



الگوریتم معاملات زوجی پرسامد با استفاده از کنترل کیفیت آماری فازی

مجتبی دستوری^۱

سعید فلاح پور^۲

رضا تهرانی^۳

محمد رضا مهرگان^۴

تاریخ دریافت مقاله: ۹۷/۰۳/۰۹ تاریخ پذیرش مقاله: ۹۷/۰۴/۰۳

چکیده:

در دنیای امروز بازارهای سرمایه با توجه به پیشرفت تکنولوژی های کامپیوتری و استفاده از زیر ساختهای فناوری اطلاعات امکان ایجاد سودآوری از طریق معاملات پرسامد را افزایش داده است. هدف اصلی این پژوهش بررسی و ارائه مدلی است از الگوریتم های معاملات زوجی است که توان ایجاد بازدهی بالاتری را نسبت به الگوریتم های پیشین مبتنی بر هم انباشتگی داشته باشد. در مطالعه پیشینه تحقیقات یکی از محدودیت های الگوریتم معاملات زوجی استفاده از حدود و قوانین ثابت بوده است که نمی تواند بخشی از پویایی های سیستم را مدل نماید. این پژوهش که بر حسب هدف در زمره تحقیقات کاربردی و از حیث گردآوری داده ها در قالب تحقیقات توصیفی با رویکرد ارائه یک مدل قرار می گیرد. به منظور آزمون مدل با استفاده از داده های سال ۱۳۹۵ سهام به صورت درون روزی مدلها آزمون شدند. جامعه آماری این تحقیق ۵۰ شرکت برتر بورس اوراق بهادار تهران بوده اند که با استفاده از فیلتر نمودن داده ها به منظور ایجاد جفت سهم این تعداد به ۳۳ سهم کاهش یافت که این تعداد به عنوان نمونه انتخاب گردید. با پیاده سازی دو مدل الگوریتم معاملات زوجی و الگوریتم معاملات زوجی کنترل کیفیت آماری فازی نتایج پژوهش ارائه گردید و در پایان نتایج نشان داد که الگوریتم اصلاح شده در دوره مشابه سرمایه گذاری توانسته است ۵۷/۹۵٪ بازده ایجاد نماید در حالی که مدل پایه ۴۶/۱۷٪ بازده را برای سرمایه گذار به همراه داشته است.

کلمات کلیدی:

معاملات زوجی، معاملات پرسامد، کنترل کیفیت آماری فازی، هم انباشتگی.

^۱ دانشجوی دکتری مدیریت مالی، پردیس بین المللی، دانشگاه تهران، کیش، ایران (نویسنده مسئول) dastoori@ut.ac.ir

^۲ استادیار دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه تهران، تهران، ایران - sfallahpour@gmail.com

^۳ استاد دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه تهران، تهران، ایران. - rtehrani@ut.ac.ir

^۴ استاد دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه تهران، تهران، ایران. - mehregan@ut.ac.ir

۱- مقدمه:

بازارهای مالی در سالیان اخیر و به موازات رشد روز افزونی که در حوزه فناوری‌های اطلاعات رخ داده؛ همواره دستخوش تغییرات فراوانی در ارائه راهکارهای متنوع سرمایه‌گذاری و دستیابی به سود افزون‌تر 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 انجام معاملات با بکارگیری رایانه می‌باشد که چگونگی پیاده‌سازی آن به وسیله الگوریتم‌ها هدایت می‌گردد. به بیانی دیگر؛ معاملات الگوریتمی اتخاذ موقعیت‌های مناسب خرید و فروش بر اساس تصمیمات الگوریتم‌های رایانه‌ای می‌باشد و شروع بکارگیری این راهکارهای معاملاتی به دهه ۱۹۷۰ باز می‌گردد و با توجه به تحولی که در عرصه فناوری در سالیان اخیر رخ داده است؛ استفاده از این الگوریتم‌ها نیز رشد روز افزونی داشته است. (نوتی، میرقائمی، تریلیون و ینگساری، ۲۰۱۱)

سیستم «معاملات زوجی»^۱ می‌باشد، از مهمترین اقسام معاملات الگوریتمی به شمار می‌آید که از پرکاربردترین استراتژی‌های آربیتراژ آماریست و در سطح وسیعی مورد استفاده سرمایه‌گذاران قرار می‌گیرد. استراتژی معاملات زوجی با استفاده از الگوی «اسپرد»^۲ به دنبال ایجاد سود از ناکارایی بازار بر یک جفت سهم می‌باشد. در این استراتژی با انتخاب دو سهم که روند قیمتی آنها در بلندمدت یکسان می‌باشد، به اتخاذ به هنگام موقعیت‌های مناسب خرید و فروش در زمانی پرداخته می‌شود که روند قیمتی آن دو سهم بر خلاف قاعده از یکدیگر دور گردند و با اعتقاد به این که سرانجام قیمت این دو سهم به میانگین خود باز خواهد گشت، به کسب سود پرداخت (پرلین، ۲۰۰۹؛ کالدريا و مورا، ۲۰۱۳).

رویکردهای متفاوتی در طرح ریزی یک استراتژی معاملات زوجی مورد مطالعه قرار گرفته است؛ که از مهمترین آن‌ها رویکرد «هم‌انباشتگی» می‌باشد. با این وجود آنچه همواره از اهمیت قابل توجهی در پیاده‌سازی این نوع از استراتژی‌های معاملاتی برخوردار می‌باشد؛ انتخاب مناسب حدود و آستانه‌هایی است که می‌بایست موقعیت‌های خرید و فروش اتخاذ گردند؛ که در این پژوهش برای نخستین بار از روش «کنترل کیفیت آماری» به منظور تعیین مناسب این آستانه‌ها استفاده گردیده است.

۲- مبانی نظری و مروری بر پیشینه پژوهش:

یکی از پرکاربردترین روش‌های معاملات الگوریتمی، روش «معاملات زوجی» می‌باشد. معاملات زوجی که در زمره استراتژی‌های آربیتراژ آماری به شمار می‌آید و در بازارهای مالی مورد توجه بازیگران بازار می‌باشد؛ از نوسانات یک جفت سهم در کوتاه مدت بهره می‌گیرد و ایده اصلی آن استفاده از الگوی

الگوریتم معاملات زوجی پربسامد با استفاده از کنترل کیفیت آماری فازی/دستوری، فلاح پور، تهرانی و مهرگان

«اسپرد» می باشد. بر مبنای این روش؛ یک جفت سهم با روند قیمتی یکسان و دارای موقعیت های فروش و خرید مشابه تعیین گردیده و در مقطعی که این روند قیمتی به صورت غیر عادی و خلاف قاعده از یکدیگر فاصله می گیرد، با انتظار بازگشت به میانگین اختلاف قیمتی دو سهم؛ می توان به کسب بازدهی پرداخت (پرلین، ۲۰۰۹؛ کالدريا و مورا، ۲۰۱۳). با کاهش چشمگیر هزینه های معاملاتی در بازارهای مالی جهانی که به سوی بازارهای خنثی در حال حرکت هستند، استفاده از معاملات زوجی در معاملات پربسامد ۳ می تواند به ایجاد بازدهی بالا منجر گردد (مایو، ۲۰۱۴). در معاملات پربسامد؛ معاملات بر روی کامپیوترهای پر سرعت اجرا شده و داده های بازار با استفاده از الگوریتم هایی برای ایجاد فرصت های معاملاتی تحلیل می گردند. مدت نگهداری این معاملات برخلاف سرمایه گذاری های بلند مدت برای کسری از ثانیه تا چند ساعت خواهند بود (رمضانی فر، ۱۳۹۳).

رویکردهای متفاوتی برای معاملات زوجی در مطالعات پیشین معرفی گردیده اند که رویکردهای فاصله ای، تصادفی، هم انباشتگی و پیش بینی ترکیبی از مهمترین این روشها می باشند. (پوسپینگروم، ۲۰۱۲). آنچه که این رویکردها را از یکدیگر متمایز می کند در اندازه گیری اسپرد و شدت بازگشت به میانگین می باشد. با این حال وجه تشابه این رویکردها در اتخاذ موقعیت های خرید و فروش می باشد؛ یعنی آن زمان که اسپرد از میانگین بلندمدت خود دور بشود، موقعیت های معاملاتی گشوده می شود و آن گاه که به میانگین خود نزدیک شود، موقعیت معاملاتی بسته می شود.

در رویکرد هم انباشتگی، جفت سهام هایی که روند قیمتی آن ها در بلندمدت یکسان می باشد، شناسایی می گردد. اساس روش هم انباشتگی بر آن استوار است که اگر چه بسیاری از سری های زمانی مالی غیرمانا می باشند و یک روند تصادفی افزایشی یا کاهششی دارند؛ اما ممکن است در بلند مدت یک ترکیب خطی از این متغیرها، همواره مانا و بدون روند تصادفی باشد. آنچه به ما کمک می کند این روابط تعادلی بلند مدت را کشف نماییم، تجزیه و تحلیل هم انباشتگی می باشد (رمضانی فر، ۱۳۹۳).

در این پژوهش علاوه بر استفاده از روش هم انباشتگی؛ به منظور تعیین حدود و آستانه هایی که می بایست موقعیت های خرید و فروش اتخاذ گردد؛ برای اولین بار از روش کنترل فرآیند آماری ۴ استفاده گردیده است. روش کنترل فرآیند آماری که در جوامع صنعتی به وفور از آن استفاده می گردد؛ به دنبال شناسایی سریع انحرافات با دلیل یا تغییرات در فرآیند هست تا از تولید تعداد زیادی محصول معیوب اجتناب و علل ایجاد چنین انحرافات بررسی و اقدامات اصلاحی لازم انجام می شود. این نمودارها که یکی از روش های کنترل فرآیند حین تولید می باشد؛ شامل یک خط مرکز ۵ بوده که مقدار متوسط مشخصه را در حالت تحت کنترل نشان می دهد و هم چنین دو خط افقی دیگر است که حد کنترل بالا

۶ و حد کنترل پایین ۷ را نشان می دهد. این حدود به گونه ای انتخاب شده اند که اگر فرآیند تحت کنترل باشد، تقریباً همه نقاطی که بر اساس اطلاعات نمونه محاسبه شده اند، بین این حدود واقع می شوند و تا زمانی که نقاط بین حدود کنترل قرار گیرند؛ فرض می شود فرآیند تحت کنترل است و نیاز به فعالیت اصلاحی نیست. اگر نقطه ای خارج از حدود کنترل رسم شود یا نقاط دارای روند غیر تصادفی باشند؛ در نتیجه فرآیند در شرایط خارج از کنترل قرار دارد و اقدامات اصلاحی نیاز است تا منبع ایجاد انحراف با دلیل تعیین و حذف گردد (مونتگومری، ۲۰۱۳). در چنین حالتی و در یک کارخانه تولیدی؛ یک ماشین خارج از کنترل خاموش می گردد، اما در دنیای مالی و سرمایه گذاری، معامله گران؛ سطح سرمایه گذاری خود را در موارد خارج از کنترل تغییر می دهند و یا ممکن است ریسک سرمایه گذاری در چنین شرایطی را بپذیرند، اما با این وجود از ضرورت بستن سریع موقعیت معاملاتی خود نیز آگاه و مطلع می باشند (کومیگا و ولیت، ۲۰۰۸).

با توجه به نقش سرعت تصمیم گیری در بهره گیری از موقعیت های آربیتراژی و اشکالاتی که همواره به روش های معاملاتی سنتی در واکنش سریع و تعیین استراتژی های سرمایه گذاری در تغییر پی در پی اطلاعات و هجوم اطلاعات جدید به بازار وجود دارد، مسئله اصلی این پژوهش بر چگونگی استراتژی های معاملاتی مبتنی بر سیستم معاملاتی پر بسامد و معاملات الگوریتمی زوجی استوار خواهد بود. بر این اساس به دنبال پاسخ گویی به این سؤال بوده ایم که الگوریتم معاملاتی مناسب بر پایه معاملات زوجی و در شرایط معاملات پر بسامد با استفاده از روش کنترل کیفیت آماری به چه صورتی می باشد.

۳- روش شناسی پژوهش:

چنان چه پیش تر بدان اشاره گردید در این پژوهش که بر حسب هدف در زمره تحقیقات کاربردی و از حیث گردآوری داده ها در قالب تحقیقات توصیفی با رویکرد ارائه یک مدل قرار می گیرد به دنبال دستیابی سود بیشتر با استفاده از استراتژی معاملات زوجی می باشیم. مرجع داده های مورد استفاده در این پایان نامه اطلاعات معاملاتی داخل روز مربوط به شرکت های موجود در بازار بورس اوراق بهادار تهران می باشد. داده های استفاده شده در این پژوهش عبارتند از قیمت های درون روزی شرکت های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران که شرایط مورد نیاز را برای استفاده در الگوریتم معاملات جفتی دارا باشند. با توجه به این که استراتژی معاملات زوجی پر بسامد به دنبال بهره گیری از شرایط ناکارایی قیمت ها و اتخاذ موقعیت های معاملاتی از کسری از ثانیه تا چند ساعت می باشد، از اینرو جامعه مورد بررسی این مطالعه متشکل از پنجاه شرکت فعال و برتر بورس اوراق بهادار تهران طی دوره یکساله ۱۳۹۵

الگوریتم معاملات زوجی پربسامد با استفاده از کنترل کیفیت آماری فازی/دستوری، فلاح پور، تهرانی و مهرگان

می باشند. از سوی دیگر، از آنجا که احتمال وجود رابطه تعادلی بلندمدت در میان دو سهم از یک صنعت مشابه بیشتر می باشد؛ در این نوشتار شرکت های فهرست شده در لیست پنجاه شرکت فعال به تفکیک صنعت تهیه و سپس این فهرست بر اساس شاخص هایی نظیر میزان سرعت و حجم معاملات، نقدشوندگی و همچنین دسترسی به داده های درون روزی مورد نیاز کوتاه گردید. بدین ترتیب نمونه مورد بررسی در این پژوهش در نه صنعت و مجموعاً ۳۳ شرکت به شرح جدول شماره ۱ می باشند.

جدول ۱ اسامی نمونه مورد بررسی به تفکیک صنعت

نام شرکت	نام صنعت
مخابرات، ارتباطات سیار	مخابرات
توسعه معدن روی، گلگهر، چادرملو	استخراج کانی های فلزی
بانک پاسارگاد، اقتصاد نوین، سینا، پارسیان، انصار، ملت، صادرات، تجارت	بانکها
سرمایه گذاری سایپا و سرمایه گذاری خوارزمی	سرمایه گذاریها
پتروشیمی خارک، پتروشیمی خلیج فارس، پتروشیمی جم، پتروشیمی پردیس، پتروشیمی نفت و گاز	پتروشیمی
گروه بهمن، سرمایه گذاری رنا، سایپا دیزل، ایران خودرو، سایپا، پارس خودرو، ایران خودرو دیزل	خودرو و قطعات
فولاد مبارکه، صنایع ملی مس	فلزات اساسی
سرمایه گذاری غدیر، سرمایه گذاری صندوق بازنشستگی	چند رشته ای صنعتی
پالایش نفت اصفهان، پالایش نفت بندرعباس، نفت بهران	فرآورده های نفتی

با توجه به این که از میان n سهم همواره می توان $\binom{n}{2}$ جفت سهم را انتخاب نمود؛ بنابراین به تفکیک هر صنعت، تعداد جفت سهام های تشکیل شده برای انجام آزمون های هم انباشتگی در جدول فوق مشخص گردیده است.

۲. ۱- هم انباشتگی:

یکی از روش های آزمون روابط تعادلی بین دو سهم، روش هم انباشتگی می باشد. بر این اساس؛ اگر دو یا چند سری زمانی نامانا باشد، سری زمانی حاصل از ترکیب خطی آن ها نیز نامانا خواهد بود، در صورتی که فرض گردد:

$$x_t \sim I(D), \quad y_t \sim I(e), \quad z_t = \alpha x_t + \beta y_t$$

(معادله ۱)

در این صورت اگر $e \geq d$ باشد؛ آنگاه $z_t \sim I(e)$ خواهد بود. یعنی اگر چند سری زمانی داشته باشیم؛ که درجه انباشتگی آن ها متفاوت باشد، ترکیب خطی آن ها انباشته از بزرگترین درجه است. پس از d بار تفاضل گیری از z_t داریم:

$$\Delta^t z_t = \alpha \Delta^d x_t + \beta \Delta^d y_t \quad (\text{معادله ۲})$$

اولین جمله سمت راست عبارت فوق یعنی $\Delta^d x_t$ مناسب است، اما $\Delta^d y_t$ مانا نبوده و انباشته از درجه $e - d$ می باشد. مجموع یک سری زمانی مانا $\alpha \Delta^d x_t$ و یک سری زمانی غیر مانا $\beta \Delta^d y_t$ یک سری زمانی غیر ماناست، بنابراین $\Delta^d z_t$ غیر مانا و $I(d - b)$ می باشد. با فرض این که تفاضل گیری z_t تا e بار ادامه یابد:

$$\Delta^e z_t = \alpha \Delta^e x_t + \beta \Delta^e y_t \quad (\text{معادله ۳})$$

تفاضل یک سری زمانی مانا یک سری مانا خواهد بود، بنابراین $\alpha \Delta^e x_t$ مانا می باشد. جمله $\beta \Delta^e y_t$ نیز مانا خواهد بود. در نتیجه قاعده کلی آن است که درجه انباشتگی ترکیب خطی چند سری، معادل بزرگترین درجه انباشتگی آن هاست؛ بنابراین خواهیم داشت: $z_t \sim I[\max(d, e)]$

هم انباشتگی استثنایی بر این قاعده عمومی است، به عنوان مثال با توجه به معادله رگرسیون زیر:

$$y_t = u_t + \beta x_t \quad (\text{معادله ۴})$$

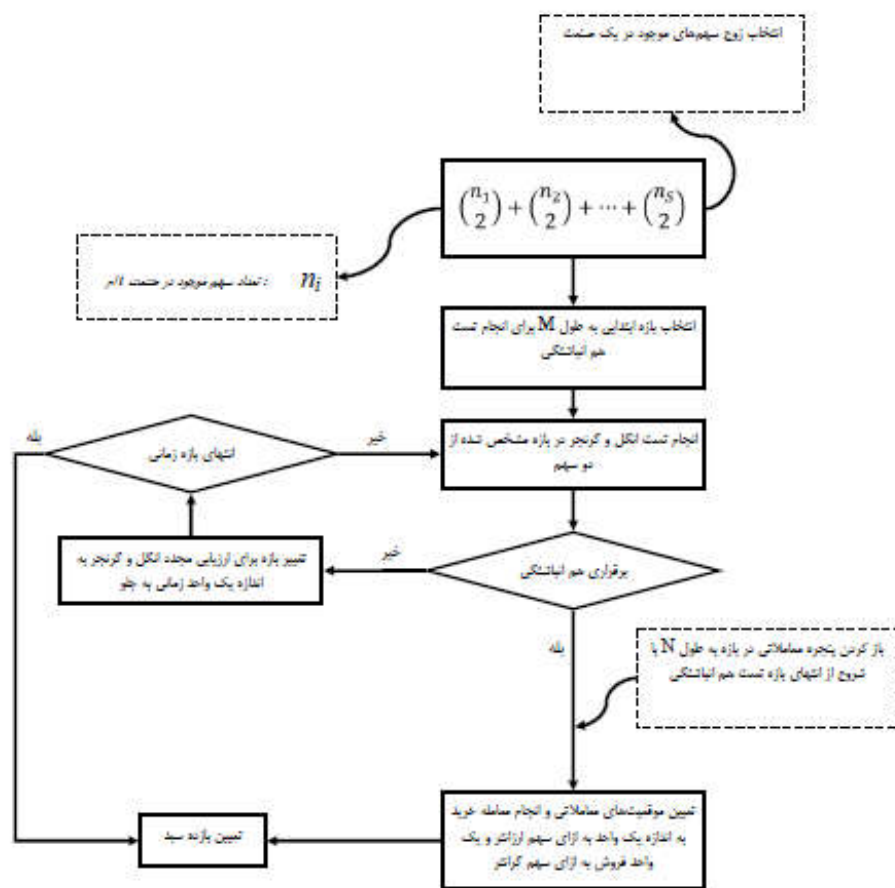
در صورتی که $x_t \sim I(1)$ و $y_t \sim I(1)$ باشد، بنابراین مطابق بحث فوق جمله اختلال برابر است با:

$$u_t = y_t - \beta x_t \quad (\text{معادله ۵})$$

که غیر مانا و $I(1)$ است. با فرض idd بودن جمله اختلال فرض مانا بودن می تواند به راحتی نقض شود. در این صورت دیگر تخمین های حداقل مربعات سازگار نبوده و استنباط های آماری معتبر نیستند. به علاوه رگرسیون مربوطه را یک رگرسیون بی معنی^۸ می نامند. زیرا فروض اساسی برای معتبر بودن آن آن نقض شده است. اما اگر مقداری برای β وجود داشته باشد، به طوری که $y_t - \beta x_t$ مانا گردد، آنگاه متغیرهای y_t و x_t را هم انباشته می نامند؛ یعنی با وجود این که متغیرهای مذکور غیر مانا می باشد، اما یک ترکیب خطی از آن ها با استفاده از مقدار مشخص β مانا می باشد.

الگوریتم معاملات زوجی پرسامد با استفاده از کنترل کیفیت آماری فازی/دستوری، فلاح پور، تهرانی و مهرگان

چنانچه x_t و y_t هم انباشته نباشند؛ آنگاه $u_t = y_t - \beta x_t$ دارای هم انباشتگی از مرتبه یک خواهد بود و این دو متغیر با گذشت زمان به دائمی از هم فاصله می گیرند و هیچ نیرویی برای بازگرداندن u_t به یک سطح تعادلی وجود ندارد؛ لذا گفته می شود که رابطه تعادلی بلند مدتی میان x_t و y_t برقرار نیست (رضانی فر، ۱۳۹۳).



شکل شماره ۱ فلوجارت معاملات زوجی بر مبنای هم انباشتگی

۲.۲- کنترل کیفیت آماری فازی:

کنترل کیفیت آماری که امروزه روشی قابل اتکا در جهت ارتقا کیفیت فرآیندها و محصولات به شمار می آید، نخستین بار توسط شوهارت (۱۹۳۱) و به منظور طبقه بندی محصولات با یک مشخصه کیفی

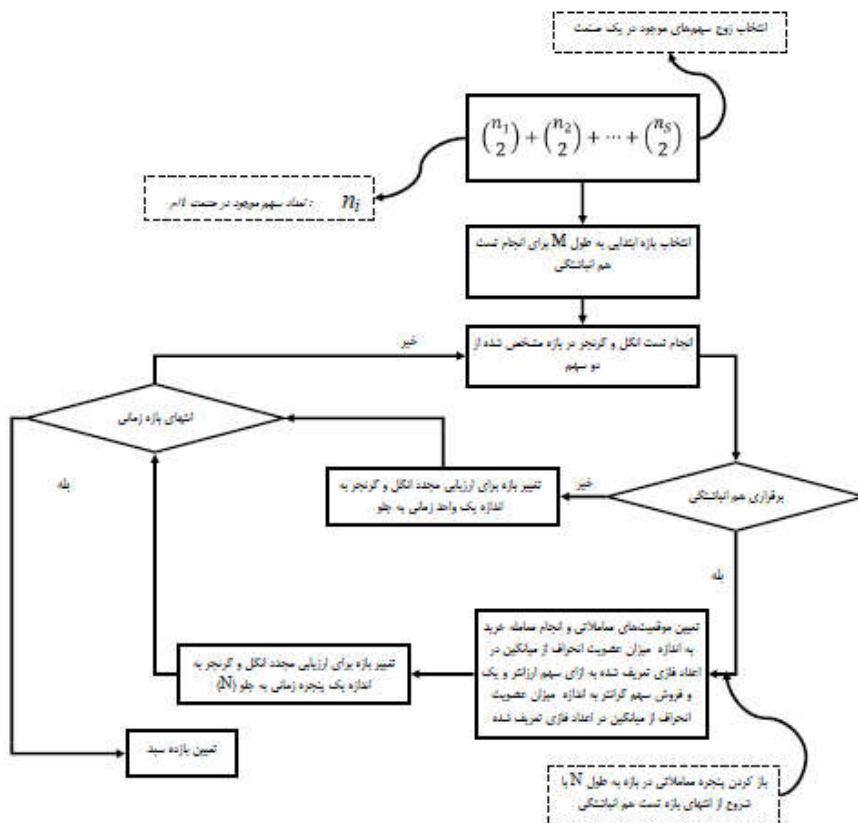
معرفی گردید. نمودارهای کنترل کیفیت آماری شوهارت که با فرض این که داده ها و اطلاعات قطعی است و صرفاً تحت تأثیر عدم قطعیت آماری قرار دارند؛ به دنبال دسته بندی محصولات با استفاده از یک تابع مشخصه به دو طبقه سالم و معیوب می باشد. این نمودارها سطح متوسط عملکرد فرآیند و تغییرپذیری ذاتی آن را با معیار آماری میانگین و واریانس سنجیده و سعی در کنترل آن کمیت ها در طول زمان دارند. از آنجا که در بسیاری از موارد طبقه بندی دو تایی و انطباق و عدم انطباق با یک ویژگی خاص نمی تواند راهکار مناسبی در خصوص کنترل فرآیند قلمداد گردد؛ وانگ و راز (۱۹۹۰) و کاناواگا (۱۹۹۳) با طبقه بندی چند سطحی کیفیت به سطوح عالی، خوب، متوسط، ضعیف و بد روشی دیگر در جهت کنترل فرآیند و افزایش سطح کیفی تولید پرداختند، با این حال چگونگی توزیعات احتمالی، استفاده از روش آن را مشکل نموده بود.

از آنجا که در بسیاری از موارد، اطلاعات دقیق و قطعی موجود نبوده و اطلاعات مبهم و فازی می باشند، نمودارهای کنترل کیفیت فازی به منظور بررسی عملکرد فرآیندهایی با داده های فازی معرفی گردیده اند. تالب و لیمام (2002) با ارائه رویکردی دیگر در ساختار نمودارهای کنترل کیفیت فازی به این نتیجه دست یافتند که نمودارهای کنترل فازی به درجه فازی بودن حساس می باشند.

به طور کلی در تئوری مجموعه های فازی، داده های مبهم در قالب مجموعه های فازی در نظر گرفته می شوند و سپس هر مجموعه با عملگرهای غیرفازی ساز همانند میانگین، میانه و مد فازی به اعدادی مشخص و دقیق تبدیل می شوند و سپس نمودارهای کنترل بناسازی می شوند. اخیراً گولبای و کهرمان (۲۰۰۷) به بناسازی نمودارهای کنترل فازی پرداخته که مزیت روش آن ها عدم تبدیل نمونه های فازی به داده های قطعی است که برای بناسازی حدود کنترل فازی از قانون سه انحراف معیار استفاده نموده اند که وابستگی شدیدی به فرض توزیع نرمال بودن داده ها دارد (فراز، ۲۰۰۷).

الگوریتم معاملات زوجی برسامد با استفاده از کنترل کیفیت آماری فازی/دستوری، فلاح پور، تهرانی و مهرگان

شکل شماره ۲ فلوجارت معاملات زوجی بر مبنای کنترل کیفیت آماری فازی



با توجه به عدم قطعیت و پویایی های موجود در سرمایه گذاری با استفاده از الگوریتم های معاملات زوجی و به منظور توسعه و بسط توابع عضویت در قالب اعداد فازی؛ برای پارامترهای مختلف می توان از توابع مختلف اعداد فازی استفاده نمود. در واقع مفهوم تابع عضویت فازی به مقدار فازی بودن یک مجموع اشاره می کند. در اغلب پژوهش ها از دو دسته اعداد فازی مثلثی و دوزنقه ای استفاده گردیده است، که در این پژوهش اعداد فازی دوزنقه ای مورد استفاده قرار گرفته است. بر این اساس فلوجارت الگوریتم معاملات زوجی بر مبنای کنترل کیفیت آماری فازی در شکل شماره ۲ ارائه گردیده است.

۴- سوال پژوهش:

با توجه به ماهیت این پژوهش به جای داشتن فرضیه، به دنبال پاسخگویی به این سوال بوده ایم که یک الگوریتم مناسب بر پایه سیستم معاملات زوجی پر بسامد در بورس اوراق بهادار تهران به چه صورتی خواهد بود و چگونه می توان با بهره گیری از روش کنترل کیفیت آماری فازی به تعیین مناسب آستانه هایی پرداخت که با اتخاذ موقعیت های معاملاتی در آن بازدهی بیشینه گردد.

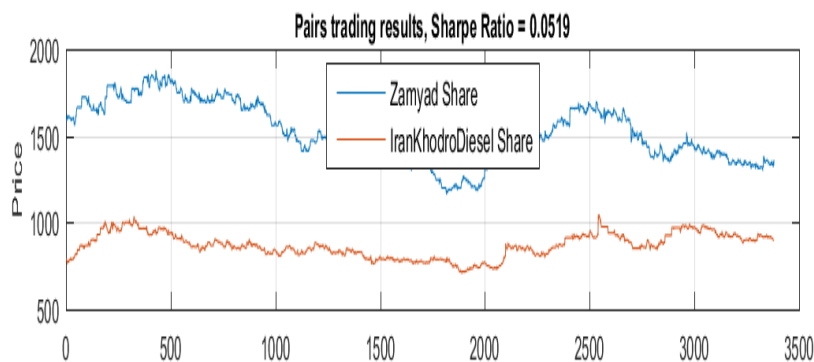
۵- یافته های پژوهش:

در این پژوهش؛ سیستم معاملات زوجی با استفاده از اطلاعات درون روزی شرکت های مورد بررسی با پیاده سازی دو مدل مورد بررسی قرار گرفت. نخستین مدل، استفاده از مدل اولیه و پایه ای معاملات زوجی بر مبنای رویکرد هم انباشتگی می باشد و دومین مدل، استفاده از روش کنترل کیفیت آماری فازی به منظور توسعه مدل نخست و حصول نتایج بهتر در کسب سود بیشتر می باشد. که در ادامه به ارائه یافته های هر یک از مدل های فوق پرداخته ایم.

۵-۱ مدل اولیه معاملات زوجی :

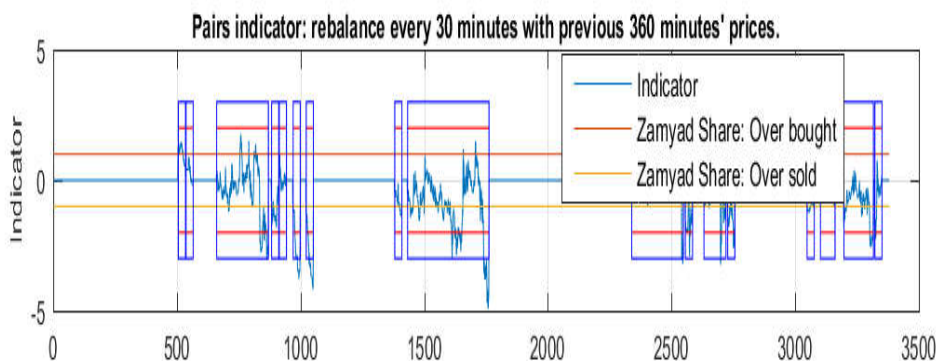
ابتدایی ترین روش برای معاملات جفتی و بهره گیری از تعادل بلند مدت میان دو سهم روش معاملات جفتی است. بر این اساس ابتدا پنجره های تخمین شکل می گیرد. در این پژوهش با توجه به پیشینه تحقیقات هر پنجره تخمین ۳۶۰ دقیقه در نظر گرفته شده است. در هر پنجره تخمین با استفاده از دستور EGTEST در متلب ۲۰۱۵ هم انباشتگی میان دو سهم مورد بررسی قرار گرفته در صورت وجود هم انباشتگی پنجره معاملاتی به مدت ۳۰ دقیقه باز شده و در صورت عبور نماگر از یک سیگما معامله آغاز می شود. پس از بسته شدن هر پنجره معاملاتی بازده معامله یا معاملات صورت گرفته در آن پنجره محاسبه شده و در جدول بازده ها ذخیره می شود.

الگوریتم معاملات زوجی پربسامد با استفاده از کنترل کیفیت آماری فازی/دستوری، فلاح پور، تهرانی و مهرگان



نمودار ۱: حرکت بازده جفت سهم زامیاد و ایران خودرو دیزل

در نمودار فوق حرکت قیمتی سهام شرکت زامیاد و شرکت ایران خودرو دیزل نشان داده شده است. پس از مشخص نمودن دو سهم اختلاف قیمتی آنها مشخص می شود. با استفاده از فرمول مشخص شده در فصل سوم نماگر اختلاف قیمتی دو سهم محاسبه شده است که در نمودار شماره ۲ آمده است. در این بخش ۳۶۰ دقیقه وجود هم انباشتگی آزمون شده در صورت تایید پنجره تخمین ۳۰ دقیقه ای شروع به کار خواهد کرد.

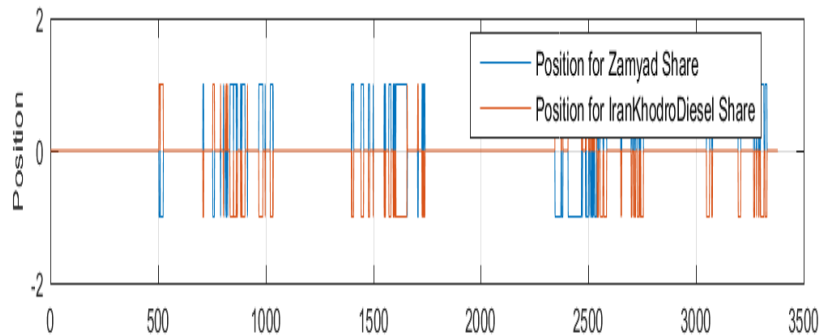


نمودار ۲: نماگر و پنجره های تخمین و معاملاتی

با توجه به وضعیت پنجره معاملاتی و حرکت نمودار نماگر با فاصله گرفتن از میانگین بر مبنای وجود یک تعادل بلند مدت مقادیر به میانگین بازگشت خواهند داشت. معامله ای با مبنای وجود خرید و فروش استقراری طراحی شده که نحوه خرید و فروش در نمودار شماره ۳ نشان داده شده است. همانطور

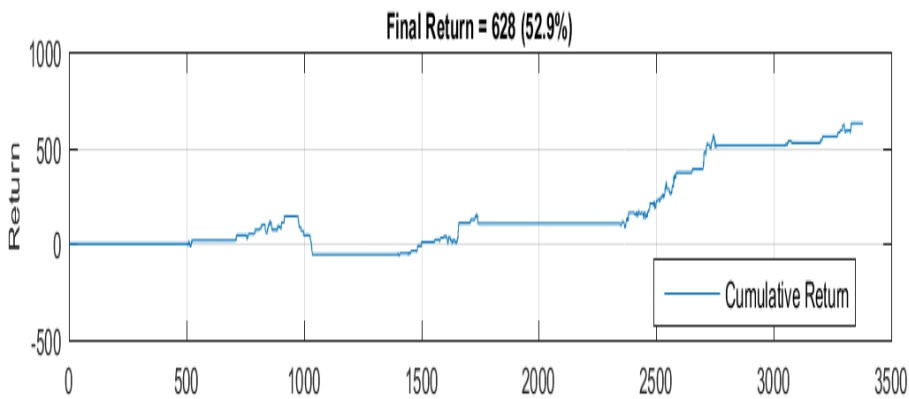
فصلنامه مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار / شماره سی و هفتم / زمستان ۱۳۹۷

که در نمودار شماره ۳ مشاهده می شود در این بخش یک سهم خریداری و یک سهم دیگر فروش استقراری می شود.



نمودار ۳ خرید و فروش استقراری دو سهم

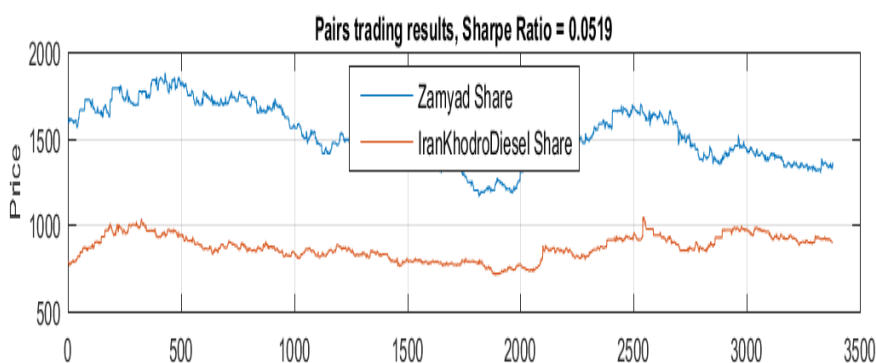
پس از انجام معاملات زوجی با استفاده از قیمت ها و تغییرات آنها بر مبنای خرید و فروش استقراری سود و بازده هر معامله محاسبه شده است که نمودار شماره ۴ نشان دهنده بازده تجمعی معاملات صورت گرفته است. با توجه به ۶۲۸ جفت معامله صورت گرفته بازده ناشی از معاملات با فرض عدم وجود هزینه معاملاتی مجموع بازده تمامی خرید و فروش ها ۵۲٫۹٪ برای جفت سهم زامیاد و ایران خودرو دیزل بوده است.



نمودار ۴ بازده تجمعی و تعداد معاملات زوجی صورت گرفته

۵-۲ روش معاملات جفتی با استفاده از کنترل کیفیت آماری فازی :

روشهای آماری کنترل کیفیت که برای اولین بار در سال استفاده شدند ، هم اکنون نیز متداول هستند؛ اما در برخی موارد که اطلاعات موجود به نوعی دارای ابهام و عدم قطعیت هستند، کارایی خود را از دست می‌دهند. در این نمودارها فرض می شود که داده ها و اطلاعات دقیق و قطعی هستند و نمودارهای کنترل محصولات را به صورت طبقه بندی صفر و یک در دو طبقه تحت کنترل و خارج از کنترل قرار می دهد؛ در صورتیکه بتوان طبقه بندی های دیگری به صورت حد وسط بین منطبق یا نامنطبق و تحت کنترل یا خارج از کنترل در نظر گرفت ، سطح کیفی محصول به صورت واقع تری بیان خواهد شد. نمودارهای کنترل کلاسیک نمی توانند دانش و تجربه اپراتورها در تعیین کیفیت یک مشخصه کیفی را به طور موثر استفاده کنند؛ ولی نمودارهای فازی با توانمندی که در فرموله کردن تجربه افراد متخصص و استفاده از داده های مبهم و نادقیق دارد، توانایی کنترل کیفیت را برای بهبود کیفیت محصولات و خدمات افزایش میدهد. در این پژوهش برای توانمند کردن نمودارهای کنترل آماری از نظریه فازی استفاده میشود. با توجه به ترکیب کنترل کیفیت آماری فازی و الگوریتم معاملاتی که متغیرهای کیفی میانگین اسپرد و انحراف معیار به مدل اضافه شده و همچنین منطق فازی به کار گرفته شده در این بخش کنترل ها را فازی نموده است.

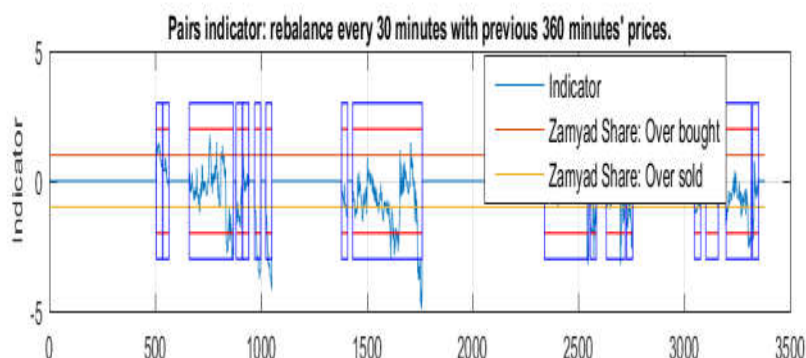


نمودار ۵ حرکت بازده جفت سهم زامیاد و ایران خودرو دیزل

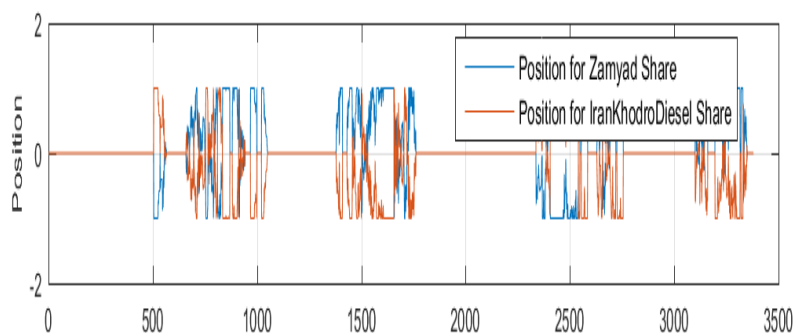
در اول همانند روش قبل حرکت قیمتی سهام شرکت زامیاد و شرکت ایران خودرو دیزل نشان داده شده است. پس از مشخص نمودن دو سهم بر اساس فیلترهای گفته شده در بخش اختلاف قیمتی آنها مشخص می شود. با استفاده از فرمول مشخص شده در فصل سوم نماگر اختلاف قیمتی دو سهم محاسبه شده است که در نمودار شماره ۹ آمده است. در این بخش ۳۶۰ دقیقه وجود هم انباشتگی آزمون شده در

فصلنامه مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار / شماره سی و هفتم / زمستان ۱۳۹۷

صورت تایید پنجره تخمین و عدم توقف در خصوص میانگین و انحراف معیار پنجره ۳۰ دقیقه ای شروع به کار خواهد کرد. پنجره های مذکور در نمودار شماره ۱۰ آمده است.



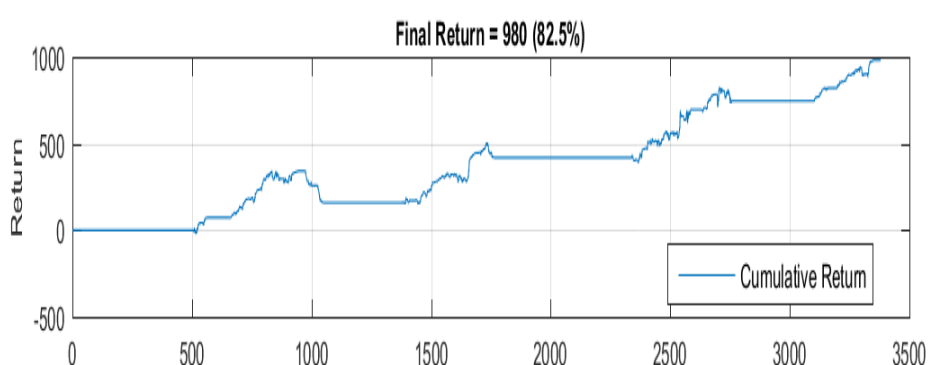
نمودار ۶ نماگر و پنجره های تخمین و معاملاتی در روش ترکیبی با کنترل کیفیت آماری با توجه به وضعیت پنجره معاملاتی و حرکت نمودار نماگر با فاصله گرفتن از میانگین بر مبنای وجود یک تعادل بلند مدت مقادیر به میانگین بازگشت خواهند داشت. معامله ای با مبنای وجود خرید و فروش استقراری طراحی شده که نحوه خرید و فروش در نمودار شماره ۱۰ نشان داده شده است. در این روش در صورتی که میانگین ها و انحراف معیار ها از یک انحراف معیار میانگین یا از یک انحراف معیار انحراف معیارها عدول نمایند پنجره بسته می شود. همانطور که در نمودار شماره ۱۱ مشاهده می شود در این بخش یک سهم خریداری و یک سهم دیگر فروش استقراری می شود.



نمودار ۷ خرید و فروش استقراری دو سهم در معاملات جفتی کنترل کیفیت آماری فازی

الگوریتم معاملات زوجی پربسامد با استفاده از کنترل کیفیت آماری فازی/دستوری، فلاح پور، تهرانی و مهرگان

پس از انجام معاملات زوجی با استفاده از قیمت ها و تغییرات آنها بر مبنای خرید و فروش استقراری سود و بازده هر معامله محاسبه شده است که نمودار شماره ۱۲ نشان دهنده بازده تجمعی معاملات صورت گرفته است. با توجه به ۹۸۰ جفت معامله صورت گرفته بازده ناشی از معاملات با فرض عدم وجود هزینه معاملاتی مجموع بازده تمامی خرید و فروش ها ۸۲,۵٪ برای جفت سهم زامیاد و ایران خودرو دیزل بوده است.



نمودار ۸ بازده تجمعی و تعداد معاملات زوجی کنترل کیفیت آماری فازی صورت گرفته

۶- بحث و نتیجه گیری :

پس از پیاده سازی تمامی مدل های به دنبال مقایسه میان روش ها و استراتژی های سرمایه گذاری در این پژوهش بوده ایم. در ابتدایی ترین روش معاملات جفتی بر پایه تحقیقات گذشته از روش هم انباشتگی استفاده گردید و این مدل را به عنوان مدل پایه معرفی نمودیم و در گام بعد به دنبال ایجاد عملکرد بهتر روش پایه با استفاده از ایجاد کنترل هایی بر مدل پایه حرکت شد و با استفاده از ترکیب مدل پایه و کنترل کیفیت آماری فازی این اتفاق رخ داد. با توجه به این موضوع که داده های مورد استفاده در این پژوهش اختلاف میان دو سهم است و نمی توان همراه انتظار داشت که رفتار این متغیر ثابت باشد رویکرد کنترلی فازی مورد استفاده قرار گرفته است.

جدول ۲ مقایسه مدل های مختلف در استراتژی های سرمایه گذاری

شارپ	میانگین بازده هر معامله	بازده کل	تعداد معاملات	
0.04333	0.10083	46.1727	471.737	مدل پایه
0.046029	0.053174	57.9557	1008.553	مدل پایه و کنترل کیفیت آماری فازی

فصلنامه مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار / شماره سی و هفتم / زمستان ۱۳۹۷

در مدل های ارائه شده مشاهده می شود که با استفاده از مدل پایه ۴۶/۱۷٪ بازده کسب شده است و تعداد معاملات به طور متوسط ۴۷۱ معامله برای هر جفت سهم بوده است که با استفاده از مدل بعد با رویکرد کنترل کیفیت آماری فازی با توجه به فازی شدن فضای تصمیم تعداد معاملات افزایش یافته است و به ۱۰۰۸ معامله برای هر جفت سهم به صورت متوسط رسیده است. در کنار افزایش تعداد معاملات به صورت میانگین بازده استراتژی نیز افزایش یافته است و به ۵۷/۹۵٪ رسیده است.

این امر نشان می دهد که استفاده از کنترل کیفیت آماری فازی توانسته است در بهبود عملکرد مدل موثر بوده و سطح جدیدی از معاملات جفتی را ارائه نماید.

نتایج جدول شماره ۲ حاکی از آن است که استفاده از روش کنترل کیفیت آماری فازی در پیاده سازی استراتژی معاملات زوجی در قیاس با مدل پایه که برگرفته از تحقیقات گذشته می باشد، قریب به ۱۱,۷۸٪ افزایش در ایجاد بازدهی داشته است. این میزان افزایش در بازدهی که در دنیای سرمایه گذاری و در معاملات پر بسامد که دوره نگهداشت می تواند کسری از ثانیه باشد، بسیار قابل توجه می باشد. بنابراین، استفاده از روش کنترل آماری فازی در تعیین آستانه های مناسب خرید و فروش، می تواند به تصمیم گیری های بهتر سرمایه گذاران و اتخاذ به هنگام موقعیت های خرید و فروش و به عبارتی تعیین زمان مناسب باز و بسته شدن موقعیت های معاملاتی آن ها منجر گردد، که این موضوع در قیاس با مدل پایه که برگرفته از تحقیقات گذشته می باشد؛ افزایش قابل تأملی در بازدهی را به همراه خواهد داشت.

فهرست منابع:

- (۱) رضانی فر، ا. (۱۳۹۳). معاملات زوجی با استفاده از رویکرد هم انباشتگی کسری. (پایان نامه منتشر نشده مقطع کارشناسی ارشد)، دانشگاه تهران، ایران.
- 2) (Faraz & Moghadam, 2007; Gülbay & Kahraman, 2007; Kanagawa, Tamaki, & Ohta, 1993; Shewhart, 1931; Taleb & Limam, 2002; WANG & RAZ, 1990)
- 3) Caldeira, J. F., & Moura, G. V. (2013). Selection of a Portfolio of Pairs Based on Cointegration: A Statistical Arbitrage Strategy. *Revista Brasileira de Finanças*, 11(1), 49-80 .
- 4) Faraz, A & ,Moghadam, M. B. (2007). Fuzzy control chart a better alternative for Shewhart average chart. *Quality & Quantity*, 41(3), 375-385 .
- 5) Gülbay, M., & Kahraman, C. (2007). An alternative approach to fuzzy control charts: Direct fuzzy approach. *Information sciences*, 177(6), 1463-1480 .
- 6) Kanagawa, A., Tamaki, F., & Ohta, H. (1993). Control charts for process average and variability based on linguistic data. *The International Journal of Production Research*, 31(4), 913-922 .
- 7) Kumiega, A., & Vliet, B. V. (2008). Controlling trade selection algorithms Using Statistical Process Control. Available at <http://www.researchgate.net/publication/228978165> .
- 8) Miao, G. J. (2014). High Frequency and Dynamic Pairs Trading Based on Statistical Arbitrage Using a Two-Stage Correlation and Cointegration Approach. *International Journal of Economics and Finance*, 6(3), p96 .
- 9) Montgomery, D. C. (2013). *Statistical Quality Control: A Modern Introduction*, 7th Edition International Student Version: John Wiley & Sons.
- 10) Nuti, G., Mirghaemi, M., Treleaven, P., & Yingsaeree, C. (2011). Algorithmic trading. *Computer*, 44(11), 61-69 .

- 11) Perlin, M. S. (2009). Evaluation of pairs-trading strategy at the Brazilian financial market. *Journal of Derivatives & Hedge Funds*, 15(2), 122-136 .
- 12) Puspaningrum, H. (2012). *Pairs Trading Using Cointegration Approach*. (Doctor of Philosophy), Wollongong, Australia .
- 13) Shewhart, W. A. (1931). *Economic control of quality of manufactured product*. New York: D. Van Nostrand company, inc.
- 14) Taleb, H., & Limam, M. (2002). On fuzzy and probabilistic control charts. *International Journal of Production Research*, 40(12), 2849-2863 .
- 15) WANG, J.-H., & RAZ, T. (1990). On the construction of control charts using linguistic variables. *The International Journal of Production Research*, 28(3), 477-487 .

۱ Pairs Tradings

۲ Spread

۳ Hyper frequency

۴ Statistical Process Control(SPC)

۵ Center Line

۶ Uper Control Limit(UPC)

۷ Lower Control Limit(LCL)

۸ Spurious