مجله مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار
شماره سی‌ام / بهار ۱۳۹۶

بررسی عملکرد سیستم معاملات زوجی در بورس اوراق بهادار تهران: رویکرد هم انباشتگی و بررسی نسبت سورتینو

سعید فلاح‌پور[۱]
حسن حکیمیان[۲]

تاریخ دریافت: ۹۴/۱۲/۱۰ تاریخ پذیرش: ۹۵/۲/۲۰

چکیده

سیستم معاملات الگوریتمی، نوعی سیستم معاملاتی است که با بهره‌گیری از مدل‌های بسیار پیشرفته برای تصمیم‌گیری‌های معاملاتی در بازارهای مالی مورد استفاده قرار می‌گیرند. سیستم "معاملات زوجی" نیز نوعی از این سیستم‌ها می‌باشد. سیستم معاملات زوجی یکی از قدیمی‌ترین سیستم‌های معاملات الگوریتمی است که کارآیی و سودآوری آن در بسیاری از پژوهش‌هایی که تا کنون در بازارهای مالی مختلف صورت گرفته است، اثبات و نشان داده شده است. مهم‌ترین اصل در معاملات زوجی وجود روابط تعادلی بلندمدت یا همان خاصیت بازگشت به میانگین است. در این پژوهش با محاسبه و بررسی بازده و نسبت سورتینو، عملکرد سیستم معاملات زوجی با استفاده از رویکرد هم انباشتگی در بورس اوراق بهادار تهران مورد بررسی قرار گرفته است. 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 خنثی نسبت به تغییرات و روندهای بازار، بازدهی چشمگیری نسبت به بازدهی معمولی سهام در مدت مشابه دارد.

واژه‌های کلیدی: اسپرد، معاملات زوجی، هم انباشتگی، نسبت سورتینو، فرآیند بازگشت به میانگین.

۱- استادیار گروه مالی و بیمه، دانشکده مدیریت دانشگاه تهران، تهران، ایران falahpor@ut.ac.ir
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مالی، دانشکده مدیریت دانشگاه تهران، تهران، (نویسنده مسئول)
hasan.hakimian@ut.ac.ir

۱- مقدمه

به طور کلی سهام و اوراق بهادار همواره با عدم قطعیت و ریسک همراه هستند. با این حال، بسیاری از سرمایه‌گذاران پتانسیل ایجاد سود در بازار سهام را با استفاده از اطلاعات و به‌کارگیری استراتژی‌ها و سیستم‌های معاملاتی مختلف دنبال می‌کنند. در حالی که برخی از سرمایه‌گذاران اقدام به خرید سهام بر اساس اطلاعات شرکت‌های خاص می‌کنند، برخی دیگر با به کارگیری استراتژی‌ها و سیستم‌های معاملاتی مختلف سعی در ایجاد سود بر اساس درک درستی از بازار سهام و رفتار آن دارند. یکی از این استراتژی‌ها در معاملات سهام، استراتژی معاملات زوجی[۱] است. سیستم معاملات زوجی یکی از شناخته‌شده‌ترین سیستم-های معاملات الگوریتمی می‌باشد. استفاده از سیستم‌های معروف به معاملات الگوریتمی به اوایل دهه ۱۹۷۰ میلادی بازمی‌گردد، با این حال استفاده از این الگوریتم‌ها در انجام معاملات با شروع هزاره جدید و بهبود سامانه‌های نرم‌افزاری و سخت‌افزاری رونق بیشتری یافته است.

پیدایش معاملات زوجی عموماً به کار گروهی از دانشمندان علوم کامپیوتر، ریاضیات و فیزیک که در اوایل دهه ۱۹۸۰ میلادی در شرکت مورگان استنلی گرد هم آمده بودند، نسبت داده می‌شود. مطالعات و تلاش‌های تیمی متشکل از دانشمندان علوم کامپیوتر گری بامبرگر و داوید شاو و تحلیل‌گر کمی نانزیو تارتاگلیا بر روی استفاده از فرصت‌های آربیتراژی در بازارهای کارا، جهت مدل‌سازی و توسعه برنامه‌های معاملات الگوریتمی منجر به شکل‌گیری ایده معاملات زوجی گردید. اساس معاملات زوجی اتخاذ موقعیت‌های خرید و فروش بر روی یک زوج دارایی (سهام، کالا، اختیار معاملات یا پول) است که دارای روابط تعادلی بلندمدت[۲] با یکدیگر هستند.

معاملات زوجی یک استراتژی سرمایه‌گذاری خنثی نسبت به تغییرات و روندهای بازار[۳] است که معامله-گر را به کسب سود در هر شرایط از بازار مانند نزولی، صعودی و یا حرکت‌های مجانبی و یا حتی در دوره-هایی با نوسانات بالا یا پایین، قادر می‌سازد (ویدیامورتی، ۲۰۰۴). این استراتژی از آنجایی که به طور همزمان خرید و فروش را روی دارایی‌های معادل لحاظ می‌کند و از مزایای تفاوت قیمتی بین آن‌ها بهره گرفته و سود کسب می‌کند، در گروه استراتژی‌های آربیتراژ آماری قرار می‌گیرد.

یکی از مهم‌ترین مفاهیم در بحث معاملات زوجی مفهوم هم انباشتگی است. هم انباشتگی در واقع مفهومی عمومی از ارتباطی مانا بین متغیرهای ناماناست. در هم انباشتگی روابط اقتصادی بلندمدت بین دارایی‌ها برآورد و تحلیل می‌شود. برمبنای این خاصیت یکی از مهم‌ترین رویکردها در معاملات زوجی یعنی رویکرد هم انباشتگی بنا نهاده شده است. ما نیز در این پژوهش از رویکرد هم انباشتگی در معاملات زوجی استفاده کرده‌ایم.

به طور کلی نخستین گام در اجرای این استراتژی انتخاب یک زوج دارایی است که روابط آماری بلندمدتی دارند. در واقع شرط انجام معاملات برای یک زوج دارایی وجود همین روابط آماری در طی دوره معاملاتی است. پس از انتخاب زوج سهام از طریق بررسی وجود روابط مربوطه (روابط هم انباشتگی)، پارامترهای مدل تخمین زده می‌شود و نهایتاً در مرحله طراحی معاملات، مقدار استانداردشده اسپرد[۴] که

حاصل از مابه‌التفاوت بین قیمت‌های دو دارایی است جهت انجام معاملات و اتخاذ موقعیت‌های مناسب ترسیم می‌شود. با توجه به خاصیت بازگشت به میانگین و روابط تعادلی بلندمدت مقدار اسپرد در دو طرف مقدار میانگین تغییر خواهد کرد. حال اینکه در چه حدی از مقدار اسپرد باید موقعیت معاملاتی را باز کرد و یا اینکه چه حدی را باید به عنوان حد ضرر[۵] منظور کرد، به صورت دو نوع باند در دو طرف میانگین اسپرد مشخص می‌شود. فاصله باندها از میانگین اسپرد ، سود هر معامله و مدت زمان انجام هر معامله (باز کردن تا بستن موقعیت‌ها) را تعیین می‌کند. به طور کلی انتخاب پنجره‌های زمانی[۶] و باندهای[۷] مناسب نقش چشمگیری در میزان سودآوری این استراتژی دارد.

در این مطالعه پس از تشکیل پرتفویی از دو سهام کاندید، به منظور ارزیابی عملکرد سیستم معاملات زوجی با رویکرد هم انباشتگی در بورس اوراق بهادار تهران، از بازده و نسبت سورتینو به عنوان معیاری جهت ارزیابی عملکرد این سیستم استفاده شده است. لازم به ذکر است نسبت سورتینو[۸] مشابه نسبت شارپ بازده مورد انتظار به ازای هر واحد تغییر در ریسک سرمایه‌گذاری را محاسبه می‌کند، با این تفاوت که نسبت شارپ تغییرپذیری بازده را مورد بررسی قرار می‌دهد در حالی که نسبت سورتینو تنها تغییرپذیری نامطلوب را مبنای ارزیابی قرار می‌دهد. به عبارت دیگر این معیار از نوسانات مثبت نیز جهت کسب سود بیشتر بهره می‌گیرد و به خوبی می‌توان بازده حاصل از استراتژی را در قیاس با ریسک‌های منفی آن مورد سنجش قرارداد.

۲- مبانی نظری و مروری بر پیشینه پژوهش

روش‌های کمی مختلفی برای توسعه و به کارگیری استراتژی معاملات زوجی در ادبیات مطرح شده است. چهار مورد از مهم‌ترین آن‌ها که معمولاً مورد استفاده قرار می‌گیرند: رویکرد فاصله‌ای، رویکرد هم انباشتگی، رویکرد اسپرد تصادفی و رویکرد پیش‌بینی ترکیبی. همه این رویکردها تنها در اندازه‌گیری اسپرد و شدت بازگشت به میانگین متفاوت‌اند، با این حال ایده اصلی ورود به یک موقعیت، زمانی است که انحراف از میانگین اسپرد به حد کافی قوی باشد و سپس بستن موقعیت زمانی که اسپرد نزدیک به میانگینش است، رفتار مشترک همه رویکردهاست.

یکی از پرکاربردترین این رویکردها، رویکرد هم انباشتگی است. در این پژوهش از رویکرد هم انباشتگی برای اجرای استراتژی معاملات زوجی، انتخاب زوج سهام، تخمین پارامترها و تعیین معادله اسپرد استفاده شده است. مطابق گاتو (۲۰۰۶)، در معاملات زوجی با رویکرد هم انباشتگی، معامله‌گر هنگام مشاهده یک ضعف (گپ) در روابط همبستگی (تعادلی بلندمدت) بین دو دارایی که به معنای انحراف قیمت دو دارایی از مقادیر تعادلی آن‌هاست، با ایجاد پرتفویی از دو دارایی یا یک "جفت" اقدام به گرفتن موقعیت خرید در دارایی ارزان‌تر و گرفتن موقعیت فروش در آن سهمی که گران‌تر شده است، می‌نماید. طبق مفهوم "بازگشت به میانگین[۹]" که توسط هیلرباند (۲۰۰۳) بیان شد، هنگام بازگشت دو دارایی به تعادل بلندمدت خود با

اتخاذ موقعیت‌های معاملاتی معکوس معامله را تکمیل می‌کنیم. سود این استراتژی صرف نظر از حرکت بازار از تفاوت بین تغییرات قیمت در دو دارایی منتج می‌شود (ویدیامورتی، ۲۰۰۴).

بسیاری از تحقیقاتی که تاکنون در زمینه معاملات زوجی صورت گرفته، بر روی کارآیی و عملکرد استراتژی معاملات زوجی در بازارهای خارجی متمرکز شده که از این بین می‌توان به گاتو، گوئتزمن و رون-هورست (۲۰۰۶) اشاره کرد. آن‌ها برای تست استراتژی معاملات زوجی از اطلاعات روزانه بازده سهام U.S. در بازه ۱۹۶۲ - ۲۰۰۲ استفاده کردند. آن‌ها با یک قانون معاملاتی ساده بازده اضافی سالیانه بالای ۱۱٪ را برای هر سال از کل دوره نمونه به دست آوردند. کاواساکی، تاچیکی، اوکادا و هیرانو (۲۰۰۳) از رویکرد هم - انباشتگی در معاملات زوجی برای یافتن زوج سهم‌ها در بازار سرمایه توکیو استفاده کردند. آندراده، پیترو و سیشولز (۲۰۰۵) با لینک کردن تقاضای بی‌اطلاع سهم‌ها به سودها و ریسک‌های معاملات زوجی، به بررسی سودآوری معاملات زوجی در بازار سهام تایوان پرداختند. پرلین (۲۰۰۹) به بررسی عملکرد و ریسک معاملات زوجی در بازار مالی برزیل تحت تناوب‌های متفاوت پایگاه داده برای یک دوره زمانی یکسان پرداخت. موسلومو (۲۰۰۹) از رویکرد فاصله‌ای برای تست معاملات زوجی در بازار سهام استانبول (ISE) استفاده کرد. وی در فرایند تشکیل زوج‌ها هیچ محدودیتی مانند نوع صنعت یا اندازه را لحاظ نکرده بود و تنها با شرط حداقل فاصله هر سهم می‌توانست با سهم دیگری جفت شود. این متدولوژی به طور میانگین بازده اضافی ۵,۴٪ برای ۲۰ پرتفوی معاملات زوجی برتر داشته است. بوگمولوف (۲۰۱۰) سودآوری استراتژی معاملات زوجی را در بازار سهام استرالیا با استفاده از رویکرد فاصله‌ای، روش هم انباشتگی و روش اسپرد آماری با یکدیگر مقایسه کرد.

در عین حال در چندین مطالعه بحث بر روی چارچوب، اصلاح و ساختار اجرای استراتژی معاملات زوجی بر طبق متدولوژی که گاتو و همکاران (۲۰۰۶) برای معاملات زوجی مطرح کرده بودند، صورت گرفته است. الیوت، ون‌در هوک و مالکلم (۲۰۰۵) با فراهم کردن چارچوبی تحلیلی، به منظور مدل‌سازی اسپرد، یک مدل زنجیره مارکوف گوسی برای خاصیت بازگشت به میانگین پیشنهاد کردند. ویدیامورتی (۲۰۰۴) با تشریح ارتباط بین معاملات زوجی و تئوری قیمت‌گذاری، تحلیل بازگشت به میانگین سری‌های پسماند و انتخاب زوج سهام جهت اجرای استراتژی معاملات زوجی را بر مبنای مفاهیم هم انباشتگی انجام داد. پاپاداکیس و ویسوکی (۲۰۰۷) با به کارگیری جفت‌هایی از بازار سهام U.S در بازه زمانی بین ۱۹۸۱ تا ۲۰۰۶ تأثیر رخدادهای اطلاعات حسابداری را روی سودآوری استراتژی معاملات زوجی بر طبق چیزی که گاتو و همکاران (۲۰۰۶) پیشنهاد داده بود، بررسی کرد. استفاده از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره و شبکه عصبی به منظور انتخاب زوج مناسب جهت انجام استراتژی معاملات زوجی توسط هاک (۲۰۰۹) پیشنهاد شد. دو و فاف (۲۰۱۲) تأثیر هزینه‌های معاملاتی را روی سودآوری معاملات زوجی در بازار U.S و در بازه زمانی ۱۹۶۳ تا ۲۰۰۹ بررسی کردند. ژنگ و لی (۲۰۱۴) در مورد تأثیر انتخاب باندهای باریک و پهن در میزان بازده و مدت زمان اجرای هر معامله بحث کردند و به بررسی باندهای بهینه در قالب تابعی از هزینه معاملات پرداختند. رمضانی‌فر، محمدی، راد و بیتی (۲۰۱۵) در پژوهش خود، به بررسی رویکرد هم -

انباشتگی کسری در استراتژی معاملات زوجی پرداخته و عملکرد آن را در قیاس با رویکرد هم انباشتگی مورد بررسی قرار دادند.

از جمله پژوهش‌هایی که در مورد استراتژی معاملات زوجی در کشورمان صورت گرفته است می‌توان به عسگری و ابو (۱۳۹۱) اشاره کرد. آن‌ها در مطالعه‌ای با عنوان بررسی اثربخشی استراتژی معاملات جفتی بر روی قراردادهای آتی سکه با ترکیب رویکردهای هم انباشتگی و تصادفی، با استفاده از قیمت تسویه روزانه قراردادهای آتی از آغاز سال ۱۳۹۱ تا آذر ۱۳۹۱، به بررسی اثربخشی و قابلیت استفاده از استراتژی معاملات جفتی در معاملات آتی سکه پرداختند. 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. پاکیزه و همکارانش (۱۳۹۱) نیز در پژوهشی به بررسی کاربرد استراتژی معاملات زوجی در بازار قراردادهای آتی سکه طلای بهار آزادی پرداختند. نتیجه به دست آمده کاربرد این استراتژی را در این بازار تأیید نمود.

۳- روش‌شناسی پژوهش

هم انباشتگی

هم انباشتگی نخستین بار از مقاله اولیه گرنجر (۱۹۸۱) به عنوان یک ابزار استاندارد در روش‌های آماری و به منظور تحلیل مسائل اقتصادی مطرح شد. هم انباشتگی در واقع مفهومی عمومی از ارتباطی مانا ۱۰ بین متغیرهای ناماناست. ایده اصلی در تجزیه و تحلیل هم انباشتگی آن است که اگرچه بسیاری از سری‌های زمانی اقتصادی نامانا بوده و یک روند تصادفی افزایشی یا کاهشی دارند اما ممکن است در بلندمدت یک ترکیب خطی از این متغیرها، همواره مانا بوده و بدون روند تصادفی باشد. مطابق یک قاعده کلی، اگر دو یا چند سری زمانی نامانا باشند، سری زمانی حاصل از ترکیب خطی آن‌ها نیز نامانا خواهد بود، فرض کنید:

رابطه ۱) $x_t \sim I(d), \quad y_t \sim I(e), \quad z_t = \alpha x_t + \beta y_t$

در این صورت اگر e>d باشد آنگاه $z_t \sim I(e)$ خواهد بود. با e بار تفاضل‌گیری از z_t سری زمانی حاصل یک سری زمانی مانا به صورت زیر خواهد بود:

رابطه ۲) $\Delta^e z_t = \alpha \Delta^e x_t + \beta \Delta^e y_t$

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

رابطه ۳) $y_t = u_t + \beta x_t$

فرض کنید $x_t \sim I(1),\ y_t \sim I(1)$ است، بنابراین مطابق بحث فوق جمله اختلال برابر است با $u_t = y_t - \beta x_t$

غیرمانا و $I(1)$ است. با فرض iid بودن جمله اختلال فرض مانا بودن می‌تواند به راحتی نقض شود. در این صورت دیگر استنباط‌های آماری معتبر نخواهند بود. به علاوه رگرسیون مربوطه را یک رگرسیون بی-معنی می‌نامند. زیرا فروض اساسی برای معتبر بودن 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 می‌نامند. یعنی با وجود اینکه متغیرهای مذکور غیرمانا هستند اما یک ترکیب خطی از آن‌ها با استفاده از مقدار مشخص β مانا می‌باشد. در این صورت معادله رگرسیون مذکور بی‌معنی نبوده و می‌توان β را به شیوه صحیحی تخمین زد. به علاوه اگر u_t مانا باشد، معادله فوق را معادله هم انباشته می‌نامند و طی یک رابطه تعادلی بلندمدت از یکدیگر دور نمی‌شوند.

هم انباشتگی و مدل‌های تصحیح خطا

ارتباط نزدیکی بین هم انباشتگی و مدل‌های تصحیح خطا یا ECM وجود دارد، چنین ارتباطی توسط قضیه نمایش گرنجر مشخص می‌شود. انگل و گرنجر تحلیل خود را با در نظر گرفتن مجموعه‌ای از متغیرهای اقتصادی که مطابق رابطه زیر در تعادل بلندمدت قرار دارند؛ آغاز نمودند:

رابطه ۴) $\beta_1 x_{1t} + \beta_2 x_{2t} + \cdots + \beta_n x_{nt} = 0$

با فرض آنکه β و x_t به ترتیب نمایانگر بردارهای $(\beta_1, \beta_2, \ldots \beta_n)$ و $(x_{1t}, x_{2t}, \ldots x_{nt})'$ باشند؛ سیستم فوق زمانی در تعادل خواهد بود که $\beta x_t = 0$ باشد. e_t عبارت است از انحراف از تعادل بلندمدت که آن را خطای تعادل نیز می‌نامند و عبارت است از:

رابطه ۵) $e_t = \beta x_t$

اگر خطای تعادل، یک فرآیند مانا باشد، تعادل فوق معنا خواهد داشت. تعریف انگل و گرنجر (۱۹۸۷) از هم انباشتگی به صورت زیر می‌باشد:

۱- عناصر بردار X_t هم انباشته از مرتبه d باشند؛

۲- برداری مثل $\beta = (\beta_1, \beta_2, \ldots \beta_n)$ وجود داشته باشد که به ازای b>0 ترکیب خطی $\beta x_t = \beta_1 x_{1t} + \beta_2 x_{2t} + \cdots + \beta_n x_{nt}$ هم انباشته از مرتبه (d-b) باشد.

در این صورت برداری $\boldsymbol{\beta}$ نیز بردار هم انباشتگی نامیده می‌شود.

یکی از ویژگی‌های اساسی بردارهای هم انباشتگی آن است که روند زمانی آن‌ها تحت تأثیر انحرافاتی است که از تعادل بلندمدت وجود دارد. بر این اساس؛ در صورتی یک سیستم به تعادل بلندمدت باز می‌گردد؛ که حداقل تغییرات برخی از متغیرها در جهت عکس عدم تعادل ایجاد شده باشد. که این حاصل

نمی‌شود مگر با داشتن یک مدل پویا که در واقع یک فرآیند تصحیح خطاست. در یک مدل تصحیح خطا، تغییرات کوتاه مدت متغیرهای سیستم، بر اساس میزان انحراف سیستم از تعادل بلندمدت صورت می‌گیرد.

در یک مدل VAR ساده به شکل زیر داریم:

رابطه ۶) $$y_t = a_{11} y_{t-1} + a_{12} z_{t-1} + \varepsilon_{yt}$$

رابطه ۷) $$z_t = a_{21} y_{t-1} + a_{12} z_{t-1} + \varepsilon_{zt}$$

به طوری که ε_{yt} و ε_{zt} عبارت‌اند از جملات اختلال نوفه سفید که ممکن است با یکدیگر همبستگی داشته باشند. برای سادگی، فرض می‌کنیم مدل‌ها فاقد جزء ثابت می‌باشند. با استفاده از عملگر وقفه، معادلات فوق را به صورت زیر می‌نویسیم:

رابطه ۸) $$(1 - a_{11}L)y_t - a_{12}Lz_t = \varepsilon_{yt}$$

رابطه ۹) $$-a_{21}Ly_t + (1 - a_{22}L)z_t = \varepsilon_{zt}$$

برای محاسبه مقادیر y_t و z_t از معادلات فوق، این سیستم را به شکل ماتریسی تبدیل می‌نماییم:

رابطه ۱۰) $$\begin{bmatrix} (1 - a_{11}L) & -a_{12}L \\ -a_{21}L & (1 - a_{22}L) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_t \\ z_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \varepsilon_{yt} \\ \varepsilon_{zt} \end{bmatrix}$$

بر اساس قاعده کرامر و یا معکوس ماتریس‌ها، جواب y_t و z_t به صورت زیر به دست می‌آید:

رابطه ۱۱) $$y_t = \frac{(1 - a_{22}L)\varepsilon_{yt} + a_{12}L\varepsilon_{zt}}{(1 - a_{11}L)(1 - a_{22}L) - a_{12}a_{21}L^2}$$

رابطه ۱۲) $$z_t = \frac{a_{21}L\varepsilon_{yt} + (1 - a_{11}L)\varepsilon_{zt}}{(1 - a_{11}L)(1 - a_{22}L) - a_{12}a_{21}L^2}$$

در واقع سیستم دو متغیره مرتبه اول ارائه‌شده در معادلات فوق را بر اساس مطالبی که در قسمت قبل ارائه شد به دو معادله تفاضلی تک متغیره مرتبه دوم تبدیل نموده‌ایم. نکته قابل‌ذکر آن که ریشه‌های مشخصه هر دو معادله یکسان و برابر با $(1 - a_{11}L)(1 - a_{22}L) - a_{12}a_{21}L^2$ می‌باشد.

اگر مقدار این ریشه مشخصه را مساوی صفر قرار دهیم، ریشه‌های معادله مشخصه معکوس بر حسب عملگر وقفه (L) به دست خواهد آمد. به این منظور پارامتر λ را به صورت $\lambda = \frac{1}{L}$ تعریف نموده و معادله مشخصه را به صورت زیر می‌نویسیم:

رابطه ۱۳) $$\lambda^2 - (a_{11} + a_{22})\lambda + (a_{11}a_{22} - a_{12}a_{21}) = 0$$

از آن جا که هر دو متغیر دارای ریشه‌های مشخصه یکسان می‌باشند؛ ریشه‌های معادله بیان‌شده نمایانگر خصوصیات روند زمانی هر دو متغیر خواهد بود.

برای این‌که $\{y_t\}$ و $\{z_t\}$ همگرا بوده و یا به عبارتی CI(1,1) باشند، لازم است از بین دو ریشه مشخصه یعنی (λ_1, λ_2) یکی از ریشه‌های مشخصه برابر یک بوده و قدر مطلق دیگری کمتر از یک باشد. تحت این شرایط، متغیرها دارای روند تصادفی یکسانی بوده و تفاضل اول آن‌ها مانا خواهد بود. به عنوان مثال اگر $\lambda_1 = 1$ و $|\lambda_2| < 1$ باشد، با ادامه روند محاسبات و نهایتاً با نرمال‌سازی معادلات بر حسب y_t به یک مدل تصحیح خطا به صورت معادلات زیر دست خواهیم یافت:

$$\Delta y_t = \mathrm{a}_y(y_{t-1} - \beta\, z_{t-1}) + \varepsilon_{yt}$$ رابطه ۱۴)

$$\Delta z_t = \mathrm{a}_z(y_{t-1} - \beta\, z_{t-1}) + \varepsilon_{zt}$$ رابطه ۱۵)

در معادلات فوق اگر $(y_{t-1} - \beta\, z_{t-1})$ باشد، در این صورت y_t و z_t فقط تحت تأثیر شوک‌های ε_{zt} و ε_{yt} خواهند بود. که این مستلزم آن است که $\beta \neq 0$ بوده و حداقل یکی از پارامترهای سرعت تعدیل یعنی a_y یا a_z مخالف صفر باشند.

به طور کلی اگر شرط لازم برای برقراری رابطه CI(1,1) بین متغیرها برقرار باشد، می‌توان اطمینان حاصل نمود که یک مدل تصحیح خطا نیز برای این متغیرها قابل تعریف است. بنابراین وجود یک مدل تصحیح خطا برای متغیرهای I(1) به معنای وجود رابطه هم انباشتگی بین این متغیرهاست. این نتیجه در واقع منطبق بر قضیه عینیت گرنجری[11] می‌باشد که بر اساس آن برای هر مجموعه متغیرهای I(1)، الگوی تصحیح خطا و هم انباشتگی عینیت یکسانی دارند.

آزمون‌های هم انباشتگی

روش‌های متعددی برای آزمون هم انباشتگی به منظور انتخاب زوج مناسب جهت انجام معاملات زوجی وجود دارد که از این بین می‌توان به روش انگل – گرنجر (۱۹۸۷) و روش یوهانسون (۱۹۸۸) اشاره کرد. ما در این پژوهش از تست یوهانسون برای بررسی هم انباشتگی و شناسایی زوج دارایی استفاده کرده‌ایم. به طور ساده می‌توان گفت روش یوهانسون (۱۹۸۸) در واقع تعمیم آزمون دیکی- فولر[12] به حالت چند متغیر است که از روش یک مرحله‌ای مبتنی بر رابطه بین رتبه ماتریس و ریشه‌های مشخصه آن به منظور بررسی هم انباشتگی استفاده می‌کند.

از مزایای این روش می‌توان به خطای کمتر آن در قیاس با روش دو مرحله‌ای انگل – گرنجر (۱۹۸۷) اشاره کرد. دیگر اینکه روش انگل–گرنجر تا حد زیادی به نوع متغیر و تعداد آن‌ها وابسته است درحالی‌که این موارد در روش یوهانسون برطرف شده است. روش یوهانسون روابط هم انباشتگی را در قالب تخمین

VECM[۱۳] با استفاده از روش حداکثر درستنمایی و تحت فرضیاتی پیرامون روند، پارامترها و تعداد بردارهای هم انباشتگی که با r نشان داده است و از آن‌ها برای انجام تست‌های مربوط به درستنمایی استفاده می‌شود، انجام می‌دهد. این روش با انجام تست ردیابی آماری[۱۴] برای بردار r و به ازای مقادیر r = k-1,...,1,0 به بررسی تعداد بردارهای هم انباشتگی می‌پردازد.

در واقع این تست برمبنای نسبت لگاریتم درستنمایی ln[Lmax(r)/Lmax(k)] به بررسی دنباله‌ای از یک ماتریس قطری مقادیر مشخصه نرمال‌شده پرداخته و فرضیه صفر را که رتبه هم انباشتگی r است را در برابر فرضیه مخالف که رتبه هم انباشتگی k است، بررسی می‌کند. حال با توجه به مقادیر تست ردیابی آماری و p-values وجود هم انباشتگی بین زوج دارایی مورد بررسی قرار می‌گیرد. در نهایت، تست یوهانسون مقادیر ضرایب هم انباشتگی نرمال‌شده را جهت اتخاذ استراتژی‌های معاملاتی ایجاد می‌کند.

استراتژی معاملات زوجی با رویکرد هم انباشتگی

همان طور که بیان شد، در هم انباشتگی روابط اقتصادی بلندمدت بین دارایی‌ها برآورد و تحلیل می‌شود. در واقع ایده اصلی در تجزیه و تحلیل هم انباشتگی آن است که اگرچه بسیاری از سری‌های زمانی اقتصادی نامانا بوده و یک روند تصادفی افزایشی یا کاهشی دارند اما ممکن است در بلندمدت یک ترکیب خطی از این متغیرها، همواره مانا بوده و بدون روند تصادفی باشد. در این قسمت استراتژی معاملات زوجی با رویکرد هم انباشتگی در قالب سه قسمت اصلی ارائه می‌شود.

- **انتخاب زوج مناسب برای معاملات**

به طور کلی برای انتخاب هر زوج سهم از میان n سهم موجود در بازار $\binom{n}{2}$ حالت را می‌توان متصور شد. قطعاً بررسی و انجام تست هم انباشتگی بر روی تمامی حالات ممکن گزینه مناسبی محسوب نمی‌شود. ما در بررسی خود با اعمال فیلترهایی براساس تحلیل‌های بنیادی و اطلاعات روندهای گذشته اقدام به انتخاب مناسب‌ترین سهم‌ها جهت اجرای استراتژی کرده‌ایم. از آنجا که احتمال وجود رابطه هم انباشتگی بین دو سهم از یک صنعت مشترک بیشتر می‌باشد، ما از بین سهام‌های موجود در یک صنعت و با اعمال معیارهایی مانند میزان نقدشوندگی، میزان سرعت معاملات و حجم معاملات به انتخاب زوج سهام کاندید پرداخته‌ایم. در این پژوهش از اطلاعات قیمتی زوج سهام‌های خودرو-سایپا، وبملت-وبصادر، پارسان-شپدیس، ثباغ-ثتران و وغدیر-وبانک به منظور اجرای استراتژی معاملات زوجی استفاده شده است.

- **تخمین پارامترها با استفاده از VECM**

پس از انتخاب زوج سهام کاندید در مرحله قبل، معادلات تصحیح خطای برداری به منظور تخمین پارامترها و معادله اسپرد، تخمین زده می‌شود. بنا به قضیه گرنجر متناظر با هر رابطه بلندمدت اقتصادی می‌بایست یک رابطه کوتاه مدت به صورت مکانیزم تصحیح خطا[۱۵] برای حصول به تعادل بلندمدت وجود داشته باشد چرا که ECM چگونگی تعدیل متغیرهای دستگاه را در کوتاه مدت برای حصول به رابطه تعادلی بلندمدت نشان می‌دهد. در واقع اگر مکانیزمی وجود نداشته باشد که متغیرها نسبت به عدم تعادل از رابطه

تعادلی بلندمدت تعدیل شوند، چنین رابطه‌ای در بلندمدت میان متغیرها برقرار نمی‌گردد. لذا همان طور که نشان داده شد هم انباشتگی مستلزم ECM است. یکی از ویژگی‌های اساسی بردارهای هم انباشتگی آن است که روند زمانی آن‌ها تحت تأثیر انحرافاتی است که از تعادل بلندمدت وجود دارد. بر این اساس در صورتی یک سیستم به تعادل بلندمدت باز می‌گردد که حداقل تغییرات برخی از متغیرها در جهت عکس عدم تعادل ایجاد شده، باشد.

روابط تعادلی بلندمدت برای دو متغیر(دارایی یا سهام) A و B به صورت زیر است:

رابطه ۱۶) $$\Delta A_t = \alpha_A\left(A_{t-1} - \beta A_{t-1} + \rho_A\right) + \cdots + \varepsilon_{At}$$

رابطه ۱۷) $$\Delta B_t = \alpha_B\left(B_{t-1} - \beta B_{t-1} + \rho_B\right) + \cdots + \varepsilon_{Bt}$$

عبارت داخل پرانتز در معادلات فوق به روابط تعادلی بلندمدت اشاره دارد که آن را اسپرد می‌نامیم و می‌توان آن را به صورت زیر یعنی یک میانگین(μ) و یک عبارت نوفه سفید(ε_t) بازنویسی کرد:

رابطه ۱۸) $$A_{t-1} - \beta B_{t-1} + \rho = \mu + \varepsilon_t$$

اکنون با توجه به خاصیت هم انباشتگی، اسپرد دارای یک میانگین ثابت در طی زمان خواهد بود. لذا می‌توان مقدار استاندارد شده اسپرد را به منظور ترسیم و اتخاذ موقعیت‌های معاملاتی روی آن، به صورت زیر تعریف کرد.

رابطه ۱۹) $$\text{indicator} = \frac{\text{spread} - \text{mean(spread)}}{\text{STD (spread)}}$$

- **طراحی استراتژی معاملات زوجی و اجرای آن**

یکی از مهم‌ترین قسمت‌ها در اجرای سیستم معاملات زوجی، طراحی استراتژی معاملات زوجی و تعیین مقادیر مناسب برای هر یک از پارامترهای آن می‌باشد. چهار پارامتر مهم در طراحی معاملات زوجی، انتخاب پنجره زمانی مناسب جهت تخمین مجدد پارامترها و بررسی وجود هم انباشتگی، پنجره معاملاتی، باندهای معاملاتی(Δ) و باندهای حد ضرر می‌باشد.

انتخاب پنجره زمانی مناسب جهت تخمین مجدد پارامترها در واقع انتخاب تواترهای مناسب جهت انجام تست هم انباشتگی، تخمین پارامترها و ضرایب هم انباشتگی و تخمین مجدد معادله اسپرد می‌باشد. در صورت وجود هم انباشتگی، در طول مدت زمان پنجره معاملاتی، ضرایب هم انباشتگی، مقادیر پارامترها و معادله اسپرد صادق خواهند بود. از باندهای معاملاتی(Δ) به صورت باندهایی در بالا و پایین میانگین اسپرد به منظور صدور سیگنال‌های معاملاتی و گرفتن موقعیت‌ها استفاده می‌شود. همچنین از باندهای حد ضرر در دو طرف میانگین اسپرد و پهن‌تر از باندهای Δ که به منظور بستن موقعیت هنگام ضرر و جلوگیری از ضرر

بیشتر استفاده می‌شود. یکی از ریسک‌های استراتژی معاملات زوجی در رانده شدن طولانی مدت اسپرد از میانگین بلندمدتش می‌باشد که این بیانگر اهمیت استفاده و تعیین مناسب موقعیت حد ضرر می‌باشد.

در این پژوهش از باندهایی با فاصله ۱+ و ۱- انحراف‌معیار از میانگین اسپرد به عنوان باندهای معاملاتی و از باندهایی با فاصله ۳+ و ۳- انحراف‌معیار از میانگین اسپرد به عنوان باندهای حد ضرر استفاده شده است. همچنین طول پنجره زمانی مناسب جهت تخمین مجدد پارامترها ۳۶۰ دقیقه در نظر گرفته شده است. بدین معنی که الگوریتم از اطلاعات قیمتی ۳۶۰ دقیقه اخیر به منظور بررسی وجود رابطه هم انباشتگی و تخمین پارامترها استفاده می‌کند و در صورت وجود رابطه هم انباشتگی به اندازه طول پنجره معاملاتی یعنی ۳۰ دقیقه به سیستم اجازه انجام معامله در صورت وجود سیگنال معاملاتی را خواهد داد. حال بعد از گذشت ۳۰ دقیقه یعنی به اندازه طول پنجره معاملاتی، مجدداً سیستم با به‌کارگیری اطلاعات قیمتی ۳۶۰ دقیقه اخیر به تخمین مجدد پارامترها می‌پردازد و این فرآیند تکرار خواهد شد.

در اجرای استراتژی با انحراف اسپرد از مقدار تعادل بلندمدت خود، در صورتی که اسپرد از یکی از باندهای Δ بالا یا پایین عبور کند، موقعیت‌های معاملاتی را برای پرتفوی دارایی‌های خود (در اینجا دو دارایی) باز کرده و پس از وقوع یکی از دو حالت اصلاح انحراف و بازگشت اسپرد به میانگین خود و یا با رد کردن حد ضرر با اتخاذ موقعیت‌های معکوس، موقعیت معاملاتی بسته می‌شود. همان طور که اشاره شد ما از بازده و نسبت سورتینو به عنوان معیاری برای ارزیابی عملکرد سیستم معاملات زوجی در بورس اوراق بهادار تهران با در نظر گرفتن توأمان بازده و ریسک استفاده کرده‌ایم.

شاخص سورتینو نخستین بار توسط سورتینو و پرایس (۱۹۹۴) معرفی شد. تفاوت این شاخص با شاخص شارپ در تعریف آن‌ها از ریسک است. همان طور که اشاره شد، نسبت سورتینو مشابه نسبت شارپ بازده مورد انتظار به ازای هر واحد تغییر در ریسک سرمایه‌گذاری را محاسبه می‌کند، با این تفاوت که نسبت شارپ تغییرپذیری بازده را مورد بررسی قرار می‌دهد، در حالی که نسبت سورتینو تنها تغییرپذیری نامطلوب را مبنای ارزیابی قرار می‌دهد. به عبارت دیگر این معیار از نوسانات مثبت نیز جهت کسب سود بیشتر بهره می‌گیرد و به خوبی می‌توان بازده حاصل از استراتژی را در قیاس با ریسک‌های منفی آن مورد سنجش قرارداد.

شاخص سورتینو مبتنی بر تئوری فرا مدرن پرتفوی است. این پژوهشگران با این استدلال که یک سرمایه‌گذار معمولاً به اثر نامطلوب ریسک (نوسان) بر دارایی توجه می‌کنند از ریسک نامطلوب به جای ریسک کل در مدل خود استفاده کردند. همچنین، آن‌ها به جای استفاده از نرخ بدون ریسک از حداقل نرخ بازده قابل قبول برای سرمایه‌گذاری استفاده نمودند. آن‌ها نرخ سورتینو را از رابطه زیر به دست آوردند:

رابطه ۲۰)
$$SR = \frac{\overline{R_J} - MAR}{DR}$$

در رابطه فوق SR معیار سورتینو را نشان می‌دهد. DR ریسک نامطلوب را معرفی می‌نماید. $\overline{R_J}$ بازده متوسط را در طول دوره مورد بررسی نشان می‌دهد و MAR حداقل نرخ بازده قابل قبول را بیان می‌کند.

۴- یافته‌های پژوهش

هدف ما در این قسمت آزمایش الگوریتم معاملات زوجی با رویکرد هم انباشتگی بر روی زوج سهام‌های شرکت‌های فعال در بورس اوراق بهادار تهران و مقایسه نتایج حاصل از آن با بازدهی سهام هر یک از این شرکت‌ها در حالت معمولی در مدت زمان مشابه است.

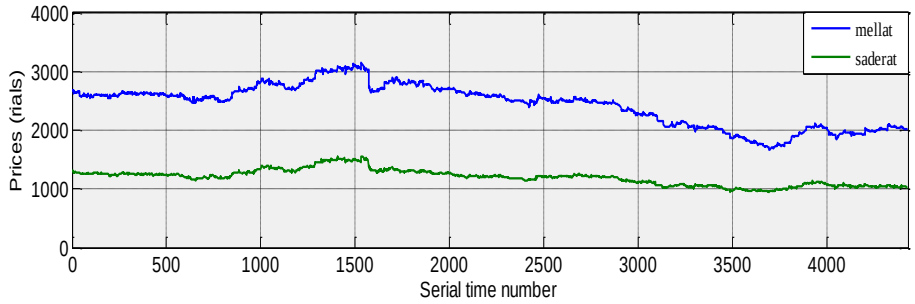
به منظور ارزیابی عملکرد الگوریتم معاملات زوجی در بورس اوراق بهادار تهران، از دیتاهای قیمت درون روزی[۱۶](اطلاعات قیمتی درون روزی معاملات سهام با فواصل ۵ دقیقه) سهام شرکت‌های منتخب در بورس اوراق بهادار تهران استفاده شده است. همچنین با توجه به اینکه تخمین پارامترها و نهایتاً محاسبه معادله اسپرد از مقایسه روند قیمتی دو سری زمانی مربوط به قیمت دو دارایی حاصل می‌شود، لذا این دو سری زمانی را با تبدیل آن‌ها به فواصل زمانی پنج دقیقه و به‌کارگیری آخرین قیمت در هر پنج دقیقه به عنوان نماینده آن، به سری‌هایی گسسته و قابل‌مقایسه تبدیل کرده و از این سری‌های گسسته استفاده می‌کنیم.

آزمایش‌ها بر روی دیتاهای درون روزی با فواصل زمانی پنج دقیقه مربوط به زوج سهام شرکت‌های خودرو-سایپا، وبملت-وبصادر، پارسان-شپدیس، ثباغ-ثتران و وغدیر-وبانک که سری‌های زمانی مربوط به هر زوج به صورت تاریخی همدیگر را دنبال می‌کنند، صورت گرفته است. به منظور ارزیابی هرچه بهتر عملکرد این استراتژی در بازار بورس اوراق بهادار تهران، زوج سهام‌ها از صنایع مختلف بورسی شامل صنعت بانک‌ها و مؤسسات اعتباری، صنعت خودروسازی و ساخت قطعات، صنعت شرکت‌های چندرشته‌ای صنعتی، صنعت فراورده‌های نفتی،کک و سوخت هسته‌ای و صنعت انبوه‌سازی، املاک و مستغلات انتخاب‌شده‌اند. لازم به ذکر است دیتاهای استفاده‌شده مربوط به بازه زمانی شش ماهه ۱۳۹۴/۰۲/۲۳ الی ۱۳۹۴/۰۸/۲۳ می‌باشد. اطلاعات مربوط به زوج سهام‌های استفاده شده در این پژوهش در جدول ۱ خلاصه شده است.

جدول ۱. خلاصه آماری مربوط به اطلاعات استفاده شده در پژوهش

	تعداد داده‌ها	بیشترین قیمت	کمترین قیمت	میانگین وزنی قیمت‌ها
خودرو	۴۴۲۸	۳۱۴۹	۱۶۶۵	۲۴۳۹
سایپا	۴۴۲۸	۱۵۶۰	۹۴۳	۱۱۹۷
پارسان	۳۷۰۴	۳۵۷۹	۲۲۷۹	۲۹۳۴
پردیس	۳۷۰۴	۱۹۸۶۰	۸۳۳۰	۱۲۹۷۰
وبملت	۴۴۹۱	۲۶۲۷	۱۸۲۱	۲۱۰۴
وبصادر	۴۴۹۱	۱۰۷۰	۷۹۱	۸۹۹
ثتران	۳۴۰۳	۲۹۲۹	۱۳۱۰	۱۸۴۱
ثباغ	۳۴۰۳	۲۷۵۴	۲۱۳۰	۲۳۶۰
وغدیر	۲۹۱۹	۲۶۹۹	۲۰۱۵	۲۳۵۰
وبانک	۲۹۱۹	۶۱۲۰	۳۳۷۴	۴۴۲۲

یکی از زوج سهام‌های انتخابی در این پژوهش، سری قیمت‌های درون روزی مربوط به زوج سهام وبملت-وبصادر می‌باشد که در شکل ۱ روند قیمتی آن‌ها نشان داده شده است. همان طور که مشاهده می-شود، قیمت‌ها همدیگر را دنبال می‌کنند.



شکل ۱. قیمت‌های درون‌روزی سهام بانک ملت و بانک صادرات

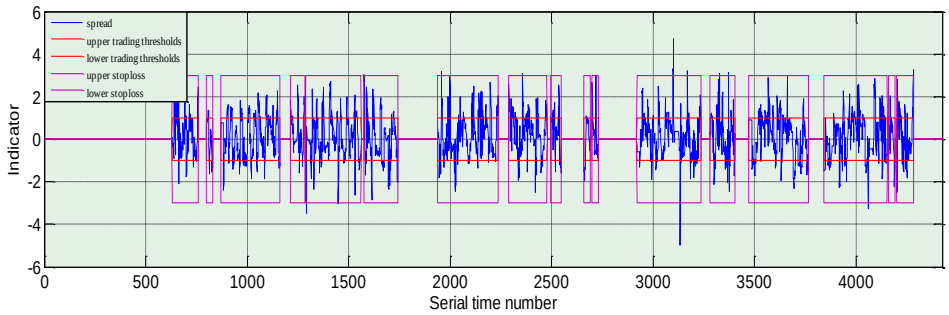
در ادامه نتایج حاصل از اجرای استراتژی بر روی زوج سهام وبملت-وبصادر در بازه زمانی ۱۳۹۴/۰۲/۲۳ الی ۱۳۹۴/۰۸/۲۳ بیان شده است. در جدول ۲ مقادیر پارامترهای استفاده‌شده در اجرای استراتژی در این پژوهش نشان داده شده است.

جدول ۲. مقادیر پارامترهای استفاده‌شده در اجرای استراتژی معاملات زوجی

اندازه پنجره تخمین (دقیقه)	۳۶۰
طول پنجره معاملاتی (دقیقه)	۳۰
Δ (انحراف معیار)	۱
حد ضرر (انحراف معیار)	۳

شکل ۲ اندیکاتور و موقعیت‌های معاملاتی در اجرای استراتژی معاملات زوجی با رویکرد هم انباشتگی را با مقادیر پنجره تخمین ۳۶۰ دقیقه، پنجره معاملاتی ۳۰ دقیقه و مقادیر ۱ و ۳ انحراف معیار به ترتیب برای باندهای Δ و حد ضرر برای این زوج سهام نشان می‌دهد.

در شکل ۲ در فواصلی که تست یوهانسون برای بررسی وجود روابط هم انباشتگی نتیجه مثبت داشته است مقادیر پارامترها تخمین زده شده و نمودار اندیکاتور برای آن فواصل رسم شده است. واضح است که در فواصلی که رابطه هم انباشتگی بین دو سری زمانی برقرار نباشد نمودار اندیکاتور و سایر روابط نیز برقرار نخواهند بود. خلاصه نتایج حاصل از اجرای استراتژی معاملات زوجی با رویکرد هم انباشتگی بر روی زوج سهام وبملت-وبصادر نیز در جدول ۳ ارائه شده است.



شکل ۲. اندیکاتور و موقعیت‌های معاملاتی در اجرای استراتژی معاملات زوجی بر روی دیتاهای زوج سهام وبملت-وبصادر

جدول ۳. نتایج حاصل از اجرای استراتژی بر روی زوج سهام وبملت-وبصادر

بازده	٪ ۳۳,۷
نوسانات منفی	۰,۱۲
بازده سالیانه	٪ ۶۷,۴
نسبت سورتینو	۱,۵۶
تعداد معاملات	۱۱۲
میانگین بازده در هر معامله	٪ ۰,۳
میانگین زمان هر معامله (دقیقه)	۲۰۱

همان طور که در جدول فوق مشاهده می‌شود نتایج، حاکی از عملکرد چشمگیر استراتژی معاملات زوجی با رویکرد هم انباشتگی بر روی زوج سهام وبملت-وبصادر می‌باشد. بازدهی حاصل از اجرای استراتژی برای بازه شش ماهه ۳۳,۷ ٪ می‌باشد که مقدار مناسبی ارزیابی می‌شود. این در حالی که است که بازدهی سهام بانک ملت و بانک صادرات هر یک در بازه زمانی مورد بررسی به ترتیب ۱۱,۷- ٪ و ۷,۲+ ٪ بوده است. همچنین در بازه زمانی مورد نظر ۱۱۲ موقعیت معاملاتی توسط الگوریتم اتخاذ شده است که میانگین زمان هر بار باز و بسته شده پرتفو برای زوج سهام وبملت-وبصادر ۲۰۱ دقیقه می‌باشد. در ادامه و در جدول ۴ نتایج حاصل از اجرای استراتژی بر روی پنج زوج سهام منتخب از صنایع مختلف بورسی به منظور ارزیابی بهتر عملکرد استراتژی معاملات زوجی آورده شده است.

جدول ۴. نتایج حاصل از اجرای استراتژی بر روی زوج سهام‌های مختلف

	وبملت- وبصادر	ثتران-ثباغ	خودرو- سایپا	پارسان- پردیس	وغدیر- وبانک
بازده	٪ ۳۳,۷	٪ ۴۱	٪ ۵۱,۶	٪ ۲۸,۸	٪ ۳۴,۶
نوسانات منفی	۰,۱۲	۰,۱۶	۰,۲۱	۰,۱۱	۰,۰۹
بازده سالیانه	٪ ۶۷,۴	٪ ۸۲	٪ ۱۰۳,۲	٪ ۵۷,۶	٪ ۶۹,۲
نسبت سورتینو	۱,۵۶	۱,۶۲	۱,۷۴	۱,۲۵	۲,۱۸
تعداد معاملات	۱۱۲	۸۶	۱۴۴	۹۶	۱۰۸
میانگین بازده در هر معامله	٪ ۰,۳	٪ ۰,۴۷	٪ ۰,۳۶	٪ ۰,۳	٪ ۰,۳۲
میانگین زمان هر معامله (دقیقه)	۲۰۱	۱۹۷	۱۵۴	۱۹۱	۱۳۵

همان طور که در جدول فوق مشاهده می‌شود میانگین بازدهی در بین پنج زوج سهام انتخابی و در بازه زمانی شش ماهه مورد بررسی، تقریباً ۳۸ ٪ و میانگین بازدهی سالیانه در بین پنج زوج سهام انتخابی تقریباً ۷۶ ٪ می‌باشد. همچنین میانگین تعداد معاملات انجام شده در بازه زمانی مورد بررسی در بین پنج زوج سهام انتخابی ۱۱۰ معامله است. بدین معنی که به طور متوسط در بازه زمانی شش ماهه، ۱۱۰ موقعیت معاملاتی بر روی هر یک از زوج سهام اتخاذ شده است. بر اساس نتایج به دست آمده میانگین زمان هر بار باز و بسته شدن پرتفو در پنج زوج انتخابی ۱۷۶ دقیقه می‌باشد که این موضوع نشان دهنده فرکانس بالای معاملات در استراتژی معاملات زوجی است.

به طور کلی مقادیر بازدهی و نسبت سورتینو برای زوج سهام‌های مختلف در جدول فوق به عنوان معیارهایی جهت ارزیابی عملکرد استراتژی معاملات زوجی با رویکرد هم انباشتگی در بورس اوراق بهادار تهران، نشان از کارآیی و عملکرد قابل قبول این استراتژی دارد. این در حالی است که بازدهی سهام اغلب شرکت‌های انتخاب شده در این پژوهش، در بازه زمانی مورد بررسی منفی بوده‌اند. این حقیقت، بیانگر اهمیت استفاده از استراتژی‌های معاملاتی و کارآیی آن‌ها در انواع مختلف شرایط بازار است.

۵- نتیجه‌گیری و بحث

این پژوهش باهدف ارزیابی عملکرد استراتژی معاملات زوجی با رویکرد هم انباشتگی در بورس اوراق بهادار تهران و با استفاده از اطلاعات قیمتی درون‌روزی صورت گرفت. بدین منظور پس از تشریح مفاهیم مانایی و هم انباشتگی در سری‌های زمانی، به خاصیت بازگشت به میانگین و ویژگی‌های آن اشاره شد. در ادامه گام‌های طراحی و پیاده‌سازی استراتژی معاملات زوجی با رویکرد هم انباشتگی بیان شد. بررسی عملکرد استراتژی معاملات زوجی در بورس اوراق بهادار تهران و مقایسه آن با عملکرد این استراتژی در پژوهش‌های قبلی و در بازارهای مالی سایر کشورها، مؤید کارآیی این استراتژی معاملاتی در انواع بازارهای

مالی در کشورهای مختلف می‌باشد. از طرفی نتایج حاصل از این پژوهش نشان دهنده عملکرد چشمگیر استراتژی معاملات زوجی در قیاس با معاملات معمولی سهام و دیگر استراتژی‌های معاملات الگوریتمی بکار گرفته شده در پژوهش‌های قبلی می‌باشد؛ چرا که بازدهی این استراتژی همبستگی با بازدهی سهام مربوطه و بازار ندارد و تنها بستگی به روند حرکتی قیمت‌ها نسبت به یکدیگر و اسپرد حاصل از تغییرات قیمتی بین دو سهم دارد. به طور کلی استفاده از استراتژی معاملات زوجی به عنوان یک استراتژی خنثی نسبت به تغییرات و روندهای بازار می‌تواند مزایای چشمگیری برای معامله‌گران حقیقی و حقوقی در شرایط رکود و ریزشی بازار سرمایه ایجاد نماید.

۶- فهرست منابع

* ابریشمی، حمید و مهرآرا، محسن (۱۳۸۸)، اقتصادسنجی کاربردی (رویکردهای نوین)، تهران: انتشارات دانشگاه تهران.
* 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 خواجه نصیرالدین طوسی.
* راعی، رضا و پویان‌فر، احمد (۱۳۸۳)، مدیریت سرمایه‌گذاری پیشرفته، تهران: سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه‌ها.
* عسگری، محسن و ابو، زهرا (۱۳۹۱)، بررسی اثربخشی استراتژی معاملات جفتی بر روی قراردادهای آتی سکه با ترکیب رویکردهای تصادفی و هم انباشتگی، سومین کنفرانس ریاضیات مالی و کاربردها، ۱۱ و ۱۲ بهمن‌ماه، دانشگاه سمنان.
* Andrade, S., Di Pietro, V., and Seasholes, M. (2005). Understanding the profitability of pairs trading. Unpublished working paper, UC Berkeley, Northwestern University.
* Bertram, W., (2010). Analytic solutions for optimal statistical arbitrage trading. Physica A, 2010, 389(11), 2234–2243.
* Bogomolov, T. (2011, November). Pairs trading in the land down under. In Finance and Corporate Governance Conference.
* Engle, R. F., and Granger, C. W. (1987). Co-integration and error correction: representation, estimation, and testing. Econometrica: journal of the Econometric Society, 251-276.
* Gao, X., & Chan, L. (2000). An algorithm for trading and portfolio management using Q-learning and sharpe ratio maximization. In Proceedings of the international conference on neural information processing (pp. 832-837).
* Gatev, E., Goetzmann, W. N., and Rouwenhorst, K. G. (2006). Pairs trading: Performance of a relative-value arbitrage rule. Review of Financial Studies, 19(3), 797-827.
* Granger, C. W. (1981). Some properties of time series data and their use in econometric model specification. Journal of econometrics, 16(1), 121-130.
* Johansen, S. (1988). Statistical analysis of cointegration vectors. Journal of economic dynamics and control, 12(2), 231-254.
* Kawasaki, Y., Tachiki, S., Udaka, H., and Hirano, T. (2003). A characterization of long-short trading strategies based on cointegration. In Computational Intelligence for Financial

Engineering, 2003. Proceedings. 2003 IEEE International Conference on (pp. 411-416). IEEE.

* Muslumov, A., Yuksel, A., & Yuksel, S. A. (2009). The Profitability of Pairs Trading in an Emerging Market Setting: Evidence from the Istanbul Stock Exchange. Empirical Economics Letters, 8(5), 1-6.
* Puspaningrum, H., Lin, Y. X., and Gulati, C. M. (2010). Finding the optimal pre-set boundaries for pairs trading strategy based on cointegration technique. Journal of Statistical Theory and Practice, 4(3), 391-419.
* Perlin, M. S. (2009). Evaluation of pairs-trading strategy at the Brazilian financial market. Journal of Derivatives & Hedge Funds, 15(2), 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*.
* Sortino, F. & L. N. Price (1994), "Performance in a Downside Risk Framework", Journal of Investing, Vol. 3, PP. 59-64.
* Zeng, Z., & Lee, C. G. (2014). Pairs trading: optimal thresholds and profitability. Quantitative Finance, 14(11), 1881-1893.

یادداشت‌ها

[1] Pairs trading
[2] long run equilibrium
[3]. Neutral market
[4] Spread
[5] Stoploss
[6] Time windows
[7] Thersholds
[8] Sortino Ratio
[9] Mean reversion
[10] stationary
[11] Gangs representation theorem
[12] Dickey fuller test
[13] Vector Error Correction Model (VECM)
[14] Trace-statistic
[15]. Error Correction Model (ECM)
[16] intraday price