



فصلنامه علمی پژوهشی دانش سرمایه‌گذاری
سال هفتم / شماره بیست‌وششم / تابستان ۱۳۹۷

ارزیابی استراتژی معاملات زوجی با رویکرد فاصله‌ای در بورس اوراق بهادار تهران

مسعود طادی

کارشناس ارشد مهندسی مالی، دانشگاه تهران
m.tadi.ie@gmail.com

مجید آبکار

کارشناس ارشد مدیریت مالی، دانشگاه علامه طباطبائی (نویسنده مسئول)
Majidabkar@yahoo.com

وحید مطهری نیا

کارشناس ارشد مهندسی مالی، دانشگاه تهران
vahid.motahari@gmail.com

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۱/۱۸ تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۳/۲۸

چکیده

معاملات الگوریتمی در سالهای اخیر، یکی از اصلی‌ترین زمینه‌های صنعت مالی بوده است. این نوع معاملات شامل استراتژی‌های معاملاتی مبتنی بر برنامه‌های کامپیوتری جهت تصمیم‌گیری برای ارسال سفارشات هستند. استراتژی معاملات زوجی یکی از مشهورترین و در عین حال قابل فهم‌ترین روش‌های معاملات الگوریتمی است. به منظور پیاده‌سازی استراتژی معاملات زوجی می‌توان از چندین رویکرد مختلف و یا ترکیبی از این رویکردها بهره برد. یکی از این رویکردها، رویکرد فاصله‌ای است. در این پژوهش، به منظور به کارگیری این استراتژی، زوج سهم‌ها از صنعت استخراج کانه های فلزی و داده‌های قیمت در بازه‌ی زمانی مربوط به سال ۱۳۹۵ انتخاب شده‌اند. سپس با اعمال استراتژی زوجی و پس‌آزمایی آن، عملکرد استراتژی معاملات زوجی با استراتژی خرید و نگهداری مقایسه شده است. نتایج پژوهش نشان می‌دهد که با فرض وجود سیستم فروش استقراسی و در محدوده آستانه مطلوب، بازدهی معاملات زوجی از استراتژی خرید و نگهداری بیشتر خواهد بود.

واژه‌های کلیدی: معاملات الگوریتمی، استراتژی معاملات زوجی، رویکرد فاصله‌ای، فرصت آربیتراژی، استراتژی خرید و نگهداری، انتخاب سهم.

۱- مقدمه

در سال‌های اخیر مقالات متعددی در جهت به‌کارگیری ابزارهای کمی برای مدل‌سازی بازار و ایجاد قواعد معاملاتی به چاپ رسیده است. ایده‌ی اساسی این تحقیقات، یافتن الگوهایی بر مبنای رفتار قیمت تاریخی سهم است. یکی از معروف‌ترین رویکردها برای مدل‌سازی بازار و استنباط قواعد منطقی آن، تحلیل تکنیکال^۱ است. این تکنیک بر اساس شاخص‌های کمی^۲ و نیز الگوهای بصری^۳ به منظور تعریف نقاط ورود و خروج به سهم در بازه کوتاه مدت بنا شده است. شهرت تحلیل تکنیکال منجر به پدید آمدن آزمون‌هایی در جهت اعتبارسنجی این قبیل ابزارها از منظر سودآوری شده است. مقاله پارک^۴ و ایروین^۵ (2004)، مرور مناسبی برای مطالعه تاریخچه کارهای صورت گرفته در این زمینه است. با وجود اینکه بسیاری مقالات در جهت اثبات سودآوری تحلیل تکنیکال برآمده‌اند اما مشکلات عدیده‌ای در این مطالعات به چشم می‌خورد که می‌توان به مشکلات داده‌کاوی^۶، هزینه‌های مبادله^۷ و نقدشوندگی^۸ اشاره کرد. سودآوری تحلیل تکنیکی می‌تواند در اثر هزینه‌های مبادله از بین برود. همچنین مقبولیت فزاینده تحلیل تکنیکی به وسیله خبرگان بازار و شواهد رو به گسترش به خصوص از طرف شاخه مالیه رفتاری^۹ در مورد این که اغلب، رفتار سرمایه‌گذاران عقلایی نیست، موجب گردیده که جامعه دانشگاهی نگاهی دوباره به تحلیل تکنیکی داشته باشند.

۲- مبانی نظری و مروری بر پیشینه پژوهش

با پیشرفت توانایی محاسبات رایانه‌ای در اواخر دهه ۹۰، روش‌های پیچیده ریاضیاتی در مورد قواعد معاملاتی به‌کار گرفته شد. به عنوان مثال الگوریتم نزدیکترین همسایه^{۱۰} در استراتژی‌های معاملاتی توسط رودریگز^{۱۱} و همکاران (۲۰۰۴) اشاره کرد. این الگوریتم، یک الگوریتم ناپارامتریک برای مدل‌سازی سری‌های زمانی^{۱۲} بر پایه نظریه آشوب^{۱۳} است. برای مدل‌های پارامتریک نیز می‌توان به کارهای افتخاری^{۱۴} (۱۹۹۷) در بازار سرمایه و دوکر^{۱۵} و نیلی^{۱۶} (۲۰۰۷) بر روی نرخ ارز اشاره کرد. هر دوی این مقالات بر اساس مدل سویچینگ مارکف^{۱۷} مدل‌سازی شده‌اند. از دیگر انواع استراتژی‌های مدل‌سازی کمی می‌توان به استراتژی زمان‌گیری بازار^{۱۸} به وسیله مدل‌های بنیادین یا آماری توسط بروکس^{۱۹} و همکاران (۲۰۰۵) و اندرسون^{۲۰} و بروکس (۲۰۰۶)، استراتژی‌های حرکتی^{۲۱} توسط سیگانوس^{۲۲} و چلی-استیلی^{۲۳} (۲۰۰۶) و نیز بالسارا^{۲۴} و ژنگ^{۲۵} (۲۰۰۶) اشاره کرد.

استراتژی معروفی که شهرتش در اوایل دهه ۸۰ میلادی پدیدار گشت، استراتژی معاملات زوجی است. این استراتژی معاملاتی به وسیله گروهی از دانشمندان حوزه‌های مختلف علم از جمله ریاضیات، علوم کامپیوتر، فیزیک و سایر علوم که توسط تحلیلگر کمی^{۲۶} به نام نونزیو تارتاگلیا^{۲۷} دور هم گرد آورده شده بودند، ایجاد گردید. هدف اصلی این گروه به‌کارگیری روش‌های آماری به منظور توسعه بسترهای معاملاتی مبتنی بر کامپیوتر بود؛ به طوریکه عاملیت انسان به عنوان تصمیم‌گیرنده در خرید یا فروش یک سهم خاص بی‌تأثیر باشد. این سیستم‌ها در بازه‌ای از زمان موفق عمل کرد اما بعد از مدت زمانی که عملکرد استراتژی رو به ضعف نهاد گروه مذکور بعد از دو دهه منحل شد. برای کسب جزئیات بیشتر در مورد تاریخچه پیدایش معاملات زوجی می‌توان به ویدیامورتی^{۲۸} (۲۰۰۴) و گاتف^{۲۹} و همکاران (۲۰۰۶) مراجعه کرد.

اساساً ایده اولیه معاملات زوجی کسب سود از بازار ناکارا^{۳۰} است. قدم اول تعریف دو سهمی است که حرکت مشابهی را با هم طی کنند و بتوان در هر زمانی که قدر مطلق اختلاف قیمت آن دو سهم از آستانه‌ای فراتر رفت معامله را انجام داد. اگر سهم‌ها بعد از این واگرایی^{۳۱} رخ داده به رفتار تاریخی مشابه هم بازگردند، می‌توان انتظار داشت سهم بیش ارزش‌گذاری شده به سمت کاهش قیمت و سهم کم ارزش‌گذاری شده به سمت افزایش قیمت حرکت کنند. تمامی موقعیت‌های خرید و فروش متکی به این منطق هستند. جزئیات انتخاب جفت سهم‌ها و تعریف مقدار آستانه در ادامه مقاله شرح داده شده است.

برای پیاده‌سازی استراتژی معاملات زوجی می‌توان از ۴ رویکرد مختلف و یا ترکیبی از این رویکردها بهره برد. این رویکردها عبارتند از رویکرد فاصله‌ای، رویکرد پیش‌بینی‌های ترکیبی^{۳۲}، رویکرد تصادفی^{۳۳} و رویکرد هم‌انباشتگی^{۳۴}. در رویکرد فاصله‌ای نوسانات قیمتی دو سهم به صورت فاصله قیمتی و یا مجموع مربعات فواصل بین دو سری قیمت نرمال شده محاسبه می‌شود. به طور کلی این رویکرد از وجود یک رابطه آماری بین دو دارایی استفاده می‌کند. در مقاله دو^{۳۵} و فاف^{۳۶} (۲۰۰۸) اشاره شده است که این مدل دارای مزیت عدم تأثیرپذیری از اشتباه در تبیین مدل و یا برآورد اشتباه است اما این رویکرد ناپارامتریک در خصوص توانایی پیش‌بینی زمان همگرایی یا دوره نگهداری مورد انتظار، معایبی دارد. یکی از موضوعات بنیادی نهفته در مفروضات این رویکرد این است که سطوح فاصله قیمتی و یا بازده‌های دو سهم در طول زمان ایستا است که این چنین مفروضاتی در دوره‌های زمانی کوتاه‌مدت و یا تنها در بین یک گروه از سهام بورسی که مشخصات ریسک و بازده نزدیکی دارند، معتبر است. از جمله مقاله‌های اصلی که در خصوص این رویکرد وجود دارد می‌توان به گاتف و همکاران (۲۰۰۶)، نات^{۳۷} (۲۰۰۶)، آندرید^{۳۸} و همکاران (۲۰۰۵)، انگلبرگ^{۳۹} و همکاران (۲۰۰۹)، پاپاداکیس^{۴۰} و ویسوکو^{۴۱} (۲۰۰۸) و دو^{۴۲} و فاف^{۴۳} (۲۰۰۸) اشاره نمود. در این مقاله از رویکرد فاصله‌ای استفاده شده است.

سایر رویکردها نیز هر یک از منظری خاص خود، استراتژی معاملات زوجی را بسط داده‌اند. در رویکرد پیش‌بینی‌های ترکیبی که توسط هاک^{۴۴} (۲۰۰۹ و ۲۰۱۰) ارائه شده است از روش‌های پیش‌بینی استفاده می‌شود. به طور خلاصه این روش متشکل از سه مرحله پیش‌بینی، رتبه‌بندی و معامله است. این روش از جنبه بنیادی با سایر روش‌ها متفاوت بوده و بدون هیچ توجه و بازگشتی به مدل تعادلی ابتدایی توسعه یافته است. این روش قابلیت‌های معاملاتی بیشتری را فراهم کرده و امکان تشخیص لحظه پیدایش واگرایی را که دیگر رویکردها قادر به تعیین آن نیستند، دارد. هر چند هنوز پژوهش دیگری در خصوص این رویکرد انجام نشده است که دلیل آن را می‌توان در پیچیدگی محاسبه ماتریس $n \times n$ که n تعداد سهم‌ها در بازار است، جستجو نمود. رویکرد دیگر، رویکرد تصادفی است که صریحاً رفتار بازگشت به میانگین اسپرد^{۴۵} را در یک بستر زمانی پیوسته مدل می‌نماید. انجام معاملات زوجی با رویکردهای تصادفی بر مبنای این فرض واقع شده است که اسپرد از یک فرایند اورنشتاین اولنیک^{۴۶} که نوعی فرایند خودبازگشت^{۴۷} مرتبه اول در حالت پیوسته است، پیروی می‌کند. هرچند در این رویکرد اشاره‌ای به نحوه انتخاب زوج سهام برای پیروی اسپرد آن‌ها از این فرایند نمی‌شود. علاوه بر این خواص بازگشت به میانگین^{۴۸} اسپردها نیز قابل تعدیل نیستند. به طور کلی میانگین بلندمدت اسپرد نیابستی

ثابت در نظر گرفته شود مگر این‌که دو سهم، نقاط قیمتی مشابه و یا ضریب هم‌انباشتگی مشابهی داشته باشند. اما رویکرد هم‌انباشتگی در مورد استراتژی سرمایه‌گذاری خرید و فروش بیش از دو سهم توسط الکساندر^{۴۹} و دیمیتریو^{۵۰} (۲۰۰۲) و نیز توسط گالنگو^{۵۱} و همکاران (۲۰۰۷) استفاده شده است. روش هم‌انباشتگی مفهوم بازگشت به میانگین را با چارچوب معاملات زوجی ترکیب نموده است، به این‌صورت که اگر ارزش پرتفوی حول ارزش تعادلی نوسان کند، هرگونه انحرافی از این ارزش را می‌توان فرصتی برای معامله دانست. رضانی‌فر، محمدی، راد و بیٹی (۲۰۱۵) در پژوهش خود به بررسی رویکرد هم‌انباشتگی کسری^{۵۲} در استراتژی معاملات زوجی پرداخته و عملکرد آن را در قیاس با رویکرد هم‌انباشتگی مورد بررسی قرار دادند.

اخذ موقعیت خرید و فروش در بازار سهام در جهت به کارگیری استراتژی معاملات زوجی نیازمند استقرار سیستم فروش استقرایی در آن بازار است. هرچند تا به امروز سیستم فروش استقرایی در کشور ما پیاده‌سازی نشده اما توسعه بازار سرمایه نیازمند توسعه ابزارهای جدید است. همانگونه که در سال ۱۳۹۵ از ابزار "اختیار معامله" بهره‌برداری شد، انتظار می‌رود با صدور مجوز فروش استقرایی در سال ۱۳۹۵ از سوی کمیته فقهی سازمان بورس و اوراق بهادار، استفاده از این ابزار در بازار سرمایه کشور متداول گردد. لذا اغلب مطالعات در مورد کاربرد این استراتژی در ایران با فرض فروش استقرایی و یا بر روی بازار آتی سکه انجام شده است. فلاحپور و رحیمیان (۱۳۹۶) در مقاله‌ای با محاسبه و بررسی بازده و نسبت سورتینو، عملکرد سیستم معاملات زوجی با استفاده از رویکرد هم‌انباشتگی در بورس اوراق بهادار تهران را مورد بررسی قرار داده‌اند. نتایج آزمایشی بر روی زوج سهام‌های منتخب در بورس اوراق بهادار تهران نشان می‌دهد که استفاده از سیستم معاملات زوجی به عنوان یک سیستم معاملاتی بازدهی چشمگیری نسبت به بازدهی معمولی سهام داشته است.

عسکری و ابو (۱۳۹۱) در مطالعه‌ای با عنوان بررسی اثربخشی استراتژی معاملات زوجی بر روی قراردادهای آتی سکه با ترکیب رویکردهای تصادفی و هم‌انباشتگی پرداختند. در این مقاله از قیمت تسویه روزانه قرارداد آتی از آغاز سال ۱۳۹۱ تا آذر ۱۳۹۱ برای بررسی اثربخشی و قابلیت استفاده از این استراتژی در معاملات آتی سکه طلا استفاده شده است. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که سری اسپرد قیمتی آتی سکه دارای خاصیت بازگشت به میانگین قوی بوده و تلاطم به نسبت بالایی را نشان می‌دهد. همچنین نتایج حاصل از روش هم‌انباشتگی حاکی از مناسب بودن این استراتژی است.

پاکیزه و همکارانش (۱۳۹۱) در پژوهشی به بررسی کاربرد استراتژی معاملات زوجی در بازار قراردادهای آتی سکه طلای بهای آزادی پرداختند. نتیجه به دست آمده کاربرد این استراتژی‌ها را در این بازار تأیید نمود.

۳- روش‌شناسی پژوهش

در مرحله تشکیل زوج سهام‌ها، ایده‌ی اصلی تبدیل کردن تمامی سهام‌ها به یک واحد مشخص و بعد از آن جستجوی دو سهمی است که با هم حرکت می‌کنند. بیان کمی این مطلب از طرق مختلف امکان‌پذیر است. رویکرد این مقاله قاعده حداقل مجذور فاصله است بدین معنا که برای هر سهمی، زوج مرتبط با آن از نظر کمترین مجذور فاصله بین قیمت‌های نرمال شده جستجو می‌شود.

علت تبدیل به واحد کردن آسان است. به کارگیری قیمت‌های اصلی (بدون نرمال سازی) قاعده حداقل مجذور فاصله را با اشکال مواجه می‌کند چرا که دو سهم می‌توانند با هم حرکت کنند اما مجذور فاصله آن‌ها زیاد باشد. بعد از نرمال‌سازی، تمامی سهم‌ها دارای یک مقیاس استاندارد هستند و این مسئله ایجاد زوج سهم‌های مطلوب را میسر می‌سازد.

تبدیل ایجاد شده در این‌جا، همان نرمال‌سازی قیمت سهم‌ها بر اساس میانگین و انحراف از معیار تاریخی آن‌ها به صورت زیر است:

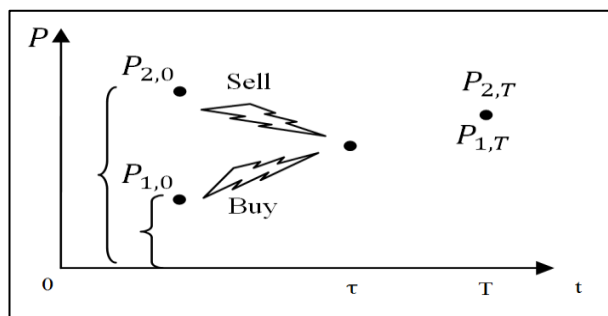
رابطه (۱)

$$P_{it}^* = \frac{P_{it} - E(P_{it})}{\sigma_i}$$

P_{it}^* قیمت نرمال شده سهم i در زمان t است. $E(P_{it})$ قیمت انتظاری P_{it} است که در این‌جا همان میانگین قیمت تاریخی سهم است. σ_i انحراف معیار تاریخی قیمت سهم مورد نظر است. هر دو شاخص مذکور از طریق یک بازه زمانی متحرک محاسبه می‌شوند. لازم به ذکر است قبل از استفاده از زوج سهم‌ها، قابلیت جفت شدن آن‌ها با استفاده از آزمون‌های همبستگی و پایایی بررسی شد تا اطمینان حاصل شود که آن‌ها قابلیت جفت شدن را دارند.

گام بعدی انتخاب سهمی است که کمترین مجذور فاصله بین قیمت‌های نرمال شده را دارا باشد. این کار یک جستجوی ساده در پایگاه داده قیمت‌های تاریخی سهم‌ها در دوره‌های قبلی است. قیمت نرمال شده سهم i (P_{it}^*) را با P_{it}^* نشان می‌دهیم. بعد از این که جفت هر سهم مشخص شد، قاعده معاملاتی هر زمانی که اختلاف بین P_{it}^* و P_{it}^* بیشتر از میزان آستانه (d) شد سیگنال معامله را صادر می‌کند. اگر میزان آستانه خیلی بزرگ فرض شود تعداد محدودی سیگنال معامله صادر می‌شود و به تبع آن تعداد محدودی معامله صورت می‌گیرد که منفعت زیادی را حاصل نمی‌کند. اگر میزان آستانه خیلی کوچک در نظر گرفته شود، تعداد معاملات رخ داده بسیار زیاد می‌شود و به تبع آن هزینه‌های معاملاتی افزایش چشمگیری می‌یابد. بنابراین باید میزان آستانه را به گونه‌ای انتخاب کرد که حداکثر سود ایجاد شود.

منطق اصلی پشت سر سود مورد انتظار از استراتژی معاملات زوجی این است: اگر حرکت همبسته بین سهم‌ها در آینده زمانی که اختلاف قیمتی نرمال شده زوج سهم از میزان آستانه فراتر رود، ادامه یابد این امکان وجود دارد که چنین قیمت‌هایی در آینده همگرا شود و این مسئله می‌تواند ما را در کسب سود رهنمون سازد. اگر این اختلاف مثبت است آن‌گاه P_{it}^* ممکن است در آینده کاهش یابد و P_{it}^* ممکن است شاهد افزایش قیمت باشد. این حالت برای عکس آن نیز متصور است.



نمودار ۱- نمودار تصویری موقعیت معامله زوجی

۴- پرسش‌های پژوهش

در این قسمت در پی آنیم که به دو پرسش اساسی در رابطه با نحوه پیاده‌سازی استراتژی معاملات زوجی پاسخ دهیم. پرسش اول این است که چگونه در هر دارایی موقعیت‌های خرید و فروش را اعلام کنیم و پرسش دوم به چگونگی ارزیابی عملکرد سیگنال‌های معاملاتی می‌پردازد.

۵- یافته‌های پژوهش

در این پژوهش جهت پیاده‌سازی استراتژی، صنعت استخراج کانه‌های فلزی از میان صنایع بورسی به تصادف انتخاب شده و قیمت سهام شرکت‌های معادن بافق با نماد معاملاتی «کبافق»، توسعه معادن روی ایران با نماد معاملاتی «کروی»، معدنی و صنعتی گل‌گهر با نماد معاملاتی «کگل»، باما با نماد معاملاتی «کاما» و معدنی و صنعتی چادرمو «کچاد» از این صنعت در سال ۱۳۹۵ استخراج گردیده است. سهم‌های منتخب نقدشونده‌ترین سهام موجود در صنعت بوده است. محاسبات مربوط به این مقاله به وسیله کدنویسی در نرم‌افزار متلب صورت گرفته است. این قیمت‌ها در تواتر ۱۵ دقیقه استخراج شده است و مبنای آن قیمت پایانی سهم می‌باشد. همچنین مفروضات پژوهش به قرار زیر است:

- قیمت‌های تاریخی معادل است با قیمت‌های پایانی هر سهم به ازای هر ۱۵ دقیقه؛
- اولین پرپود معامله پرپود ۱۵ام است. ۵۰ پرپود اول (هر پرپود معادل ۱۵ دقیقه است) برای مرحله تخمین پارمترها استفاده می‌شود؛
- اندازه‌ی بازه‌ی متحرک برای تعریف زوج سهم‌ها ۵۰ پرپود است؛
- میزان ضریب آستانه برای تعریف رفتار غیر نرمال سهم‌ها به ازای مقادیر ۰,۰۱، ۰,۱، ۰,۲، ... و ۱,۵ محاسبه می‌گردد؛
- بازه زمانی‌ای که اطلاعات تاریخی سهم‌ها به روز می‌شود هر ۵ پرپود یکبار است؛
- هزینه معاملاتی خرید یک سهم ۰,۴۹٪ ارزش معامله و هزینه معاملاتی فروش ۰,۳٪ ارزش معاملات در نظر گرفته می‌شود؛

- ماکزیمم پربودی که می‌توان در یک موقعیت قرار گرفت ۱۲ پربود است؛
 - داده‌های تاریخی از بازه یک ساله ۱۳۹۵ انتخاب شده است؛
- به منظور اجرای معاملات زوجی ۵ سهم فوق، لازم است شرایط آن‌ها از منظر همبستگی و پایایی بررسی شود. همبستگی میان ۵ سهم از طریق آزمون همبستگی پیرسون و با استفاده از نرم افزار SPSS سنجیده شده است. خروجی ضریب همبستگی پیرسون در جدول (۱) نمایش داده شده است. از آنجایی که مقدار معیار تصمیم برای هر جفت سهم ۰,۰۰۰ به دست آمده است و کوچکتر از ۰,۰۱ می باشد لذا ضرایب همبستگی به دست آمده برای هر جفت سهم از پنج سهم ذیل معنادار است.

جدول ۱- مقادیر ضریب همبستگی جفت سهم‌ها با استفاده از آزمون پیرسون

سهم	کروی	کاما	کیافق	کگل	کچاد
کروی	۱	۰,۸۹۸	۰,۸۷۵	۰,۷۶۳	۰,۹۴۳
کاما	۰,۸۹۸	۱	۰,۸۶۸	۰,۷۶۷	۰,۹۱۹
کیافق	۰,۸۷۵	۰,۸۶۸	۱	۰,۶۷۰	۰,۸۵۹
کگل	۰,۷۶۳	۰,۷۶۷	۰,۶۷۰	۱	۰,۸۴۱
کچاد	۰,۹۴۳	۰,۹۱۹	۰,۸۵۹	۰,۸۴۱	۱

همچنین برای آزمون پایایی از نرم افزار Eviews استفاده شده است که در جدول (۲) نتایج آزمون پایایی دیکی فولر نشان داده شده است. بر این اساس، در صورتی که سطح معناداری کوچکتر از ۰,۰۵ باشد، فرض پایا بودن متغیر پذیرفته می‌شود. با توجه به نتایج هر سهم بعد از یکبار تفاضل‌گیری مانا شدند.

جدول ۲- نتایج آزمون پایایی سهام مورد بررسی

سهم	سطح آزمون	آماره	سطح معناداری
کروی	سطح	-۰,۹۳۱	۰,۸۰۴
	تفاضل مرتبه نخست	-۳۸,۵۶۲	۰,۰۰۰
کاما	سطح	-۰,۸۹۴	۰,۷۵۳
	تفاضل مرتبه نخست	-۴۲,۳۹۸	۰,۰۰۰
کیافق	سطح	-۱,۰۶۳	۰,۷۴۶
	تفاضل مرتبه نخست	-۴۰,۷۵۲	۰,۰۰۰
کگل	سطح	-۰,۹۷۱	۰,۸۵۷
	تفاضل مرتبه نخست	-۳۵,۸۶۴	۰,۰۰۰
کچاد	سطح	-۱,۶۷۰	۰,۹۲۶
	تفاضل مرتبه نخست	-۴۰,۴۹۳	۰,۰۰۰

۵-۱- محاسبه بازده استراتژی معاملات زوجی

محاسبه مجموع بازده استراتژی از معادله زیر حاصل می‌گردد:

$$R_E = \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^n R_{it} I_{it}^{L\&S} - \left(\sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^n T_{cit} \cdot C \right) \quad \text{رابطه (۲)}$$

که R_{it} بازده واقعی سهم i در زمان t است. که به صورت $R_{it} = \frac{P_{it} - P_{i,t-1}}{P_{i,t-1}}$ محاسبه می‌شود. $I_{it}^{L\&S}$ یک متغیر مصنوعی است. هنگامی که سهم i در موقعیت خرید قرار دارد برابر «۱» و هنگامی که سهم i در موقعیت فروش قرار داشته باشد برابر با «-1» می‌شود در غیر این دو حالت مقدار صفر به خود می‌گیرد.

$$I_{it}^{L\&S} = \begin{cases} +1 & \text{if Long Position} \\ -1 & \text{if Short Position} \\ 0 & \text{Otherwise} \end{cases} \quad \text{رابطه (۳)}$$

T_{cit} نیز یک متغیر مصنوعی است که اگر مبادله سهم i انجام شود برابر «۱» و در غیر این صورت مقدارش «صفر» است.

$$T_{cit} = \begin{cases} 1 & \text{if } I_{it}^{L\&S} \neq 0 \\ 0 & \text{if } I_{it}^{L\&S} = 0 \end{cases} \quad \text{رابطه (۴)}$$

C هزینه مبادله سهام در هر عملیات است. T تعداد مشاهدات تمامی پیروید معامله است.

Field	Value	Min	Max
assetsNumber	[4,1]	1	4
obsNumber	1399	1399	1399
directionTrade	[1,-1]	-1	1
posHold	8	8	8
buyPrices	[2225,2315]	2225	2315
sellPrice	[5455,5351]	5455	5351

تصویر ۱- بخشی از فرایند سیگنال دهی به وسیله نرم‌افزار متلب

در تصویر (۱) قسمتی از فرایند سیگنال دهی به وسیله نرم‌افزار متلب به تصویر کشیده شده است. همانطور که در شکل پیداست که در ۱۳۹۹ امین پیروید، سهم چهارم و سهم اول به عنوان جفت سهم مناسب انتخاب شده‌اند که سهم چهارم در موقعیت خرید و سهم دوم در موقعیت فروش قرار دارد. البته این سیگنال ۳۶۱ امین سیگنال ارسال شده است. همچنین مدت زمان حفظ موقعیت معاملاتی ۸ پیروید است. قیمت خرید سهم چهارم

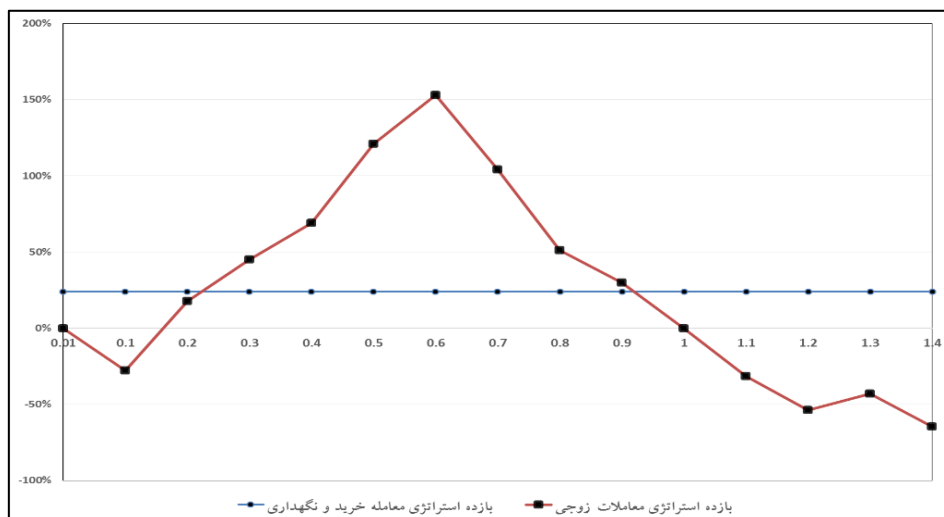
در زمان باز کردن معامله ۲۲۲۵ ریال و قیمت فروش سهم دوم در زمان باز کردن معامله ۵۴۵۵ ریال می‌باشد. هنگام بستن معامله زوجی، سهم خریداری شده را به مبلغ ۲۳۱۵ ریال می‌فروشیم و سهم فروخته شده را به مبلغ ۵۳۵۱ ریال می‌خریم.

۵-۲- ارزیابی عملکرد استراتژی معاملات زوجی

مهمترین بخش این پژوهش، ارزیابی عملکرد استراتژی معاملات زوجی با یک استراتژی ساده است. برای این منظور استراتژی خرید و نگهداری را به عنوان استراتژی مبنا در نظر گرفته و استراتژی خود را با آن مقایسه می‌کنیم. در جدول (۲) بازده کسب شده از روش استراتژی معامله زوجی با استراتژی پایه خرید و نگهداری مقایسه شده است. لازم به ذکر است که استراتژی خرید و نگهداری به معنای خرید هر ۵ سهم در ابتدای دوره و فروش آن در انتهای دوره است. بعد از محاسبه بازده هر ۵ سهم، میانگین بازده کسب‌شده را به عنوان بازده استراتژی خرید و نگهداری در نظر می‌گیریم. همانطور که در نمودار مشخص شده است به ازای مقادیر آستانه از ۰,۳ تا ۰,۹ استراتژی معاملات زوجی استراتژی پربازده‌تری نسبت به استراتژی ساده می‌باشد.

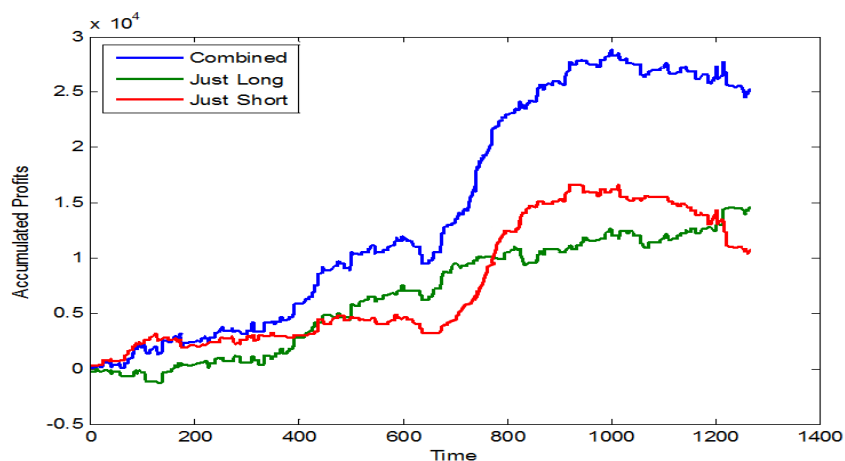
جدول ۲- مقایسه بازده استراتژی معامله زوجی و استراتژی خرید و نگهداری

مقدار آستانه	بازده استراتژی معامله خرید و نگهداری	بازده استراتژی معاملات زوجی
۰,۰۱	٪۲۴	-٪۰,۲
۰,۱	٪۲۴	-٪۲۸,۰
۰,۲	٪۲۴	٪۱۷,۶
۰,۳	٪۲۴	٪۴۵,۰
۰,۴	٪۲۴	٪۶۹,۰
۰,۵	٪۲۴	٪۱۲۱,۰
۰,۶	٪۲۴	٪۱۵۳,۰
۰,۷	٪۲۴	٪۱۰۴,۰
۰,۸	٪۲۴	٪۵۱,۰
۰,۹	٪۲۴	٪۲۹,۹
۱	٪۲۴	-٪۰,۳
۱,۱	٪۲۴	-٪۳۱,۶
۱,۲	٪۲۴	-٪۵۳,۹
۱,۳	٪۲۴	-٪۴۳,۱
۱,۴	٪۳۴	-٪۶۴,۸



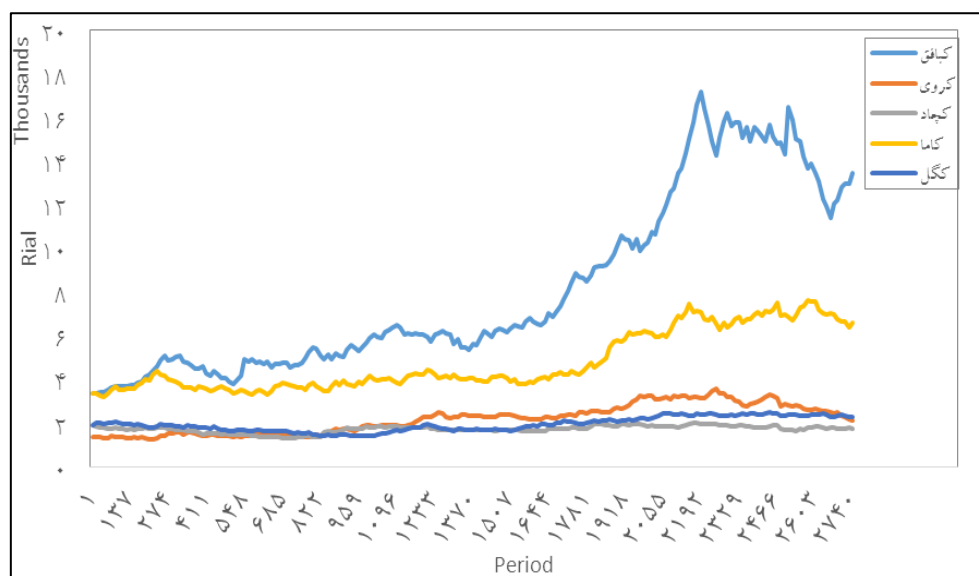
نمودار ۲- بازده استراتژی معاملات زوجی به ازای مقادیر مختلف آستانه

در نمودار (۲) میزان آستانه بهینه مشخص شده است. این مقدار بهینه برابر با ۰٫۶ است. در نمودار (۳) با فرض در نظر گرفتن آستانه بهینه میزان سود خالص حاصل از موقعیت‌های معاملاتی خرید و فروش و نیز کل سود خالص حاصله نشان داده شده است.



نمودار ۳- سود خالص کسب‌شده به تفکیک موقعیت خرید، فروش و مجموع خرید و فروش

در نمودار (۴) قیمت تاریخی ۵ سهم کبافق، کروی، کچاد، کاما و کگل در پریودهای ۱۵ دقیقه‌ای در سال ۱۳۹۵ به تصویر کشیده شده است.



نمودار ۴- قیمت تاریخی ۵ سهم کبافق، کروی، کچاد، کاما و کگل در پریودهای ۱۵ دقیقه‌ای در سال ۱۳۹۵

۶- نتیجه‌گیری و بحث

فعالیت در بازار سرمایه همواره با ریسک‌های زیادی همراه است؛ لذا معامله‌گران و سرمایه‌گذاران به روش‌ها و استراتژی‌هایی نیاز دارند که بتوانند با پذیرش ریسک کمتر، بازده بیشتری به دست آورند. روش‌ها و استراتژی‌های متعددی جهت کاهش ریسک و عدم اطمینان ارائه شده است که هر یک دارای مزایا و معایبی است. در این میان استراتژی معاملات زوجی باعث جلب توجه بسیاری از سرمایه‌گذاران و فعالان بازار سرمایه شده است و سودآوری این استراتژی توسط مطالعات زیادی در کشورهای مختلف مورد بررسی قرار گرفته است که شواهد حاکی از سودآور بودن این استراتژی در شرایط مختلف است. هدف اصلی این پژوهش بررسی عملکرد استراتژی معاملات زوجی با رویکرد فاصله‌ای در بورس اوراق بهادار تهران است. همچنین تعیین میزان آستانه بهینه نیز یکی دیگر از اهداف این پژوهش بوده است. برای بررسی قابلیت اجرای این استراتژی در بازار سرمایه ایران، قیمت‌های سهام شرکت‌های معادن بافق با نماد معاملاتی «کبافق»، توسعه معادن روی ایران با نماد معاملاتی «کروی» و معدنی و صنعتی گل‌گهر با نماد معاملاتی «کگل» و باما با نماد معاملاتی «کاما» که همگی از گروه استخراج کانه‌های فلزی و دارای همبستگی بالا و رابطه بلندمدت باهم هستند، انتخاب شدند. نتایج حاصله نشان داد پیاده‌سازی این استراتژی در سطوح خاصی از میزان آستانه (۰,۳ تا ۰,۹) رویکرد مد نظر پژوهش از

کارایی لازم برخوردار است. نتیجه این پژوهش با نتیجه پژوهش فلاچپور و حکیمیان (۱۳۹۶) و در مورد مطالعات خارجی با مطالعات گاتف و همکاران (۲۰۰۶)، پاپاداکیس و ویسوکی (۲۰۰۸) و دو و فاف (۲۰۰۸) منطبق است. بنابراین می‌توان با در نظر گرفتن مفروضات این پژوهش انتظار داشت که در بورس تهران با انتخاب سطح آستانه مناسب، سودآوری مناسبی را با اتخاذ استراتژی معاملات زوجی کسب نمود.

پیشنهادات آتی به شرح ذیل ارائه می‌گردد:

با توجه به آنکه اساساً ایده اولیه معاملات زوجی کسب سود از بازار ناکارا است و در واقع آربیتراژ اساس استراتژی معاملات زوجی را تشکیل می‌دهد، پیشنهاد می‌گردد استفاده‌کنندگان از استراتژی معاملاتی زوجی سهامی را در نظر بگیرند که با توجه به تحلیل‌های بنیادی و تکنیکال قیمت آنها پایین‌تر از قیمت واقعی، تعیین شده‌اند. همچنین برای پژوهش‌های آتی پیشنهاد می‌گردد این استراتژی را در صنایع مختلف بررسی به کار گرفته و نتایج حاصل در چرخه‌های مختلف صنعت (رونق، رکود) مقایسه شود.

فهرست منابع

- * پاکیزه کامران؛ اخوان چایجان، کوثر و صالحی، پیام (۱۳۹۱) کاربرد استراتژی معاملات جفتی در بازار قراردادهای آتی سکه طلای بهار آزادی، نهمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
- * رحمانی علی، سرهنگی حجت، (۱۳۹۰)، تحلیل عوامل مؤثر بر استراتژی‌های معاملاتی مبتنی بر بازده سهام، مجله مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار، شماره نهم.
- * عسگری محسن، ابو زهرا، (۱۳۹۱)، بررسی اثربخشی استراتژی معاملات جفتی بر روی قراردادهای آتی سکه با ترکیب رویکردهای تصادفی و هم‌انباشتگی، سومین کنفرانس ریاضیات مالی و کاربردها، دانشگاه سمنان.
- * فلاچپور سعید، حکیمیان حسن، (۱۳۹۶)، بررسی عملکرد سیستم معاملات زوجی در بورس اوراق بهادار تهران: رویکرد هم‌انباشتگی و بررسی نسبت سورتینو، مجله مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار، شماره سی‌ام.

- * Alexander, C., & Dimitriu, A. (2002). The cointegration alpha: Enhanced index tracking and long-short equity market neutral strategies. ISMA Discussion papers in Finance, 8.
- * Anderson, K., & Brooks, C. (2006). Decomposing the price-earnings ratio. Journal of Asset Management, 6(6), 456-469.
- * Andrade, S., Di Pietro, V., & Seasholes, M. (2005). Understanding the profitability of pairs trading. Unpublished working paper, UC Berkeley, Northwestern University.
- * Balsara, N., & Zheng, L. (2006). Profiting from past winners and losers. Journal of Asset Management, 6(5), 329-344.
- * Bowen, David A., and Mark C. Hutchinson. "Pairs Trading in the UK Equity Market Risk and Return." Available at SSRN 2350113 (2013).
- * Brooks, C., Katsaris, A., & Persaud, G. (2005). Timing is everything: A comparison and evaluation of market timing strategies. Available at SSRN 834485.
- * Do, B., & Faff, R. (2008). Does naïve pairs trading still work. Working Paper.

- * Dueker, M., & Neely, C. J. (2007). Can Markov switching models predict excess foreign exchange returns?. *Journal of Banking & Finance*, 31(2), 279-296.
- * Eftekhari, B. (1997). Markov Regime Switching Model as a Trading Tool (No. 97-af34). Faculty of Economics, University of Cambridge.
- * Engelberg, J., Gao, P., & Jagannathan, R. (2009, November). An anatomy of pairs trading: the role of idiosyncratic news, common information and liquidity. In Third Singapore International Conference on Finance.
- * Fernández-Rodríguez, F., Sosvilla-Rivero, S., & Andrada-Félix, J. (2004). Nearest-neighbour predictions in foreign exchange markets (pp. 297-325). Springer Berlin Heidelberg.
- * Galenko, A., Popova, E., & Popova, I. (2007). Trading in the Presence of Cointegration. Available at SSRN 1023791.
- * Gatev, E., Goetzmann, W. N., & Rouwenhorst, K. G. (2006). Pairs trading: Performance of a relative-value arbitrage rule. *Review of Financial Studies*, 19(3), 797-827.
- * Huck, N. (2009). Pairs selection and outranking: An application to the S&P 100 index. *European Journal of Operational Research*, 196(2), 819-825.
- * Huck, N. (2010). Pairs trading and outranking: The multi-step-ahead forecasting case. *European Journal of Operational Research*, 207(3), 1702-1716.
- * Nath, P. (2003). High frequency pairs trading with us treasury securities: Risks and rewards for hedge funds. Available at SSRN 565441.
- * Papadakis, G., & Wysocki, P. (2007). Pairs trading and accounting information. Boston University and MIT Working Paper.
- * Park, Cheol-Ho and Irwin, Scott H., The Profitability of Technical Analysis: A Review (October 2004). AgMAS Project Research Report No. 2004-04.
- * Perlin, Marcelo Scherer. "Evaluation of pairs-trading strategy at the Brazilian financial market." *Journal of Derivatives & Hedge Funds* 15.2 (2009): 122-136.
- * Ramezanifar, E., Mohammadi, S., Rad, H., & Beyty, S. (2015). Pairs Trading Using Fractional Cointegration Approach and Its Comparison with Cointegration Approach. Available at SSRN 2614240
- * Schmidt, Arlen David. Pairs trading: a cointegration approach. Diss. University of Sydney, 2008.
- * Siganos, A., & Chelley-Steeley, P. (2006). Momentum profits following bull and bear markets. *Journal of Asset Management*, 6(5), 381-388.
- * Vidyamurthy, G. (2004). Pairs Trading: quantitative methods and analysis (Vol. 217). John Wiley & Sons

یادداشت‌ها

¹ Technical Analysis

² Quantitative Indices

³ Visual Patterns

⁴ Park

⁵ Irwin

⁶ Data Mining

⁷ Transaction Costs

⁸ Liquidity

⁹ Behavioral Finance

¹⁰ Nearest Neighbor Algorithm

- ¹¹ Rodrigues
- ¹² Time Series Modeling
- ¹³ Chaos Theory
- ¹⁴ Eftekhari
- ¹⁵ Dueker
- ¹⁶ Neely
- ¹⁷ Markov Switching Models
- ¹⁸ Market Timing Strategies
- ¹⁹ Brooks
- ²⁰ Anderson
- ²¹ Momentum Strategies
- ²² Siganos
- ²³ Chelley-Steeley
- ²⁴ Balsara
- ²⁵ Zheng
- ²⁶ Quant
- ²⁷ Nunzio Tartaglia
- ²⁸ Vidyamurthy
- ²⁹ Gatev
- ³⁰ Inefficient Market
- ³¹ Divergence
- ³² Combinatorial Predictions Approach
- ³³ Stochastic Approach
- ³⁴ Co-integration Approach
- ³⁵ Do
- ³⁶ Faff
- ³⁷ Nath
- ³⁸ Andrade
- ³⁹ Engelberg
- ⁴⁰ Papadakis
- ⁴¹ Wisocky
- ⁴² Do
- ⁴³ Faf
- ⁴⁴ Huck
- ⁴⁵ Spread
- ⁴⁶ Ornstein-Uhlenbeck Process
- ⁴⁷ Autoregressive Process
- ⁴⁸ Mean Reversion
- ⁴⁹ Alexander
- ⁵⁰ Dimitriu
- ⁵¹ Galenko
- ⁵² Fractional Cointegration Vector Autoregressive (FCVAR)