ۲۰۲۰).

$ivola_{i.t}$ برابر با نوسانات ویژه روزانه براساس نرخ بازده روزانه سهام و بازار در بازه‌های زمانی ۵ دقیقه‌ای است. دیرکنز (۱۹۹۱) پیشنهاد می‌کند که از نوسانات خاص به عنوان معیاری برای اثرات اطلاعاتی استفاده شود. اگر معاملات الگوریتمی (AT) دارای مزیت اطلاعاتی باشد، همانطور که توسط بایایس و همکاران (۲۰۱۵) استدلال شده است، معاملات الگوریتمی با واریانس نوسانات ویژه مرتبط خواهد بود.

$beta_{i.t}$ بتا ابزاری است که اگر روز t یک روز زوج (فرد) باشد، بتا براساس بتاهای ۵ روز فرد (زوج) گذشته و براساس نتایج تجربی پژوهش جاگادیش و همکاران (۲۰۱۹) تعریف می‌شود. مقدار بتا مستقیماً با نرخ بازده و نوسانات تعدیل شده بازار ارتباط دارد. مشابه با پژوهش جاگادیش و همکاران (۲۰۱۹) بتای در روزهای زوج (فرد) ابزاری است که بر اساس بتای ۵ روز فرد (زوج) گذشته تعیین می‌شود. ابزار بتا می‌تواند خطای اندازه‌گیری را در ضرایب شیب مدل بازار کاهش دهد و از تأثیر ساختار عامل در نوسانات بازار جلوگیری کند. در ادامه لیست کاملی از تعریف متغیرهای پژوهش در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲. تعاریف متغیرها

متغیر	تعریف
$nonAT^{s}_{i.t}$	$nonAT^{s}_{i.t} = nonATbuyvolume^{s}_{i.t} - nonATsellvolume^{s}_{i.t}$ که در آن $nonATbuyvolume^{s}_{i.t}$ حجم عرضه نقدینگی در سمت خرید معاملات غیرالگوریتمی (non-AT) و متغیر $nonATsellvolume^{s}_{i.t}$ حجم عرضه نقدینگی در سمت فروش معاملات غیرالگوریتمی (non-AT) و است.
$AT^{net}_{i.t}$	$AT^{net}_{i.t} = AT^{d}_{i.t} + AT^{s}_{i.t}$ که در آن $AT^{net}_{i.t}$ شاخص خالص عدم تعادل سفارش معاملات الگوریتمی است که با منفی خالص عدم تعادل سفارش در معاملات غیرالگوریتمی برابر است. ($AT^{net}_{i.t} = nonAT^{net}_{i.t}$). شاخص خالص عدم تعادل سفارش اطلاعات عدم تعادل سفارش در مورد باز و بسته شدن قیمت‌ها در بازار سهام است که قبل از اعلام قیمت‌ها به کاربران بازار داده می‌شود. این شاخص بر اساس سفارشات واقعی خرید و فروش، ۱۰ دقیقه قبل از بسته شدن بازار و پنج دقیقه قبل از افتتاح بازار، میزان عرضه و تقاضای واقعی سهام را نشان می‌دهد.
متغیر مجازی $at_{i.t}$	$at_{i.t}$ متغیر مجازی است که در که آن اگر معامله توسط معاملات الگوریتمی (AT) آغاز شود، برابر با ۱ و در غیراین صورت مقدار صفر به آن تعلق می‌گیرد.
$ar_{i.t}$	نرخ بازده غیرعادی روزانه تعدیل شده براساس بازار است.
$size_{i.t}$	اندازه شرکت است که برابر با لگاریتم طبیعی ارزش بازار سهام پنج روز قبل از روز رویداد است.
$effsprd_{i.t}$	میانگین وزنی حجم روزانه برای هر معامله است.
$ivola_{i.t}$	نوسانات ویژه روزانه براساس نرخ بازده روزانه سهام و بازار در بازه‌های زمانی ۵ دقیقه‌ای

متغیر	تعریف
$beta_{i.t}$	بتا ابزاری است که اگر روز t یک روز زوج (فرد) باشد، بتا براساس بتاهای ۵ روز فرد (زوج) گذشته و براساس نتایج تجربی پژوهش جاگادیش (۲۰۱۸) تعریف می‌شود.
$up_{i.t}$	متغیر مجازی روزهای صعودی است که اگر روز t، روز صعودی بازار باشد برابر یک خواهد بود.
$down_{i.t}$	متغیر مجازی روزهای نزولی است که اگر روز t، روز نزولی بازار باشد، برابر یک خواهد بود.
$news_{i.t}$	متغیر مجازی اخبار است که اگر اخبار خاص شرکت و تاثیرگذار بر قیمت سهم در روز t باشد، برابر یک خواهد بود.
$vwap_{i.t}$	$vwap_{i.t} = \frac{\sum_{j=1}^{t} vol_{i.j} price_{i.j}}{\sum_{j=1}^{t} vol_{i.j}}$ که در آن $vol_{i.j}$ و $price_{i.j}$ حجم و قیمت معامله در زمان j (j=1,2,…,t-1) برای سهام i است. متغیر $vwap_{i.t}$ در ابتدای هر روز معاملاتی مجددا محاسبه می‌شود. میانگین قیمت حجمی وزنی (VWAP) یک ابزار تجزیه و تحلیل تکنیکال است که برای اندازه‌گیری میانگین قیمت وزن شده توسط حجم استفاده می‌شود.
$var_{i.t}$	$var_{i.t} = \frac{(price_{i.t} - vwap_{i.t-1})^{2}}{(vwap_{i.t-1})^{2}}$ واریانس معامله در زمان t نسبت به VWAP موجود در زمان t (بدون در نظرگرفتن معاملات در آن زمان) است.
$dev_{i.t}$	$devl_{i,t} = \frac{(vwap_{i.t-1} - price_{i.t})}{(vwap_{i.t-1})}$ انحراف معیار از میانگین قیمت حجمی وزنی (VWAP) است.
$I_{i.t}$	یک متغیر شاخصی است که برای خریدار (فروشنده) معامله برابر با ۱ (۱-) است.
$spread_{i.t}$	شکاف قیمت پیشنهادی خرید و فروش است
$tradesize_{i.t}$	حجم معاملات است
$depth_{i.t}$	حجم بازار در بهترین قیمت پیشنهادی خرید و فروش است.
$vola_{i.t-1}$	وقفه نوسانات است که به عنوان ارزش قدرمطلق نرخ بازده سهام در بازه زمانی ۱۵ دقیقه قبل از معاملات محاسبه می‌شود.
$vol_{i.t-1}$	حجم معاملات با وقفه است که به عنوان حجم کل معاملات در ۱۵ دقیقه قبل از معامله محاسبه می‌شود.

۴-یافته‌های پژوهش

۴-۱- آمار توصیفی

در اولین بخش از ارائه یافته‌های پژهش، آماره‌های توصیفی متغیرهای پژوهش ارائه شده است. نتایج آمار توصیفی در جدول ۲ مقادیر میانگین مقطعی حجم معاملات، تعداد معاملات و نسبت‌های حجم معاملات الگوریتمی (AT)

را نشان می‌دهد. آمارهای روزانه برای تمام روز معاملاتی از جمله ۲۵ روز صعودی و ۱۵ روز نزولی گزارش شده است. میانگین شدت خرید و فروش معاملات الگوریتمی به ترتیب ۰/۵۱۰ و ۰/۴۹۲ است که همسو با یافته‌های کوردیا و سوبراهمانیام (۲۰۰۴) و ژو و همکاران (۲۰۲۰) در بورس استرالیا نشان می‌دهد تعداد معاملات خرید اندکی بیشتر از تعداد معاملات فروش است. همچنین مطابق با این مفهوم که نرخ بازده بازار با افزایش حجم معاملات ارتباط دارد، میانگین شدت خرید معاملات الگوریتمی در روزهای صعودی بازار بیشتر از کلیه روزها است.

جدول ۳. نتایج آمار توصیفی

	کلیه روزها		روزهای صعودی		روزهای نزولی	
متغیرها	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار
$(\%)rAT^d$	۰/۵۱۰	۰/۰۱۸	۰/۵۳۸	۰/۰۱۲	۰/۵۴۰	۰/۰۳۰
$(\%)rAT^s$	۰/۴۹۲	۰/۰۴۲	۰/۵۰۶	۰/۰۳۹	۰/۵۲۵	۰/۰۴۴
$(\%)rATbuy^d$	۰/۴۸۴	۰/۰۰۹	۰/۵۴۲	۰/۰۱۳	۰/۵۶۸	۰/۰۲۵
$(\%)rATsell^d$	۰/۵۲۵	۰/۱۵۳	۰/۵۳۴	۰/۱۶۴	۰/۵۵۵	۰/۲۰۱
$(\%)rATbuy^s$	۰/۴۹۴	۰/۰۷۴	۰/۵۱۷	۰/۰۸۹	۰/۵۲۹	۰/۰۱۱
$(\%)rATsell^s$	۰/۴۸۳	۰/۰۲۶	۰/۵۵۲	۰/۰۲۰	۰/۵۳۴	۰/۰۳۴
$ar_{i.t}$	۰/۱۵۴	۰/۰۳۱	۰/۲۰۲	۰/۰۰۶	−۰/۱۴۳	۰/۰۱۲
$size_{i.t}$	۶/۴۸۰	۰/۲۲۱	۶/۲۷۵	۰/۲۳۲	۶/۰۱۴	۰/۲۲۴
$ivola_{i.t}$	۰/۲۲۷	۰/۰۲۳	۰/۲۵۹	۰/۰۱۷	۰/۲۶۲	۰/۰۴۸
$beta_{i.t}$	۱/۲۵۷	۰/۲۴۹	۱/۳۶۰	۰/۱۳۵	۱/۴۸۲	۰/۰۹۴

در این بخش به منظور تجزیه و تحلیل همبستگی بین متغیرهای پژوهش از ضریب همبستگی استفاده شده است. نتایج حاصل از ضریب همبستگی در میان نسبت‌های معاملات الگوریتمی (AT) در جدول ۴ ارائه شده است و نشان می‌دهد اگر چه ضریب همبستگی بین متغیر rAT^d با $rATbuy^d$ و $rATsell^d$ به ترتیب ۰/۵۱۹ و ۰/۶۲۰ است؛ اما مقدار ضریب همبستگی بین $rATbuy^d$ و $rATsell^d$ فقط ۰/۰۹۴ است. روابط میان متغیرهای نسبت‌های عرضه نقدینگی نیز مشابه است. به عنوان مثال مقدار ضریب همبستگی بین متغیر rAT^s با $rATbuy^s$ و $rATsell^s$ به ترتیب ۰/۷۱۱ و ۰/۵۹۲ است؛ اما مقدار ضریب همبستگی بین $rATbuy^s$ و $rATsell^s$ فقط ۰/۰۲۴− است. این یافته‌ها بدان معناست که تفکیک متغیر معاملات الگوریتمی به نسبت‌های تقاضا و عرضه خرید و فروش اطلاعات اضافی و متمایزی را در مقایسه با فقط نسبت معاملات الگوریتمی (AT) غیرجهت‌دار ارائه می‌کند.

جدول ۴. نتایج ضریب همبستگی

متغیر	$rATbuy^d$	$rATsell^d$	rAT^s	$rATbuy^s$	$rATsell^s$
rAT^d	۰/۵۱۹	۰/۶۲۰	۰/۲۸۴	۰/۲۵۱	۰/۲۳۹
$rATbuy^d$		۰/۰۹۴	۰/۲۵۳	۰/۱۴۲	۰/۵۶۱
$rATsell^d$			۰/۲۲۸	۰/۳۳۲	۰/۱۰۸
rAT^s				۰/۷۱۱	۰/۵۹۲
$rATbuy^s$					-۰/۰۲۴

۴-۲- نتایج آزمون فرضیه اول

هدف از آزمون فرضیه اول پژوهش، بررسی تاثیر معاملات الگوریتمی بر نرخ بازده غیرعادی سهام است که برای این منظور از شدت تقاضا و عرضه نقدینگی و نسبت‌های شدت تقاضا و عرضه خرید و فروش معاملات الگوریتمی به عنوان معیارهایی برای معاملات الگوریتمی استفاده شده است. نتایج آزمون فرضیه اول در ادامه به تفکیک بیان شده است.

الگوهای ۱ و ۴ در جدول ۳ نتایج مربوط به شدت معاملات الگوریتمی در روزهای صعودی را نشان می‌دهند. همانگونه که نتایج الگوی اول در جدول ۴ نشان می‌دهد ضریب متغیر شدت تقاضای معاملات الگوریتمی ۰/۵۴۱- و معنادار و ضریب متغیر شدت عرضه معاملات الگوریتمی ۰/۲۰۹- و غیرمعنادار است. منفی و معنادار بودن مقدار ضریب متغیر شدت تقاضای معاملات الگوریتمی بدین معناست که بین افزایش شدت تقاضای معاملات الگوریتمی و نرخ بازده غیرعادی سهام رابطه‌ای معکوس وجود دارد. به عبارتی دیگر، شرکت‌هایی که تقاضای معاملات الگوریتمی بیشتری دارند، دارای بازده غیرعادی کمتری هستند و از نوسانات قیمت کمتری برخوردار هستند. ضریب متغیرهای شدت تقاضا و عرضه معاملات الگوریتمی همانگونه که براساس مبانی نظری بیان شد برای روزهای صعودی منفی است.

در ادامه برای تأکید بر اهمیت مسیر معاملات، همانگونه که در مدل‌های ۲ و ۳ نشان داده شده شدت معاملات الگوریتمی به شدت خرید و فروش بر اساس حجم خرید و فروش تفکیک شده است و این مدل‌ها آزمون شده است. نتایج الگوی دوم نشان می‌دهد در سطح معناداری ۰/۰۵ متغیر شدت تقاضای نقدینگی معاملات الگوریتمی برای معامله‌های آغاز شده توسط خریدار ($iATbuy^a_{i,t}$) رابطهٔ منفی و معنادار و متغیر شدت تقاضای نقدینگی معاملات الگوریتمی برای معامله‌های آغاز شده توسط فروشنده ($iATsell^a_{i,t}$) دارای رابطهٔ منفی و غیرمعنادار با نرخ بازده غیرعادی سهام است. مقدار ضریب شدت تقاضای خرید معاملات الگوریتمی ۱/۰۲۵- بدین معناست که یک افزایش ۱۰ درصدی در شدت خرید معاملات الگوریتمی منجر به کاهش ۱۰ واحد پایه در نرخ بازده غیرعادی سهام می‌شود. نتایج الگوی سوم نشان می‌دهد در سطح معناداری ۰/۰۵ متغیر شدت عرضه نقدینگی معاملات الگوریتمی برای معامله‌های آغاز شده توسط خریدار ($iATbuy^s_{i,t}$) رابطهٔ منفی و معنادار و متغیر شدت عرضه نقدینگی معاملات الگوریتمی برای معامله‌های آغاز شده توسط فروشنده ($iATsell^s_{i,t}$) دارای رابطهٔ منفی و

غیرمعنادار با نرخ بازده غیرعادی سهام است. منفی و معنادر بودن مقدار ضریب شدت عرضه خرید معاملات الگوریتمی ۱/۱۵۶- بدین بدین معناست که افزایش شدت عرضه خرید منجر به کاهش نرخ بازده غیرعادی سهام می‌شود.

جدول ۵. نتایج بررسی نرخ بازده تعدیل شده بازار روز رویداد بر شدت معاملات الگوریتمی

روزهای صعودی						
	الگوی اول		الگوی دوم		الگوی سوم	
متغیر	ضریب	مقداراحتمال	ضریب	مقداراحتمال	ضریب	مقداراحتمال
iAT^d	-۰/۵۴۱	۰/۰۳۹	-	-	-	-
iAT^s	-۰/۲۰۹	۰/۰۶۴	-	-	-	-
$iATbuy^d$	-	-	-۱/۰۲۵	۰/۰۳۱	-	-
$iATsell^d$	-	-	-۰/۳۲۰	۰/۰۵۱	-	-
$iATbuy^s$	-	-	-	-	-۰/۵۲۳	۰/۰۰۰
$iATsell^s$	-	-	-	-	-۱/۱۵۶	۰/۰۸۰
$size$	-۰/۷۰۴	۰/۰۲۱	-۰/۵۲۰	۰/۰۰۳	-۰/۱۲۴	۰/۰۴۸
$effsprd$	-۰/۱۴۶	۰/۲۴۶	-۰/۰۱۴	۰/۱۵۰	-۰/۰۹۰	۰/۰۷۶
$ivola$	۰/۲۶۵	۰/۰۰۰	۰/۳۴۸	۰/۰۰۹	۰/۰۱۴	۰/۰۱۳
$beta$	۰/۱۰۸	۰/۰۵۵	۰/۸۲۱	۰/۰۸۳	۰/۰۶۲	۰/۱۲۸
β_0	۱/۴۱۲	۰/۰۰۰	۱۰/۲۶۲	۰/۰۰۰	۱/۰۳۸	۰/۰۰۰
آزمون هاسمن	آماره ۱۶/۵۱۸	مقداراحتمال ۰/۰۰۰	آماره ۸/۲۲۴	مقداراحتمال ۰/۰۰۴	آماره ۱۲/۶۰۹	مقداراحتمال ۰/۰۰۰
نوع مدل	پانل با اثرات ثابت		پانل با اثرات ثابت		پانل با اثرات ثابت	
آماره	آماره F	مقداراحتمال	آماره F	مقداراحتمال	آماره F	مقداراحتمال
مقدار آماره	۲/۰۴۲	۰/۰۰۱	۲/۷۵۹	۰/۰۰۰	۲/۴۳۱	۰/۰۰۰
ضریب‌تعیین	۰/۲۸۴		۰/۰/۳۰۱		۰/۳۱۶	

نتایج مربوط به شدت معاملات الگوریتمی در روزهای نزولی در جدول ۴ ارائه شده است. نتایج الگوی اول در جدول ۴ نشان می‌دهد ضریب متغیر شدت تقاضای معاملات الگوریتمی ۰/۱۸۲ و غیرمعنادار و ضریب متغیر شدت عرضه معاملات الگوریتمی ۰/۰۱۳ و معنادار است. مثبت و معنادار بودن مقدار ضریب متغیر شدت عرضه معاملات الگوریتمی در روزهای نزولی بدین معناست که بین افزایش شدت عرضه معاملات الگوریتمی و نرخ بازده غیرعادی سهام در روزهای متلاطم که بازار سیر نزولی دارد رابطه‌ای مثبت وجود دارد. نتایج الگوی دوم و سوم نشان می‌دهد تنها متغیر شدت تقاضای فروش معاملات الگوریتمی $iATsell^a_{i,t}$ با نرخ بازده غیرعادی سهام دارای رابطه مثبت و

معنادر است. مقدار ضریب شدت تقاضای فروش معاملات الگوریتمی ۱/۲۲۶- بدین معناست که یک افزایش ۱۰ درصدی در شدت فروش معاملات الگوریتمی منجر به کاهش ۱۲ واحد پاپه در نرخ بازده غیرعادی سهام می‌شود.

به طور کلی، این نتایج نشان می‌دهد هنگامی که بازار دارای کاهش قیمت بیش از ۲٪ است، کاهش بیشتر در قیمت یک سهم مشخص، توسط یک کاهش در نرخ بازده غیرعای که نشان دهنده فشار قیمت نزولی بیشتر آن است نشان داده می‌شود؛ لذا ضریب مثبت شدت معاملات الگوریتمی نشان می‌دهد معاملات الگوریتمی با فشارهای نزولی بیشتر در قیمت سهام رابطه دارد. متناوباً ، ضریب منفی شدت معاملات الگوریتمی نشان می‌دهد سهام‌هایی که بیشتر توسط معاملات الگوریتمی معامله شده، نوسانات نزولی کمتری را در روزهای نزولی بازار از خود نشان دهند.

جدول ۶. نتایج بررسی نرخ بازده تعدیل شده بازار روز رویداد بر شدت معاملات الگوریتمی

روزهای نزولی					
	الگوی اول		الگوی دوم		الگوی سوم	
متغیر	ضریب	مقداراحتمال	ضریب	مقداراحتمال	ضریب	مقداراحتمال
iAT^d	۰/۱۸۲	۰/۰۶۴	–	–	–	–
iAT^s	۰/۰۱۳	۰/۰۰۷	–	–	–	–
$iATbuy^d$	–	–	-۰/۴۱۰	۰/۰۵۷	–	–
$iATsell^d$	–	–	۱/۲۶۶	۰/۰۱۳	–	–
$iATbuy^s$	–	–	–	–	۰/۱۲۸	۰/۲۱۸
$iATsell^s$	–	–	–	–	۱/۱۱۵	۰/۰۹۳
$size$	-۰/۰۱۰	۰/۰۰۱	۰/۰۹۴	۰/۰۳۱	-۰/۶۱۸	۰/۰۱۷
$effsprd$	-۰/۰۴۸	۰/۰۳۹	-۰/۲۷۶	۰/۰۰۰	-۰/۷۸۴	۰/۰۰۰
$ivola$	۰/۸۳۲	۰/۵۰۰	۰/۸۴۲	۰/۰۸۱	۰/۳۵۲	۰/۰۰۰
$beta$	۰/۵۱۴	۰/۱۲۸	۰/۱۶۰	۰/۱۰۸	۰/۱۰۹	۰/۴۴۳
β_0	۰/۶۳۲	۰/۰۰۰	۱/۰۷۷	۰/۰۰۰	۱/۱۶۰	۰/۰۰۰
آزمون هاسمن	آماره ۷/۰۲۸	مقداراحتمال ۰/۰۰۲	آماره ۲/۶۳۱	مقداراحتمال ۰/۰۶۴	آماره ۱۴/۷۳۱	مقداراحتمال ۰/۰۰۰
نوع مدل	پانل با اثرات ثابت		پانل با اثرات تصادفی		پانل با اثرات ثابت	
آماره	آماره F	مقداراحتمال	آماره F	مقداراحتمال	آماره F	مقداراحتمال
مقدار آماره	۲/۴۱۶	۰/۰۰۱	۳/۱۷۹	۰/۰۰۰	۲/۳۷۵	۰/۰۰۰
ضریب‌تعیین	۰/۲۶۴		۰/۳۱۱		۰/۳۳۸	

۴-۲-۱-تحلیل بعد از روز رویداد

یافته‌های تجربی در رابطه با روزهای رویداد نشان داد ارزش قدرمطلق نرخ بازدهای سهام با معاملات الگوریتمی با شدت کمتر، بیشتر از نرخ بازدهای سهام با معاملات الگوریتمی شدت بالاتر است؛ از اینرو در این بخش، تفاوت بازده پس از روزهای رویداد بین سهام با شدت معاملات الگوریتمی زیاد و کم بررسی می‌شود.

تفاوت نرخ بازده سهام در روز رویداد را می‌توان توسط واکنش معاملات غیرالگوریتمی به اطلاعات و قیمت‌ها مشتق شده نسبت به ارزش‌های بنیادی آنها توضیح داد. اگر به این شیوه باشد، باید هیچ برگشت بازده‌ای در طول دوره بلافاصله بعد از روز رویداد برای سهام‌ها با شدت معاملات الگوریتمی کمتر در مقایسه با آنهایی که دارای شدت معاملات الگوریتمی بالاتر هستند مشاهده شود. با این وجود، اگر برگشت‌های بازده معناداری در میان سهام‌ها با شدت معاملات الگوریتمی کمتر وجود داشته باشد، در این صورت معاملات غیر الگوریتمی نوسانات قیمت را افزایش می‌دهد و باعث می‌شود که قیمت‌ها از ارزش‌های بنیادی‌شان منحرف شوند.

در راستای تحلیل داده‌ها از آنجا که دوره زمانی پژوهش یک سال است؛ لذا محدوده زمانی داده‌های پژوهش نشان می‌دهد که تحلیل‌های بلندمدت ممکن نیست؛ با این وجود، تجزیه و تحلیل بازده غیرعادی انباشته (CAR) بعد از روز رویداد برای پنج روز بلافاصله بعد از روز رویداد ارائه شده است. بازده‌های غیرعادی بعد از روز رویداد به عنوان CARهایی برای هر سهم جمع می‌شود و سپس براساس شدت تقاضای نقدینگی معاملات الگوریتمی روز رویدادشان به دسته‌های چهارتایی تقسیم می‌شوند. برای تقسیم‌بندی از متغیر $iATbuy^{d}$ ($iATsell^{d}$) برای روزهای صعودی (نزولی) بازار استفاده می‌شود. سپس با استفاده از آزمون مقایسه میانگین‌ها تفاوت میانگین بین CARهای دارای شدت معاملات الگوریتمی بالا و پایین محاسبه شده است. اگر رابطه اثرات نرخ بازده با شدت معاملات الگوریتمی پایین (و در نتیجه شدت معاملات غیرالگوریتمی بالا) در روزهای رویداد ناپایدار باشد، CARهای بسیار بالاتری را در سهام‌های با معاملات الگوریتمی پایین در مقایسه با سهام‌های با معاملات الگوریتمی بالا بلافاصله بعد از روزهای نزولی بازار مشاهده می‌شود. متناوبا، اگر تاثیرات بازده در روزهای رویداد بنیادی باشند، اختلاف‌های ناچیزی در CARهای بعد از رویداد مشاهده می‌شود.

جدول ۴ نتایج آزمون مقایسه میانگین بازده غیرعادی انباشته (CAR) بعد از روز رویداد که توسط تقاضای نقدینگی معاملات الگوریتمی به چهار گروه رتبه بندی شده را نشان می‌دهد. سطر اول (دوم) حاوی میانگین تفاوت بین ۵۰٪ (۲۵٪) بالا و پایین بازده غیرعادی انباشته بر اساس فعالیتهای معاملات الگوریتمی است. ستون اول و ستون سوم شامل تفاوت تمام بازده‌های غیرعادی انباشته پس از رویداد است. ستون‌های دوم و جهارم تفاوت بازده‌های غیرعادی انباشته در زیر مجموعه‌ای از روزهای رویداد و پس از روز رویداد را نشان می‌دهد. به بیانی دیگر، ستون‌های دوم و جهارم تفاوت بازده‌های غیرعادی انباشته بعد از رویداد را در زیر مجموعه‌ای از روزهای رویداد مستقل نشان می‌دهد که حداقل پنج روز از یکدیگر فاصله دارند؛ بنابراین دوره های CAR در ستون ۳ و ۵ با هم همپوشانی ندارند.

نتایج جدول ۴ نشان می‌دهد در روزهای نزولی بازار، تفاوت بازده‌های غیرعادی انباشته پس از روز رویداد در سطح معناداری ۰/۰۵ از نظر آماری منفی و معنادار است. این یافته نشان می‌دهد برگشت‌های بازده معناداری در

میان سهام‌ها با شدت معاملات الگوریتمی کمتر وجود داشته باشد، با این وجود، نتایج در روزهای صعودی بازار نشان می‌دهد تفاوت بازده‌های غیرعادی انباشته پس از روز رویداد در سطح معناداری ۰/۰۵ از نظر آماری معنادار نیست. به طور کلی این نتایج نشان می‌دهد سهامی که سطوح پایین‌تر معاملات الگوریتمی دارند، بازگشت بازده قابل توجهی را بعد از روزهای نزولی بازار تجربه می‌کنند. همچنین سهامی که کمتر توسط معاملات الگوریتمی معامله می‌شوند، اغلب در روزهای متلاطم طی ۵ روز معاملاتی بعد، تمایل بیشتری به برگشت از کاهش قیمت را دارند.

جدول ۷. نتایج آزمون مقایسه میانگین CAR بعد از روز رویداد

روزهای صعودی		روزهای نزولی	
تمام روزها	روزهای مستقل	تمام روزها	روزهای مستقل
-۰/۱۵۴	-۰/۲۰۱	-۰۱/۳۵۶	-۰/۴۲۰
(۰/۰۱۲)	(۰/۱۴۵)	(۰/۰۰۲)	(۰/۰۰۱)
۰/۳۹۸	۰/۴۱۲	۰/۳۲۳	۱/۱۹۳
(۰/۲۲۲)	(۰/۱۰۳)	(۰/۰۴۳)	(۰/۰۲۰)

۴-۳-نتایج آزمون فرضیه دوم

هدف از آزمون فرضیه دوم پژوهش، بررسی تاثیر عدم تعادل در سفارشات حاصل از معاملات الگوریتمی و معاملات غیرالگوریتمی بر نرخ بازده غیرعادی سهام است که برای این منظور از عدم‌تعادل سفارش با تقاضای نقدینگی و عرضه نقدینگی به عنوان معیارهایی برای عدم تعادل در سفارشات معاملات الگوریتمی و غیرالگوریتمی استفاده شده است. نتایج آزمون فرضیه چهارم در ادامه به تفکیک در جدول ۸ و ۹ و ۱۰ ارائه شده است.

الگوهای اول و دوم در جدول ۸ و ۹ نتایج برآورد مدل‌های ۵ و ۶ در روزهای صعودی و نزولی را نشان می‌دهند. در بررسی معناداری الگوها با توجه به نتایج ارائه شده در جدول ۸ و ۹ مقدار احتمال آماره F برای هر چهار الگو در سطح معناداری از ۰/۰۵ کوچک‌تر است که با اطمینان ۹۵٪ معنادار بودن هر چهار الگو تائید می‌شود. همچنین مقدار ضریب تعیین تعدیل شده برای دو الگو روزهای صعودی به ترتیب برابر با ۰/۲۷۶ و ۰/۲۷۱ و برای دو الگو روزهای نزولی به ترتیب برابر با ۰/۲۰۱ و ۰/۱۹۴ است که نشان می‌دهد متغیرهای توضیحی در هر یک الگوهای روزهای صعودی به ترتیب ۲۷ و ۲۷ درصد و در هر یک الگوهای روزهای نزولی به ترتیب ۲۰ و ۱۹ درصد از تغییرات متغیر وابسته را تبیین می‌کنند.

الگوهای اول در جدول ۸ و ۹ نتایج مربوط به عدم تعادل در سفارشات تقاضای نقدینگی در روزهای صعودی و نزولی بازار را ارائه می‌دهد. در روزهای صعودی بازار، ضرایب متغیرهای عدم تعادل در سفارشات تقاضای نقدینگی حاصل از معاملات الگوریتمی و معاملات غیرالگوریتمی به ترتیب ۰/۸۹۳ و ۱/۱۰۷ و در سطح معناداری ۰/۰۵ معنادار هستند. در روزهای نزولی بازار، ضرایب متغیرهای عدم تعادل در سفارشات تقاضای نقدینگی حاصل از

معاملات الگوریتمی و معاملات غیرالگوریتمی به ترتیب ۰/۹۶۸ و ۱/۷۷۲ و در سطح معناداری ۰/۰۵ معنادار هستند. مثبت و معنادار بودن مقدار ضریب متغیرهای عدم تعادل در سفارشات تقاضای نقدینگی معاملات الگوریتمی و غیرالگوریتمی بدین معناست که بین عدم تعادل در سفارشات تقاضای نقدینگی حاصل از معاملات الگوریتمی و غیرالگوریتمی و نرخ بازده غیرعادی رابطه مستقیمی وجود دارد. به بیانی دیگر، عدم تعادل سفارش بالاتر فشار قیمتی بیشتری را در سمت خرید ایجاد می‌کند و باعث افزایش قیمت‌ها می‌شود. رابطه بین بازده تعدیل شده بازار و عدم تعادل حاصل از جریان سفارش با آنچه در ادبیات پیشین (به عنوان مثال کوردیا و سابرمانیام ، ۲۰۰۴) ارائه شده همسو است. به بیانی دیگر، نتایج نشان می‌دهد عدم تعادل سفارش بالاتر فشار قیمتی بیشتری را در سمت خرید ایجاد می‌کند و باعث افزایش قیمت‌ها می‌شود. با این وجود یکی از هدف‌های ارائه این دو مدل رگرسیونی این است که آیا عدم تعادل سفارش حاصل از معاملات الگوریتمی و غیرالگوریتمی به طور متفاوتی بر نرخ بازده غیرعادی تأثیر می‌گذارد. به بیانی دیگر، اگر ضرایب برای عدم‌تعادل تقاضای نقدینگی معاملات الگوریتمی ($AT_{i,t}^{d}$) بزرگتر از ضرایب برای عدم‌تعادل تقاضای نقدینگی معاملات غیرالگوریتمی ($nonAT_{i,t}^{d}$) باشند، بدین معناست که معاملات الگوریتمی فشار قیمتی بیشتری نسبت به معاملات غیرالگوریتمی ایجاد می‌کند. با این وجود، بر اساس نتایج موجود در جدول ۸ و ۹ ضریب متغیر عدم تعادل تقاضای نقدینگی معاملات غیرالگوریتمی در مقایسه با معاملات الگوریتمی بزرگتر است. این نتیجه نشان می‌دهد معاملات غیرالگوریتمی فشار قیمتی بیشتری نسبت به معاملات الگوریتمی دارد.

الگوهای دوم در جدول ۸ و ۹ نتایج عدم‌تعادل در سفارشات عرضه نقدینگی را ارائه می‌دهند. ضرایب متغیرهای عدم تعادل در سفارشات عرضه نقدینگی معاملات الگوریتمی و غیرالگوریتمی در روزهای صعودی و نزولی بازار، به ترتیب ۱/۱۴۵-؛ ۰/۵۸۲-؛ ۱/۴۰۲- و ۰/۷۲۸- و در سطح معناداری ۰/۰۵ معنادار هستند. منفی و معنادار بودن مقدار ضریب متغیرهای عدم تعادل در سفارشات عرضه نقدینگی معاملات الگوریتمی و غیرالگوریتمی بدین معناست که بین عدم تعادل در سفارشات عرضه نقدینگی معاملات الگوریتمی و غیرالگوریتمی و نرخ بازده غیرعادی رابطه معکوسی وجود دارد. به بیانی دیگر، عرضه نقدینگی معاملات الگوریتمی و غیرالگوریتمی در جهت مخالف حرکت قیمت‌ها است، که به طور ضمنی نشان می‌دهد معاملات عرضه نقدینگی بطور نامطلوبی انتخاب شده‌اند. علاوه بر این، همان‌گونه که نتایج نشان می‌دهد مقایسه ضرایب متغیرهای عدم‌تعادل در سفارشات عرضه نقدینگی در روزهای صعودی و نزولی در جدول ۸ و ۹ نشان می‌دهد عدم‌تعادل در سفارشات عرضه نقدینگی معاملات الگوریتمی ارتباط منفی‌تری با بازده سهام در مقایسه با عدم‌تعادل در سفارشات عرضه نقدینگی معاملات غیرالگوریتمی دارد. ذکر این نکته ضرروی است از آنجا که فعالیت‌های عرضه نقدینگی شامل معاملات و قیمتی که معامله با آن انجام شده می‌باشد، تفسیر روابط عرضه نقدینگی نسبت به تقاضای نقدینگی بسیار پیچیده است.

در ادامه برای بررسی صحت نتایج مقایسه ضرایب متغیرهای عدم‌تعادل از نظر آماری، آزمون‌های تفاوت بین ضرایب جریان‌های سفارش معاملات الگوریتمی و غیرالگوریتمی انجام شده که نتایج آن در جدول ۱۰ گزارش شده است. نتایج جدول ۱۰ نشان می‌دهد مقدار ضرایب تفاوت بین معاملات الگوریتمی و غیرالگوریتمی منفی و در سطح معنادار ۰/۰۵ معنادار است. منفی بودن ضرایب نشان می‌دهد در روزهای صعودی و نزولی بازار، مقدار ضرایب

متغیر عدم تعادل در سفارشات تقاضای نقدینگی معاملات الگوریتمی کوچکتر از ضریب متغیر معاملات غیرالگوریتمی هستند. این نتیجه بدین معناست که معاملات غیرالگوریتمی فشار قیمتی بیشتری نسبت به معاملات الگوریتمی ایجاد می‌کند و از آنجا که در روزهای نزولی بازار، تفاضل بین ضرایب متغیر معاملات الگوریتمی و متغیر معاملات غیرالگوریتمی بزرگتر از ضرایب متغیرها در روزهای صعودی بازار است، این فشار قیمتی در روزهای نزولی بازار بیشتر است.

در این بخش به بررسی تاثیر ترکیبی خالص عدم‌تعادل در سفارشات عرضه و تقاضای نقدینگی معاملات الگوریتمی بر نرخ بازده غیرعادی روزهای رویداد پرداخته شده است که نتایج آن در جدول ۱۱ ارائه شده است. در بررسی معناداری مدل با توجه به نتایج ارائه شده در جدول ۴-۹ مقدار احتمال آماره F برای هر چهار الگو در سطح معناداری از ۰/۰۵ کوچک‌تر است که با اطمینان ۹۵٪ معنادار بودن هر چهار الگو تائید می‌شود. همچنین مقدار ضریب تعیین تعدیل برای هر چهار الگو به ترتیب برابر با ۰/۲۲۰ ؛ ۰/۲۴۸ ؛ ۰/۲۵۶ و ۰/۱۸۲ است که نشان می‌دهد متغیرهای توضیحی در هر یک الگوها به ترتیب ۲۲، ۲۴، ۲۵ و ۱۸ درصد از تغییرات متغیر وابسته را تبیین می‌کنند.

جدول ۸. نتایج بررسی رابطه بین بازده تعدیل شده بازار روز رویداد و عدم تعادل جریان سفارش

روزهای صعودی				
	الگوی اول		الگوی دوم	
متغیر	ضریب	مقداراحتمال	ضریب	مقداراحتمال
AT^d	۰/۱۰۶	۰/۰۰۱	–	–
$nonAT^d$	۰/۳۱۸	۰/۰۲۴	–	–
AT^s	–	–	-۱/۰۴۹	۰/۰۰۰
$nonAT^s$	–	–	-۰/۷۲۶	۰/۰۳۴
$size$	-۰/۲۳۵	۰/۰۱۳	-۰/۱۸۳	۰/۰۰۹
$effsprd$	-۰/۴۵۲	۰/۰۷۲	-۰/۵۷۱	۰/۰۵۲
$ivola$	۰/۴۹۷	۰/۰۴۶	۰/۰۲۲	۰/۰۳۵
$beta$	۰/۳۸۰	۰/۶۴۳	۰/۰۵۹	۰/۸۷۲
β_0	۰/۱۰۴	۰/۰۰۰	۰/۸۳۵	۰/۰۰۰
آزمون هاسمن	آماره ۱۴/۶۱۸	مقداراحتمال ۰/۰۰۰	آماره ۱۹/۸۹۸	مقداراحتمال ۰/۰۰۰
نوع مدل	**پانل با اثرات ثابت**		**پانل با اثرات ثابت**	
آماره	**آماره F**	**مقداراحتمال**	**آماره F**	**مقداراحتمال**
مقدار آماره	۲/۴۲۹	۰/۰۰۰	۲/۵۰۲	۰/۰۰۰
ضریب‌تعیین	۰/۲۷۶		۰/۲۸۱	

جدول ۹. نتایج بررسی رابطه بین بازده تعدیل شده بازار روز رویداد و عدم تعادل جریان سفارش

روزهای نزولی				
	الگوی اول		الگوی دوم	
متغیر	ضریب	مقداراحتمال	ضریب	مقداراحتمال
AT^d	-۰/۷۴۹	۰/۰۰۸	-	-
$nonAT^d$	-۱/۱۶۴	۰/۰۱۰	-	-
AT^s	-	-	-۱/۲۴۱	۰/۰۲۹
$nonAT^s$	-	-	-۰/۴۸۲	۰/۰۲۴
$size$	-۰/۷۰۰	۰/۰۰۰	-۰/۱۳۳	۰/۰۰۲
$effsprd$	-۰/۲۳۳	۰/۰۷۱	-۰/۱۵۲	۰/۰۸۴
$ivola$	۰/۴۷۹	۰/۵۴۱	۰/۲۳۸	۰/۴۱۲
$beta$	۰/۲۱۸	۰/۳۴۲	۰/۷۱۳	۰/۶۷۸
β_0	۱/۴۲۵	۰/۰۰۰	۱/۳۸۵	۰/۰۰۰
آزمون هاسمن	آماره ۱/۱۲۳	مقداراحتمال ۰/۰۰۰	آماره ۲/۷۹۷	مقداراحتمال ۰/۰۰۰
نوع مدل	**پانل با اثرات ثابت**		**پانل با اثرات ثابت**	
آماره	**آماره F**	**مقداراحتمال**	**آماره F**	**مقداراحتمال**
مقدار آماره	۲/۰۸۶	۰/۰۰۰	۲/۰۲۴	۰/۰۰۰
ضریب‌تعیین	۰/۲۰۱		۰/۱۹۴	

جدول ۱۰. نتایج آزمون تفاوت بین ضرایب جریان‌های سفارش معاملات الگوریتمی و غیرالگوریتمی

آزمون	روزهای صعودی		روزهای نزولی	
	الگوی اول	الگوی دوم	الگوی اول	الگوی دوم
تفاوت ضریب معاملات الگوریتمی و غیرالگوریتمی	(-۰/۲۱۲)	(-۰/۳۲۳)	(-۰/۴۱۵)	(-۰/۷۵۹)
سطح معناداری	(۰/۰۰۰)	(۰/۰۰۰)	(۰/۰۰۰)	(۰/۰۰۰)

عدم‌تعادل خالص عرضه و تقاضای نقدینگی معاملات الگوریتمی به عنوان مجموع عدم‌تعادل خالص عرضه و تقاضای نقدینگی تعریف می‌شود؛ لذا مثبت بودن ضریب متغیر عدم تعادل معاملات الگوریتمی ($AT_{i,t}^{net}$) نشان می‌دهد فعالیت‌های معاملاتی خالص معاملات الگوریتمی در جهت بازده‌های بازده مثبت است. به بیانی دیگر، ضریب مثبت عدم تعادل خالص معاملات الگوریتمی یا ناشی از تقاضای معاملات الگوریتمی با نقدینگی بیشتر که با خرید بیشتر معاملات از فروش همراه است ($AT_{i,t}^{d}$ مثبت) یا عرضه معاملات الگوریتمی با نقدینگی بیشتر که از سمت خرید نسبت به سمت فروش مبادلات است ($AT_{i,t}^{s}$ مثبت). به عنوان مثال، در روزهای صعودی (نزولی) بازار که اغلب سهام‌ها بازدهی مثبت (منفی) را تجربه می‌کنند، $AT_{i,t}^{net}$ مثبت (منفی) نشان می‌دهد خالص فعالیت‌های مبادلاتی

معاملات الگوریتمی در جهت نرخ‌های بازده مثبت (منفی) کل است؛ لذا اگر ضریب $AT_{i,t}^{net}$ در روزهای صعودی (نزولی) بازار مثبت باشد، آنگاه اغلب فعالیت‌های معاملات الگوریتمی خالص در جهت نوسانات کلی بازار با بیشتر نوسانات صعودی (نزولی) در قیمت‌های سهام رابطه دارد؛ اما در بررسی معناداری ضرایب، نتایج جدول ۱۱ نشان می‌دهد ضرایب متغیر $AT_{i,t}^{net}$ در هر چهار الگو روزهای صعودی و نزولی، در سطح معنادار ۰/۰۵ منفی و معنادار است. این نتایج بیانگر آنست که جهت فعالیت‌های عرضه و تقاضای نقدینگی معاملات الگوریتمی رابطه معکوسی با نوسانات صعودی (نزولی) قیمت سهام در روزهای صعودی (نزولی) بازار دارد.

جدول ۱۱. نتایج بررسی رابطه بین بازده تعدیل شده بازار روز رویداد و عدم تعادل جریان سفارش

	الگو اول (روزهای صعودی)		الگو دوم (روزهای نزولی)	
متغیر	۱	۲	۳	۴
AT^{net}	-۰/۱۲۵ (۰/۰۰۳)	-۰/۱۳۶ (۰/۰۰۰)	-۰/۲۵۶ (۰/۰۱۰)	-۰/۲۷۳ (۰/۰۲۴)
$size$	-۰/۱۳۴ (۰/۰۳۹)	-۰/۰۹۸ (۰/۰۱۵)	-۰/۰۱۶ (۰/۰۳۴)	-۰/۰۲۴ (۰/۰۰۴)
$effsprd$	-۰/۴۴۱ (۰/۸۲۳)	-۱/۱۸۹ (۰/۲۱۳)	-۰/۷۵۹ (۰/۰۰۴)	-۰/۲۸۷ (۰/۳۰۳)
$ivola$	۰/۴۱۷ (۰/۰۳۷)	۰/۲۶۳ (۰/۰۰۰)	-۰/۶۴۴ (۰/۰۷۶)	۰/۹۱۳ (۰/۷۰۲)
$beta$	۰/۴۴۹ (۰/۲۹۴)	۰/۱۵۲ (۰/۸۵۴)	۰/۱۲۷ (۰/۱۰۷)	۰/۴۲۰ (۰/۵۱۴)
β_0	۱/۸۶۳ (۰/۰۰۰)	-۰/۵۴۹ (۰/۰۰۰)	-۰/۳۹۹ (۰/۰۰۰)	-۰/۷۱۲ (۰/۰۰۰)
آزمون هاسمن	۱۰/۹۵۴ (۰/۰۰۰)	۱۱/۰۳۴ (۰/۰۰۰)	۱۱/۵۶۴۸ (۰/۰۰۰)	۱۰/۲۷۳ (۰/۰۰۰)
نوع مدل	پانل با اثرات ثابت	پانل با اثرات ثابت	پانل با اثرات ثابت	پانل با اثرات ثابت
آماره F	۲/۴۱۴ (۰/۰۰۰)	۲/۶۱۰ (۰/۰۰۰)	۲/۹۲۷ (۰/۰۰۰)	۲/۱۳۵ (۰/۰۰۰)
ضریب R^2	۰/۲۲۰	۰/۲۴۸	۰/۲۵۶	۰/۱۸۲

۴-۴-نتایج آزمون فرضیه سوم

هدف از آزمون فرضیه سوم پژوهش، بررسی تاثیر استراتژی قیمت میانگین موزون حجمی بر معاملات الگوریتمی است. برای بررسی این رابطه از دو الگو استفاده شده است. نتایج آزمون دو الگو در ادامه به تفکیک بیان شده است.

در الگوی اول پس از انجام معاملات الگوریتمی و غیرالگوریتمی عملکرد آنها با یکدیگر مقایسه می‌شود. برای ارزیابی عملکرد اجرای معاملات الگوریتمی و غیرالگوریتمی آزمون تحلیل واریانس استفاده شده است. به بیانی دیگر، در الگوی اول برای تحلیل آماری این موضوع که آیا معامله‌گران الگوریتمی در مقایسه با معامله‌گران انسانی سفارش‌ها را نزدیک به استراتژی قیمت میانگین موزون حجمی اجرا می‌کنند یا خیر از آزمون تحلیل واریانس استفاده شده است. نتایج آزمون تحلیل واریانس برای بررسی رابطه بین قیمت میانگین موزون حجمی روزانه و معاملات انجام شده توسط معامله‌گران الگوریتمی و انسانی در جدول ۱۰ ارائه شده است. جدول ۱۰ میانگین واریانس حاصل از قیمت میانگین موزون حجمی ($var_{i,t}$) برای معاملات الگوریتمی و معاملات غیرالگوریتمی را نشان می‌دهد که به عنوان مربع تفاوت بین قیمت معامله شده و VWAP متداول روزانه به VWAP متداول در زمان معامله تعریف می‌شود و براساس رابطه (۴) محاسبه می شود. VWAP متداول در زمان معامله، میانگین وزنی حجم کل معاملات از ابتدای روز تا زمان معامله جاری است.

رابطه (۴)
$$var(VWAP)_{i,t} = \left(\frac{price_{i,t} - vwap_{i,t-1}}{vwap_{i,t-1}}\right)^2$$

نتایج جدول ۱۰ شامل واریانس قیمت میانگین موزون حجمی در هر معامله برای معاملات الگوریتمی و معاملات غیرالگوریتمی در تمام روزها، روزهای غیررویداد و روزهای رویداد است و نشان می‌دهد واریانس قیمت میانگین موزون حجمی در روزهای غیررویداد برای معاملات الگوریتمی ۰/۳۸۵ و برای معاملات غیرالگوریتمی ۰/۵۰۸ است. واریانس قیمت میانگین موزون حجمی در روزهای رویداد صعودی و نزولی به ترتیب برای معاملات الگوریتمی ۰/۳۸۹ و ۰/۴۲۸ و برای معاملات غیرالگوریتمی ۰/۵۰۱ و ۰/۵۶۸ است. این یافته نشان می‌دهد در روزهای رویداد و غیررویداد، واریانس قیمت میانگین موزون حجمی برای معاملات الگوریتمی نسبت به معاملات غیرالگوریتمی بسیار کوچکتر است؛ بنابراین الگوریتم‌ها در مقایسه با معامله‌گران انسانی به طور قابل توجهی نزدیکتر به معیار قیمت میانگین موزون حجمی معامله می‌کنند. این نتیجه تائید می‌کند معامله‌گران الگوریتمی از استراتژی قیمت میانگین موزون حجمی استفاده می‌کنند و در طول دوران متلاطم بازار نیز استراتژی خود را تغییر نمی‌دهند. به بیانی دیگر، نتایج مقایسه‌ای عملکرد استراتژی قیمت میانگین موزون حجمی نشان می‌دهد استراتژی قیمت میانگین موزون حجمی عملکرد بهتری برای معاملات الگوریتمی نسبت به معاملات غیرالگوریتمی دارد.

جدول ۱۰. نتایج واریانس VWAP برای معاملات الگوریتمی و معاملات غیرالگوریتمی

	همه روزها	روزهای غیررویداد	روزهای صعودی	روزهای نزولی
معاملات الگوریتمی (AT)	۰/۳۶۳	۰/۳۸۶	۰/۳۸۹	۰/۴۲۸
معاملات غیرالگوریتمی (non-AT)	۰/۵۱۱	۰/۵۰۸	۰/۵۰۱	۰/۵۶۸
تفاوت میانگین [AT-(non-AT)]	-۰/۱۴۸* (۰/۰۰۰)	-۰/۱۲۲* (۰/۰۰۰)	-۰/۱۱۹* (۰/۰۰۰)	-۰/۱۴۰* (۰/۰۰۰)

* سطح معناداری ۵ درصد را نشان می‌دهد

در الگوی دوم به منظور تایید رابطه آماری بین استراتژی قیمت میانگین موزون حجمی روزانه و اجرا معاملات الگوریتمی و غیرالگوریتمی از یک مدل رگرسیون لجستیک استفاده شده است که نتایج آن در جدول ۱۱ و ۱۲ ارائه شده است.

برای آزمون فرضیه سوم با استفاده از روش دوم، مدل رگرسیون لجستیک شماره (۸) برای چهار وضعیت متفاوت برآورد شده است و نتایج آن در جدول ۱۱ ارائه شده است، بدین ترتیب که در ستون اول جدول ۱۱ مدل برای همه روزها، در ستون دوم مدل برای روزهای غیر رویداد، در ستون سوم مدل برای روزهای رویداد صعودی و در ستون چهارم مدل برای و روزهای رویداد نزولی برآورد شده است. در بررسی معناداری الگوی دوم با توجه به نتایج ارائه شده در جدول ۱۱ مقدار ضریب تعیین مدل، با استفاده از آماره کاکس و اسنل، برای هر چهار وضعیت به ترتیب برابر با ۰/۴۲۱ ؛ ۰/۳۹۳ ؛ ۰/۳۶۲ و ۰/۳۴۰ است. همچنین مقدار ضریب تعیین نگلکرک، برای هر چهار وضعیت به ترتیب برابر با ۰/۲۸۲ ؛ ۰/۲۳۴ ؛ ۰/۲۱۵ و ۰/۲۰۹ است. این بدین معنا است که به ترتیب ۲۸، ۲۳، ۲۱ و ۲۰ درصد از تغییرات متغیر وابسته توسط متغیرهای مستقل با بکارگیری مدل رگرسیون لجستیک برای همه روزها، برای روزهای غیررویداد، برای روزهای رویداد صعودی و برای و روزهای رویداد نزولی تبیین می‌شود.

در بررسی معناداری ضرایب با توجه به نتایج ارائه شده در جدول ۱۱ متغیر اصلی در مدل ($I_{i,t} \cdot idevi_{i,t-1}$) است. متغیر ($I_{i,t} \cdot idevi_{i,t-1}$) اندازه‌گیری می‌کند که آیا رابطه بین قیمت معامله با معیار قیمت میانگین موزون حجمی مطلوب هست یا خیر. در همین راستا، نتایج ارائه شده در جدول ۱۱ نشان می‌دهد ضریب متغیر ($I_{i,t} \cdot idevi_{i,t-1}$) در سطح معناداری ۰/۰۵ برای چهار وضعیت مثبت و معنادار است. مثبت و معنادار بودن مقدار ضریب متغیر ($I_{i,t} \cdot idevi_{i,t-1}$) نشان می‌دهد درست قبل از اینکه یک معامله‌گر، سهام i را در زمان t خریداری کند (بفروشد) قیمت آن سهام در مقایسه با قیمت میانگین موزون حجمی کاهش (افزایش) یافته است. به بیانی دیگر، معامله‌گران الگوریتمی در مقایسه با معامله‌گران انسانی سفارش‌ها را نزدیک به استراتژی قیمت میانگین موزون حجمی اجرا می‌کنند

در ادامه نتایج نسبت شانس و اثر حاشیه‌ای متغیرهای مدل لجستیک در جدول ۱۲ ارائه شده است. نتایج نسبت شانس متغیر ($I_{i,t} \cdot idevi_{i,t-1}$) برای تمام روزها (ستون اول) نشان می‌دهد مقدار نسبت احتمال متغیر ($I_{i,t} \cdot idevi_{i,t-1}$) برابر با ۱/۱۵۰ و از یک بیشتر است و در سطح معناداری ۰/۰۵ در فاصله اطمینان قرار دارد. در حالت کلی اگر نسبت احتمالات عنصر مورد نظر از یک بیشتر باشد (odd < 1) احتمال وقوع رویداد برای آن عنصر بیشتر از ۰/۵۰ درصد است؛ از اینرو این نتیجه بیان می‌کند احتمال وقوع این رویداد که معاملات الگوریتمی از استراتژی قیمت میانگین موزون حجمی پیروی کنند بیشتر از ۰/۵۰ درصد است؛ لذا رویداد مورد نظر برای این عنصر به وقوع می‌پیوندد. همچنین نتایج اثر حاشیه‌ای متغیر ($I_{i,t} \cdot idevi_{i,t-1}$) برای تمام روزها (ستون اول) نشان می‌دهد در صورت کاهش (افزایش) قیمت در مقایسه با قیمت میانگین موزون حجمی تا ۱ درصد، احتمال خرید (فروش) معاملات الگوریتمی ۲/۶۰ درصد بیشتر است. همانگونه که نتایج نشان می‌دهد اثرات حاشیه‌ای در روزهای رویداد صعودی قیمت و روزهای غیررویدادی مشابه با تمام روزها است. همچنین مقدار اثر حاشیه‌ای در روزهای نزولی قیمت برابر با ۲/۲۱۹ و نسبت به اثرات حاشیه‌ای در تمام روزها، روزهای غیررویدادی و روزهای

صعودی قیمت کمترین مقدار است که نشان می‌دهد معاملات الگوریتمی نسبت به تغییرات قیمت میانگین موزون حجمی در روزهای نزولی بازار از حساسیت کمتری برخوردار است. به طور کلی، نتایج مدل رگرسیون لجستیک ارائه شده نشان می‌دهد الگوریتم‌های معاملاتی احتمال بیشتری دارد هنگامی که قیمت در مقایسه با قیمت میانگین موزون حجمی، کاهش (افزایش) دارد، معاملات خرید (فروش) را شروع کند.

جدول ۱۱. نتایج رگرسیون لجستیک برای AT و VWAP

متغیر	همه روزها	روزهای غیرریداد	روزهای صعودی	روزهای نزولی
idevi×I	۰/۱۴۰* (۰/۰۳۳)	۰/۱۱۲** (۰/۰۰۰)	۰/۲۴۸* (۰/۰۲۵)	۰/۱۰۶** (۰/۰۰۱)
Spread	۰/۳۶۲* (۰/۰۴۹)	۰/۲۲۰* (۰/۰۳۰۱)	۰/۲۳۴** (۰/۰۲۷)	۰/۸۵۱* (۰/۰۰۰)
tradesize	-۰/۰۶۱** (۰/۰۰۴)	-۰/۰۴۹* (۰/۰۲۷)	-۰/۱۰۶* (۰/۰۴۱)	-۰/۲۰۲** (۰/۰۱۷)
depth	-۰/۱۸۵ (۰/۰۹۴)	-۰/۲۸۵ (۰/۷۷۴)	-۰/۰۷۲ (۰/۲۳۲)	-۰/۰۴۱ (۰/۰۶۱)
ivola	-۰/۱۳۷* (۰/۰۴۵)	-۰/۱۰۱* (۰/۰۴۱)	-۰/۱۱۶* (۰/۰۲۶)	-۰/۴۸۲** (۰/۰۳۲)
vol	-۰/۱۴۰ (۰/۸۵۶)	-۰/۴۳۴ (۰/۵۹۰)	-۰/۷۲۹* (۰/۰۳۵)	-۰/۴۰۴* (۰/۰۲۷)
نوع مدل	**رگرسیون لجستیک**	**رگرسیون لجستیک**	**رگرسیون لجستیک**	**رگرسیون لجستیک**
ضریب تعیین کاکس و اسنل	۰/۴۲۱	۰/۳۹۳	۰/۳۶۲	۰/۳۴۰
ضریب تعین نگلکرک	۰/۲۸۲	۰/۲۳۴	۰/۲۱۵	۰/۲۰۹

*، ** به ترتیب سطح معناداری ۵ و ۱ درصد را نشان می‌دهد

جدول ۱۲. نتایج رگرسیون لجستیک برای AT و VWAP

	همه روزها		روزهای غیرریداد		روزهای صعودی		روزهای نزولی	
	نسبت شانس	اثر حاشیه‌ای	نسبت شانس	اثر حاشیه‌ای	نسبت شانس	اثر حاشیه‌ای	نسبت شانس	اثر حاشیه‌ای
Idevi×I	۱/۱۵۰	۲/۳۵۲	۱/۱۱۸	۲/۳۳۴	۱/۲۸۱	۲/۵۰۱	۱/۱۱۲	۲/۲۱۹
فاصله اطمینان ۰/۹۵	(۰/۴-۴/۶)	-	(۰/۶-۳/۹)	-	(۰/۵-۴/۱)	-	(۰/۷-۴/۸)	-

۵-نتیجه‌گیری و پیشنهادها

مطالعات متعددی در بورس اوراق بهادار تهران به بررسی عوامل موثر بر نرخ بازده سهام پرداخته‌اند؛ اما مطالعات کمی به بررسی تاثیر عدم تعادل در سفارشات معاملات الگوریتمی بر بازده غیرعادی سهام در شرایطی که کل بازار جریان سریع و غیرعادی یا افت‌هایی را تجربه می‌کند، پرداخته‌اند؛ از اینرو هدف اصلی این پژوهش، بررسی تاثیر عدم تعادل در سفارشات معاملات الگوریتمی بر نرخ بازده غیرعادی سهام در بازارهای متلاطم است. با بررسی ادبیات برای اندازه‌گیری معاملات الگوریتمی از نسبت‌های شدت خرید و نسبت‌های شدت فروش استفاده شده است. روزهای متلاطم در بازار در این پژوهش زمانی تعریف می‌شوند که مقادیر قدرمطلق بازده‌های بازار بزرگتر از ۲ درصد هستند. بدین منظور، نمونه‌ای متشکل از ۲۷۶ شرکت پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران طی سال ۱۳۹۸ با استفاده از رگرسیون چندمتغیره و لجستیک بررسی شده است.

یافته‌های پژوهش در ارتباط با فرضیه اول، بررسی تاثیر معاملات الگوریتمی بر نرخ بازده غیرعادی سهام در شرایطی که کل بازار جریان سریع و غیرعادی یا افت‌هایی را تجربه می‌کند نشان داد، در روزهای صعودی بازار، زمانی که بازده بازار بیش از ۲ درصد است، بین شدت تقاضای معاملات الگوریتمی و نرخ بازده غیرعادی سهام رابطه‌ای معکوس وجود دارد. به عبارتی دیگر، سهام‌هایی که تقاضای معاملات الگوریتمی بیشتری دارند، دارای بازده غیرعادی کمتری هستند و از نوسانات قیمت کمتری برخوردار هستند. نتایج در مورد روزهای نزولی بازار، یعنی زمانی که بازده بازار بیش از (۲-) درصد است، نشان داد بین شدت تقاضای معاملات الگوریتمی و نرخ بازده غیرعادی سهام رابطه‌ای مستقیم وجود دارد. این یافته بیانگر این است که سهام‌هایی که بیشتر توسط معاملات الگوریتمی معامله می‌شوند، نوسانات نزولی بیشتری را در روزهای نزولی بازار از خود نشان می‌دهند. همچنین یافته‌های درباره نرخ بازده بعد از روزهای متلاطم بازار نشان داد معاملات غیرالگوریتمی نسبت به فشار بازار واکنش بیش از حد نشان می‌دهند و قیمت سهام را ورای ارزش ذاتی آن حرکت می‌دهند. به طور کلی نتایج فرضیه اول نشان می‌دهد که در مقایسه با معاملات غیرالگوریتمی، معاملات الگوریتمی موجب نوسان قیمت بین سهام در بازارهای آشفته نمی‌شوند. نتایج آزمون فرضیه اول پژوهش همسو با نتایج پژوهش هندرشات و همکاران (۲۰۱۱)؛ بومر، فانگ و وو (۲۰۱۹) و بروگارد، هندرشات، و ریوردان (۲۰۱۹) است. با این تفاوت که بروگارد و همکاران (۲۰۱۹) برای اندازه‌گیری معاملات الگوریتمی از داده‌های حجم-سفارش استفاده کرده‌اند.

نتایج پژوهش در ارتباط با فرضیه دوم، بررسی تاثیر عدم تعادل در سفارشات حاصل از معاملات الگوریتمی و معاملات غیرالگوریتمی بر نرخ بازده غیرعادی سهام نشان داد بین عدم تعادل در سفارشات تقاضای نقدینگی معاملات الگوریتمی و غیرالگوریتمی با نرخ بازده غیرعادی سهام رابطه‌ای مستقیم و معنادار وجود دارد؛ اما این رابطه برای معاملات الگوریتمی نسبت به معاملات غیرالگوریتمی ضعیف‌تر است. این نتیجه بدان معناست که عدم‌تعادل سفارشات تقاضای نقدینگی معاملات الگوریتمی در مقایسه با عدم‌تعادل سفارشات تقاضای نقدینگی معاملات غیرالگوریتمی، اثرات قیمتی کمتری دارند. همچنین نتایج نشان داد بین عدم تعادل در سفارشات عرضه نقدینگی معاملات الگوریتمی و غیرالگوریتمی با نرخ بازده غیرعادی سهام رابطه‌ای معکوس و معنادار وجود دارد و این رابطه برای معاملات الگوریتمی منفی‌تر است. این نتیجه نشان می‌دهد عدم‌تعادل سفارش عرضه نقدینگی

معاملات الگوریتمی در مقایسه با معاملات غیرالگوریتمی، بصورتی نامطلوب انتخاب می‌شوند. علاوه بر این، نتایج اثرات ترکیبی عدم‌تعادل در سفارشات عرضه و تقاضای نقدینگی معاملات الگوریتمی در رابطه با نرخ بازده نشان داد اثرات خالص سفارشات عرضه و تقاضای نقدینگی معاملات الگوریتمی رابطه منفی با نوسانات قیمت سهام در روزهای آشفته دارند. این یافته‌ها بیانگر آنست که مطابق با نتایج پژوهش هندرشات و همکاران (۲۰۱۱) اثر معاملات الگوریتمی بر بازده‌های سهام احتمالا بدلیل اعمال فشار قیمتی کمتر توسط معاملات الگوریتمی است. یافته‌های پژوهش در ارتباط با فرضیه دوم با نتایج پژوهش کوردیا و سابرمانیام (۲۰۰۴) و بروگارد و همکاران (۲۰۱۴) همخوانی دارد. با این تفاوت که در این پژوهش عدم‌تعادل سفارشات به عدم‌تعادل سفارشات معاملات الگوریتمی و غیرالگوریتمی تفکیک شده است.

هدف از آزمون فرضیه سوم بررسی تاثیر استراتژی قیمت میانگین موزون حجمی بر معاملات الگوریتمی است؛ از اینرو ابتدا معیار قیمت میانگین موزون حجمی ساخته و سپس معاملات الگوریتمی و غیرالگوریتمی با معیار قیمت میانگین موزون حجمی مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج آزمون فرضیه سوم پژوهش نشان داد معاملات الگوریتمی از از استراتژی قیمت میانگین موزون حجمی پیروی می‌کند. این نتیجه از این دیدگاه پشتیبانی می‌کند که سهام با معاملات الگوریتمی بیشتر در روزهای آشفته، نوسانات قیمتی کمتری را تجربه می‌کنند.

با توجه به نتایج پژوهش، در شرایطی بازار جریان سریع و صعودی را تجربه می‌کند معاملات الگوریتمی می‌تواند تاثیری سودمند بر نوسانات قیمت داشته باشد؛ لذا توصیه می‌شود سازمان بورس با در نظر گرفتن ابزارهای نظارتی دقیق به توسعه معاملات الگوریتمی کمک کند. زیرا این ابزار کمک می‌کند تا بدون درگیر شدن احساسات و یا هیجان‌ها در بازار معامله انجام شود. سال گذشته و در پی ریزش قیمت‌ها در بازارسهام، سازمان بورس و اوراق بهادار معاملات الگوریتمی را متوقف کرد؛ که با توجه به نتایج پژوهش در روزهای نزولی به نظر می‌رسد این تصمیم درست بوده است؛ لذا توصیه می‌شود سازمان بورس در چنین شرایطی تلاش کند تا حد امکان، الگوریتم‌ها کنترل شوند تا در موارد بروز مخاطرات، ناظر بازار بتواند در سریع‌ترین زمان ممکن عملکرد این الگوریتم‌ها را متوقف کرده یا به صورت دوره‌ای بتواند ساختار این الگوریتم‌ها را بررسی و در صورت مشاهده تنظیمات نادرست در این الگوریتم‌ها، تذکرات لازم را به بهره‌برداران آن اعلام کند. به سایر پژوهشگران پیشنهاد می‌شود تاثیر انواع دیگر از معاملات الگوریتمی مانند معاملات پربسامد بر نوسانات قیمت سهام مورد بررسی قرار دهند. همچنین پیشنهاد می‌شود الگوریتم‌های نامساعد بر بازار سرمایه مورد شناسایی و پژوهش قرار گیرد. در ارتباط با محدودیت‌های پژوهش باید به این نکته توجه شود که اگر چه دوره نمونه پژوهش یکی از آشفته‌ترین سال‌ها را برحسب دهه‌ها گذشته تحت پوشش قرار می‌دهد، اما اندازه نمونه تنها به یک سال محدود می‌شود؛ لذا در تعمیم نتایج حاصل از پژوهش باید با احتیاط عمل شود. در این پژوهش اثرات ناشی از نوع صنعت در نظر گرفته نشده است، با توجه به شدت و ضعف روابط در صنایع مختلف باید به تاثیر صنایع مختلف در تفسیر نتایج توجه شود. همچنین عوامل کلانی مانند تورم می‌تواند بر نتایج اثرگذار باشد؛ اما اثرات ناشی از این عوامل در پژوهش در نظر گرفته نشده است. علاوه بر این، اگر چه نتایج پژوهش نشان دهنده تاثیر سودمند معاملات الگوریتمی در بازار سرمایه است؛ اما در

این پژوهش احتمال اختلال در بازار ناشی از دستکاری شده الگوریتم‌ها در نظر گرفته نشده است؛ لذا در تفسیر نتایج باید دقت شود.

فهرست منابع

* جمشیدی ویسمه، مهسا. (۱۳۹۶). معاملات الگوریتمی و معاملات پربسامد (بنیان ساز و کار و آموخته‌های جهانی). بورس اوراق بهادار تهران، معاونت توسعه، چاپ اول، ۱-۶۴.
* دستپاک، محسن؛ رستگار، محمدعلی. (۱۳۹۴). ارائه مدل معاملاتی با تکرار بالا در بورس اوراق بهادار تهران. دانش سرمایه‌گذاری. ۴(۱۵)، ۱۰۹-۸۹.
* رستگار، محمدعلی؛ امین صداقتی‌پور. (۱۳۹۷). ارائه سیستم معاملات الگوریتمی برای قرارداد آتی سکه طلا مبتنی بر داده‌های درون‌روزی. دانش سرمایه‌گذاری، ۷(۲۸)، ۶۷-۴۹.
* رستگار، محمدعلی؛ دستپاک، محسن. (۱۳۹۷). ارائه مدل معاملاتی با فراوانی زیاد، همراه با مدیریت پویای سبد سهام به روش یادگیری تقویتی در بورس اوراق بهادار تهران. تحقیقات مالی، ۲۰(۱)، ۱-۱۶.
* رستگار، محمدعلی؛ ساعدی‌فر، خاطره. (۱۳۹۶). استراتژی بهینه اجرای معاملات بزرگ با رویکرد شبیه‌سازی عامل‌گرا. تحقیقات مالی، ۱۹(۲)، ۲۶۲-۲۳۹.
* رستگار، محمدعلی؛ تیموری، فریده؛ باقریان، بهنام. (۱۳۹۷). استراتژی سفارش‌گذاری: تقابل واکنش بازار و ریسک اجرای معاملات. تحقیقات مالی، ۲۰(۲)، ۱۵۱-۱۷۲.
* سید حسینی، میرمیثم؛ احمدی، زانیار. (۱۳۹۳). مفاهیم معاملات الگوریتمی. مدیریت پژوهش، توسعه و مطالعات اسلامی، ۲، ۱-۱۱۶.
* طادی، مسعود؛ آبکار، مجید؛ مطهری‌نیا، وحید. (۱۳۹۷). استراتژی معاملات زوجی با رویکرد فاصله‌ای در بورس اوراق بهادار تهران. دانش سرمایه‌گذاری، ۷(۲۶)، ۱۱۲-۹۹.
* Aggarwal, N., Thomas, S. (2017). The Causal Impact of Algorithmic Trading on Market Quality. Working Paper. Indira Gandhi Institute of Development.
* ASX. (2010). Algorithmic trading and market access arrangements. Available at: http://www.asx.com.au/documents/media/20100211_review_ algorithmic_trading_and_market_access.pdf (retrieved on February 22, 2014).
* Aitken, M., Chen, H., Foley, S. (2017). The impact of fragmentation, exchange fees and liquidity provision on market quality. Journal of Empirical Finance, 41, 140–160.
* Bershova, N., Rakhlin, D. (2013). High-frequency trading and long-term investors: a view from the buy-side. Journal of Investment Strategies, 2(2), 69-25.
* Boehmer, E., Fong, K., Wu, J. (2019). International Evidence on Algorithmic Trading. (Unpublished Working Paper. Singapore Management University).
* Brogaard, J., Garriott, C. (2018). High-frequency trading competition. Journal of Financial and Quantitative Analysis, 54(4),1469-1497
* Bogaard, J., Hendershott, T., Riordan, R. (2014). High frequency trading and price discovery. The Review of Financial Studies, 27, 2267–2306.
* Brogaard, J., Hendershott, T., Riordan, R. (2019). Price discovery without trading: evidence from limit orders. The Journal of Finance, 74 (4), 1621–1658.

* Chaboud, A.P., Chiquoine, B., Hjalmarsson, E., Vega, C. (2014). Rise of the machines: algorithmic trading in the foreign exchange market. The Journal of Finance, 69(5), 2045-2084.
* Frino, A., Prodromou, T., Wang, G. H., Westerholm, P. J., Zheng, H., 2017. An empirical analysis of algorithmic trading around earnings announcements. Pacific-Basin Finance Journal, 45, 34–51.
* Gao, C., Mizrach, B. (2016). Market quality breakdowns in equities. Journal of Financial Markets, 28, 1–23.
* Hasbrouck, J., Saar, G. (2013). Low-latency trading. Journal of Financial Markets, 16 (4), 646–679.
* Hendershott, T., Riordan, R. (2013). Algorithmic trading and the market for liquidity. Journal of Financial and Quantitative Analysis, 48 (4), 1001–1024.
* Hendershott, T., Jones, C. M., Menkveld, A. J. (2011). Does algorithmic trading improve liquidity? The Journal of Finance, 66 (1), 1–33.
* Jamshidi Wismeh, M. (2017). Algorithmic trading and high frequency trading (the basis of the mechanism and global learning). Tehran Stock Exchange, Deputy of Development, First Edition, 1-64. (in Persian)
* Jegadeesh, N., Noh, J., Pukthuanthong, K., Roll, R., Wang, J. L. (2019). Empirical Tests of Asset Pricing Models with Individual Assets: Resolving the Errors-in-Variables Bias in Risk Premium Estimation, Working Paper. Emory University.
* Kirilenko, A., Kyle, A.S., Samadi, M., Tuzun, T. (2017). The flash crash: high frequency trading in an electronic market. The Journal of Finance, 72 (2), 967–998.
* Zhou, H., Kalev, P. S., Frino, A. (2020). algorithmic trading in turbulent markets. Pacific-Basin Finance Journal, 62, 101358, 1-27.

Financial Economics
Vol. (14) Issue (55) Autumn 2024

Investigating the Effect of Imbalance in Algorithmic Trading Orders on Abnormal Stock Return Rates in Turbulent Markets

Soheila Askari Hassan Abadi
Ph.D. Student of Accounting Department, Bandar Abbas Branch, Islamic Azad University, Bandar Abbas, Iran
soheila.askari87@gmail.com

Saeed Moradpour
Assistant Professor of Accounting and Financial Management Department, Bandar Abbas Branch, Islamic Azad University, Bandar Abbas, Iran (Corresponding Author)
Saeed.moradpour@gmail.com

Mohammad Hossein Ranjbar
Associate Professor of Accounting and Financial Management Department, Bandar Abbas Branch, Islamic Azad University, Bandar Abbas, Iran
mhranjbar54@gmail.com

Ali Amiri
Assistant Professor of Accounting Department, Bandar Abbas Branch, Islamic Azad University, Bandar Abbas, Iran
amiri.study@gmail.com

Abstract
Technological developments in the last decade have led to a significant increase in the use of computer algorithms by investors. In the light of extreme market events such as the "sudden collapse", researchers, market makers and financial professionals are interested in understanding the role of algorithmic trading in volatile markets; Therefore, the main purpose of this study is to investigate the effect of imbalance in algorithmic trading orders on abnormal stock return rates in turbulent markets. Turbulent market days are defined in this study when the absolute values of market returns are greater than 2%. For this purpose, a sample of 276 companies listed on the Tehran Stock Exchange during 2020 has been studied using panel regression and logistics. The results showed that in the bullish days of the market, stocks that demand more algorithmic trading have lower abnormal stock returns and have lower price fluctuations. The results for the downtrends showed that the stocks that are traded mostly by algorithmic trading show more downtrends during the downtrends. The results also showed that the net imbalance in supply and demand liquidity orders of algorithmic trades has lower price pressure compared to the net imbalance of non-algorithmic trading orders. These findings suggest that the effect of algorithmic trading on stock returns is probably due to lower price pressure exerted by algorithmic trading. In addition, by constructing daily weighted average volume price criteria and comparing algorithmic and non-algorithmic transactions based on weighted average weighted price criteria, the results showed that algorithmic trading follows weighted average volume weighting and counter-trending strategies.
Keywords: Algorithmic Trading, Volatile Markets, Abnormal Stock Returns