

Comparing Profitability of the Pair Trading Strategy in Different Asset Classes

Kamran Pakizeh^{1*}, Samar Habibi²

1- Assistant Prof. of Finance Department, Faculty of Financial Sciences, Kharazmi University
k.pakizeh@khu.ac.ir

2- MSc. in Financial Engineering, Finance Department, Faculty of Financial Sciences, Kharazmi University
s.habibi9@gmail.com

Abstract

Pair trading is known as the most common and one of the oldest statistical arbitrage strategies. Also, it can be considered a Market Neutral strategy. Using different classes of assets including equities of the Tehran Stock Exchange, S&P 500 stocks index as well as commodities market from February 2013 through May 2015, this paper aims to compare performance of different methods of pair trading. These methods consist of the "Minimum Distance", "Augmented Dickey-Fuller Test and Granger Causality Test" and the "Linear Regression-based method". Empirical profitability results including a return of 15% for the Minimum Distance method, 1/4% for Augmented Dickey-Fuller Test and Granger Causality Test and 6% for the Linear Regression-based method, are incontrovertible evidences backing the assumption that higher profits are achieved in case of using different classes of assets. Furthermore, according to empirical results of using 15% return and a sharp ratio of 6/5, Minimum Distance method is found to be the best model of applying pairs trading strategy in commodities and capital markets.

Keywords: Pair trading, Asset classes, Distance method, Augmented DickeyFuller (ADF) test, Granger causality (CG) test

مقایسه سودآوری استراتژی معاملات جفتی بین طبقات مختلف دارایی

کامران پاکیزه^{۱*}، ثمر حبیبی^۲

۱- استادیار، دانشگاه خوارزمی، دانشکده علوم مالی، گروه مالی، تهران، ایران

k.pakizeh@khu.ac.ir

۲- کارشناس ارشد مهندسی مالی، دانشکده علوم مالی، گروه مالی دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

s.habibi9@gmail.com

چکیده

استراتژی معاملات جفتی یکی از قدیمی‌ترین و رایج‌ترین استراتژی‌های آربیتراژ آماری محسوب می‌شود. به علاوه، آن را یکی از انواع استراتژی بازار خنثی نیز می‌توان دانست. در این پژوهش، روش‌های متفاوت انتخاب جفت دارایی برای شناسایی فرصت‌های آربیتراژ و بررسی و مقایسه بازده و ریسک متحمل شده، با استفاده از داده‌های طبقات مختلف دارایی از جمله سهام بازار اوراق بهادار تهران، سهام موجود در شاخص اس اند پی ۵۰۰ و کالا از فوریه ۲۰۱۳ تا می ۲۰۱۵ آزمون شده است. روش‌هایی که در این پژوهش بررسی شده است، شامل روش کمترین فاصله، روش آزمون دیکي فولر تعمیم یافته و آزمون علیت گرنجری و روش بر پایه رگرسیون خطی است. نتایج آزمون تجربی بر سبب حاصل شده از هر یک از روش‌ها که شامل کسب بازده ۱۵ درصد در روش کمترین فاصله، بازده ۱/۴ درصد در روش آزمون دیکي فولر تعمیم یافته و علیت گرنجری و بازده ۶ درصد در روش بر پایه رگرسیون خطی در طول ۸ ماه می‌شود، نظریه ایجاد بازده بیشتر از بازده بازار را به هنگام استفاده از طبقات مختلف دارایی تأیید می‌کند. به علاوه، با توجه به نتایج بازده ۱۵ درصد و نسبت شارپ ۶/۵، الگوی فاصله، بهترین الگو برای اعمال استراتژی معاملات جفتی در بازارهای سرمایه و کالا است.

واژه‌های کلیدی: آزمون دیکي فولر تعمیم یافته، آزمون علیت گرنجری، معاملات جفتی، طبقات دارایی، کمترین فاصله

مقدمه

ریسک اتفاق می‌افتد. علاوه بر آن، ریسک اجرا، عامل دیگری است که اثر منفی در بازده معاملات جفتی می‌گذارد. ریسک اجرا به این امکان ارجاع داده می‌شود که استراتژی مانند آنچه که برنامه‌ریزی شده است، اجرا نخواهد شد [۲]. جدا از ریسک‌های مرتبط با معاملات جفتی، این تکنیک سرمایه‌گذاری، هزینه‌هایی به معامله‌گران تحمیل می‌کند. بدیهی‌ترین هزینه برای هر معامله، کمیسیون یا کارمزد کارگزار است. اگر یک سرمایه‌گذار بخواهد به سادگی خرید کند، باید کمیسیونی برای ورود و کمیسیونی برای خروج از معامله پرداخت کند. تاکنون، معاملات جفتی در سراسر جهان با انواع الگوهای گوناگون بررسی شده است.

این مطالعات، بیشتر برای روش‌های متفاوت انتخاب جفت سهام برای بررسی سودآوری انجام شده است. گاتو و همکاران^۲ [۸] سودآوری و عملکرد استراتژی معاملات جفتی را با روش کمترین فاصله برای انتخاب جفت‌ها و آستانه‌سازی دو انحراف معیار، برای انجام معاملات بررسی کردند و دریافتند با وجود اعمال هزینه معاملات و عوامل ریسک، بازده ۱۱ درصد سالیانه ایجاد می‌شود. پاپاداکیس و وایساک^۳ (۲۰۰۷) تأثیر انتشار اطلاعات را در سودآوری این استراتژی بررسی کردند. نتایج نشان داد جفت‌ها به دفعات بیشتر در زمان انتشار اطلاعات نسبت به حالت عادی، موقعیت ورود به معامله می‌گیرند. علاوه بر این، جفت‌هایی که بلافاصله بعد از این انتشار، موقعیت ورود به معامله می‌گیرند، سودآوری کمتری نسبت به دیگر جفت‌ها دارند [۲۱]. بارونیان، بادوروگلو و سنر^۴ (۲۰۱۰) الگویی

انتخاب استراتژی سرمایه‌گذاری که ضمن کسب حداکثر سود مناسب، کم‌ترین ریسک ممکن را نتیجه دهد، یکی از مباحث مهم در بازارهای مالی است. معاملات جفتی^۱ یکی از انواع استراتژی‌های سرمایه‌گذاری محسوب می‌شود. معاملات جفتی از زمان راه‌اندازی بازار اوراق بهادار اولیه وجود داشته است و به‌عنوان پایه و اساسی برای بیشتر استراتژی‌های معاملات شناخته می‌شود. این استراتژی شامل دو مرحله است. در مرحله اول یا همان دوره شکل‌گیری، دارایی‌های مدنظر مطالعه می‌شود. چنانچه شرایط اجرای استراتژی جفتی شامل وجود همبستگی بین سری قیمت دو دارایی و وجود خاصیت بازگشت به میانگین داده‌های قیمت را برآورده کنند، آن‌گاه جفت‌های منتخب وارد مرحله دوم می‌شود که دوره معامله نامیده می‌شود. در جفت‌های منتخب با در نظر گرفتن خاصیت بازگشت به میانگین، یکی از دارایی‌ها نسبت به دیگری، فراتر از ارزش واقعی خود قیمت‌گذاری می‌شود و در یک سبد متشکل از این دو دارایی با فروش دارایی بیش‌ارزش‌گذاری شده (اتخاذ موقعیت فروش استقرایی) و خرید دارایی کم‌ارزش‌گذاری شده (اتخاذ موقعیت خرید) می‌توان سرمایه‌گذاری کرد. این دو موقعیت پس از آنکه قیمت دارایی‌ها به میانگین رابطه بلندمدت خود بازگشت، با معامله‌های معکوس بسته خواهد شد [۶]. با وجود اینکه این استراتژی به‌عنوان استراتژی بدون ریسک مطرح می‌شود؛ معامله‌گران جفتی در معرض ریسک‌هایی غیر از ریسک بازار قرار می‌گیرند؛ به‌عنوان مثال، در ریسک الگو، هنگامی که الگوی انتخاب شده برای استراتژی، انتظارات را برآورده نمی‌کند، این نوع

2 Gatev et al

3 Papadakis & Wysock

4 Baronyaz, Boduroglu & Sener

1 Pair trading

۱۵۰۰^{۱۰} آزمود و حساسیت مستقیم بازده نسبت به تغییرات طول دوره شکل گیری را بررسی کرد. هاک و همکاران^{۱۱} (۲۰۱۴) الگوی پربازده‌ای بر بازار کشور جهان سوم بنگلادش ارائه دادند که انتخاب جفت با اعمال آزمون جوهانسون^{۱۲} اتفاق می‌افتد و جفت با استفاده از الگوی تصحیح بردار خطا^{۱۳} الگو می‌شود. در نهایت، با استفاده از باقیمانده‌های الگوی تخمین زده شده، معاملات جفتی انجام می‌شود [۱۱]؛ سپس هوک و افابو^{۱۴} (۲۰۱۵) عملکرد و سودآوری روش‌های مختلف انتخاب جفت در معاملات جفتی (روش کمترین فاصله، هم‌انباشتگی و آزمون دیکی-فولر) را بر شاخص اس اند پی ۵۰۰ بررسی کردند. بر-اساس نتایج حاصل شده، روش کمترین فاصله، عملکرد ضعیفی داشت و آزمون دیکی فولر بعد از اعمال هزینه معاملات، سود چندانی ایجاد نکرد و روش هم‌انباشتگی حتی بعد از اعمال هزینه معاملات و عوامل ریسک نیز سود زیادی به وجود آورد [۱۴]. کالداس، کالدیرا و مورا^{۱۵} (۲۰۱۴)، عملکرد و سودآوری استراتژی معاملات جفتی را در دو کشور آمریکا، برزیل و اروپا، با روش فاصله و هم‌انباشتگی برای انتخاب جفت سهام مقایسه و بررسی کردند. نتایج نشان داد در برزیل و اروپا، روش هم‌انباشتگی، عملکرد بهتری داشته است؛ در حالی که در آمریکا، روش فاصله، سود بهتری حاصل کرده است [۴]. لی، چوی و لیانگ لی^{۱۶} (۲۰۱۴) با نرخ شارپ^{۱۷} و ارزش در معرض ریسک^{۱۸}، عملکرد استراتژی معاملات جفتی تحت روش تصحیح

را برای انتخاب بهینه جفت سهام‌ها به شکل ترکیب روش آزمون دیکی فولر^۱، آزمون علیت گرنجری^۲ دوطرفه و تست نرخ عوامل بازار^۳ ارائه دادند. در ادامه، معاملات را با استفاده از الگوی واسیسک^۴ بر دوره بحران و پرنوسان پیش بردند و نتیجه آن، سود زیاد حاصل شده بود [۱]. دو و فاف^۵ [۵] کارگاتورا گسترش داده و نشان دادند اگرچه سودآوری معاملات جفتی به طور کلی کاهش یافته است؛ استراتژی مد نظر در طول دوره زمانی آشوب، مانند بحران مالی ۲۰۰۸، عملکرد در خور توجهی داشته است. ژانگ^۶ (۲۰۱۲) به نوعی، تأثیر آستانه‌های متفاوت در الگوی فاصله و زمان‌های متفاوت در دوره شکل گیری برای انتخاب سهام را در سودآوری استراتژی معاملات جفتی در نظر گرفت. نتایج نشان داد رابطه سودآوری و اندازه آستانه به شرایط اقتصادی دوره شکل گیری مد نظر بستگی دارد [۲۶]. سانگ و ژانگ^۷ [۲۴] در پژوهش خود، این استراتژی را با دید برنامه‌ریزی پویا پیش بردند و تابع ارزش را با فرایند اورشتاین اوهلنبک^۸ الگو کردند و کاربردی بودن این روش را با در نظر گرفتن حق کمیسیون و سطح توقف ضرر نشان دادند. پیزاتیلو^۹ [۲۲] با در نظر گرفتن تمام محدودیت‌های فروش استقرایی، هزینه معاملاتی، هزینه بهره و گارانتی نقدی در معاملات جفتی که اجراشدنی برای سرمایه‌گذار حقیقی بودند و با بررسی بازار ایتالیا، شواهدی قوی مبنی بر سودآوری معاملات جفتی ارائه داد. هوک [۱۲] روش کمترین فاصله را بر شاخص اس اند پی

10 S & P 500

11 Haque et al

12 Johanson test

13 Vector Error Correction Model

14 Afawubo

15 Caldas, Caldeira & Moura

16 Li, Chui & Li, C Q

17 Sharpe Ratio

18 Value at Risk

1 Dicky Fuller Test

2 Granger Causality Test

3 Market factor ratio

4 Vasicek model

5 Do & Faff

6 Zhang

7 Song & Jang

8 Ornstein Uhlenbeck process

9 Pizzutilo

آنها قابلیت جفت شدن سهم‌ها را با استفاده از آزمون-های همبستگی، پایایی و روابط بلندمدت بررسی کردند. بررسی‌های این پژوهش نشان می‌دهد جفت سهامی بیشتر، قابلیت اجرای این استراتژی را دارد که حرکات قیمتی آن، مشابه نوسان‌های مقطعی (هفتگی، ماهیانه) بیشتر باشد و خاصیت بازگشت به میانگین داشته باشد [۱۶].

در پژوهش حاضر، علاوه بر بازار سهام، طبقه دیگری از دارایی با عنوان کالا نیز بررسی شده است که در آن برای اولین بار، ترکیبی از طبقات دارایی سهام و کالا به‌طور همزمان، در معاملات جفتی از منظر سودآوری مطالعه شده است. بر مبنای مطالعات گسترده خارجی و داخلی این حوزه، مشاهده می‌شود که بازار سرمایه ایران به‌دلیل محرومیت از اعمال فروش استقرایی، چندان توجه نشده و تعداد معدودی از پژوهش‌های داخلی، این استراتژی را بررسی کرده است؛ از این رو، این پژوهش را نمونه کمتر کارشده‌ای در حوزه معاملات جفتی در بازار سرمایه ایران می‌توان دانست. از میان مطالعات مطرح‌شده خارجی در این حوزه، نزدیک‌ترین مطالعه به پژوهش حاضر را مقاله هوک و افابو [۱۴] می‌توان دانست که به مقایسه عملکرد سه روش انتخاب جفت اقدام کرد. در ادامه، بخش‌های دیگر مقاله به این شرح دنبال می‌شوند: در بخش دوم، مبانی نظری پژوهش آورده شده است. در بخش بعدی، روش پژوهش ارائه شده است که هر سه روش مدنظر معرفی خواهد شد. در بخش چهارم، یافته‌های پژوهش و نتایج داده‌های عددی ارائه و در نهایت، در بخش پنجم، نتایج و پیشنهادهاى آینده بیان شده است.

خطا را بر سهام موجود در هر دو بازار اوراق بهادار کشور چین بررسی کردند. نتایج نشان داد که بازده سالیانه ۱۷/۶ درصد دست یافته‌اند [۱۸]. ژاکوب و وبر^۱ (۲۰۱۴) معاملات جفتی را با استفاده از روش کمترین فاصله بر ۳۴ بازار بین‌المللی سهام آزمودند. براساس نتایج تجربی، در تمامی بازارها، بازده‌های غیرطبیعی^۲ و زیاد به دست آوردند [۱۵]. هوک (۲۰۱۵) با استفاده از سهام دو شاخص اس اند پی ۵۰۰ و نیکی^۳ ۲۲۵ عملکرد معاملات جفتی را براساس روش‌های مختلف انتخاب (کمترین فاصله، هم‌انباشتگی و ایستاد) آزمودند. روش هم‌انباشتگی بهترین عملکرد را در هر دو بازار داشت [۱۳]. راد، لو و فاف^۴ (۲۰۱۶) عملکرد سه استراتژی معاملات جفتی (روش فاصله، روش هم‌انباشتگی و الگوی کاپولا) را در بازار امریکا و با منظور کردن هزینه معاملات بررسی کردند. براساس نتایج، روش فاصله، بهترین نتیجه را به دست آورد [۲۳]. کراوس^۵ [۱۷] حوزه معاملات جفتی را از نظر چارچوب و مبانی بررسی و آنها را در ۵ گروه کلی روش کمترین فاصله، روش هم‌انباشتگی، روش سری‌زمانی، روش کنترل تصادفی و سایر روش‌ها تقسیم‌بندی می‌کند. پاکیزه، اخوان چایچی و صالحی [۲۰] کاربرد معاملات جفتی را در بازار قراردادهای آینده سکه در ایران بررسی کردند و نتایج حاصل، سودآوری این استراتژی را تأیید کردند. جلیلیان و عسگری‌پور (۱۳۹۴) پژوهشی با هدف طراحی و ارائه نرم‌افزاری برای بررسی قابلیت اجرای استراتژی معاملات جفتی در بازار اوراق بهادار ایران ارائه دادند.

1 Jacobs & Weber

2 Abnormal Return

3 شاخص بازار سهام برای بازار اوراق بهادار توکیو (TSE)

4 Stationary

5 Rad, Low & Faff

6 Krauss

مبانی نظری

استراتژی بازار خنثی با گرفتن همزمان دو موقعیت خرید و فروش استقراری در دو دارایی برای جلوگیری از قرار گرفتن در معرض ریسک مستقیم، اغلب، پوششی را در مقابل ریسک بازار فراهم می‌کند؛ از این-رو، معاملات جفتی را بازار خنثی می‌توان در نظر گرفت. البته این مسأله به این معنی نیست که سرمایه‌گذاری معاملات جفتی ریسک خنثی یا بدون ریسک است. به هر حال، ریسک‌ها در این شرایط با حالتی متفاوت می‌شوند که مستقیم به سرمایه‌گذاری خرید مرتبط است [۲]. از آنجایی که استراتژی بازار خنثی، سودآوری معاملات را از سطح قیمت‌ها مستقل و به حرکات نسبی قیمت‌های دارایی وابسته می‌داند و در عین حال، این استراتژی در بازارهای پرنوسان مثل ایران به دلیل افزایش میزان معاملات، نتیجه بهتری می‌دهد، فرضیه اول را به این شکل می‌توان تعریف کرد.

استراتژی معاملات جفتی، بازده بیشتری از بازده بازار ایجاد می‌کند.

به علاوه، تفکر حاصل از استراتژی معاملات جفتی، پیدا کردن دارایی‌های مشابه با ارزش نامشابه است؛ به عبارت دیگر، اگر دو سهام به اندازه کافی با هم همبسته باشند، هر گونه تغییری در این همبستگی ممکن است بعد از بازگشت به میانگین روند خود، باعث ایجاد فرصت آربیتراژ و پرسودی شود. همانگونه که تورین^۱ و یان^۲ [۲۷] کارایی و سودآوری در یک دوره زمانی ثابت را در الگوی پویای معاملات جفتی بر پایه نظریه کنترل آماری بهینه^۳ بر سبد متشکل از دو سهم همبسته با معادله همیلتون جاکوبی بلمن نشان دادند. بازگشت به

میانگین، پذیرش فرضیه‌ای بر مبنای تمایل قیمت دارایی به حرکت به سمت میانگین قیمت در طول زمان است. زمانی که قیمت جاری بازار سهام از میانگین قیمت کمتر است، با توجه به توقع افزایش قیمت آن در آینده، برای خرید جذاب به نظر می‌رسد و زمانی که قیمت جاری بازار، بیشتر از میانگین قیمت است، انتظار سقوط قیمت وجود دارد [۱۹]. از آنجایی که روند تاریخی قیمت یک سهم با روند قیمت کالای پایه آن، با یک فاصله زمانی همبستگی داشته است، گفتنی است، از این همبستگی موجود در سری قیمت دارایی‌ها برای تشکیل جفت مدّ نظر و از این فاصله زمانی برای ایجاد فرصت‌های معامله می‌توان سود برد؛ بنابراین فرضیه دوم به این صورت بیان می‌شود.

استراتژی معاملات جفتی در ترکیب طبقات مختلف دارایی، بازده بیشتری از بازده بازار ایجاد می‌کند.

با توجه به مقاله کراوس (۲۰۱۶) و تقسیم‌بندی حوزه معاملات جفتی در ۵ دسته کلی، در پژوهش پیش رو، تنها دسته اول و دوم مطالعه شده است. دسته اول، همان روش فاصله است که اولین روش مدّ نظر در این حوزه و با استناد به مطالعات پیشین، همواره پربازده بوده است. دسته دوم، هم‌انباشتگی است و شامل آزمون‌ها و مفاهیم مرتبط با اقتصادسنجی می‌شود. روش آزمون دیک‌فولر تعمیم‌یافته و آزمون علیت گرنجری و روش رگرسیون خطی در این دسته جای می‌گیرد.

روش پژوهش

در این پژوهش، بازار اوراق بهادار تهران، سهام موجود در شاخص اس اند پی ۵۰۰ و کالای موجود در بازار اوراق بهادار کالای ایران و امریکا آزموده شده

1 Tourin

2 Yan

3 Optimal stochastic control

است؛ بنابراین ۴۱ دارایی از طبقات مختلف دارایی برای بررسی و آزمون برگزیده شدند. در نهایت، داده‌های ۴۱ دارایی در سه روش انتخاب جفت استفاده شد.

در روش اول، روش فاصله، نوسان‌های قیمتی جفت دارایی به صورت فاصله قیمتی و یا مجموع مربعات اختلاف‌ها^۲ بین دو سری قیمت نرمال شده محاسبه می‌شود. گتو و همکاران (۱۹۹۹) با پیدا کردن حداقل مجموع مربعات اختلاف بین دو سری قیمت نرمال شده به ازای هر دارایی، جفت مدنظر را انتخاب کردند؛ بنابراین در ابتدا، قیمت‌ها با رابطه:

(۱)

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

به قیمت‌های نرمال تبدیل می‌شود [۹، ۱۱] به صورتی که P قیمت نرمال شده دارایی i در زمان t ، $E(P)$ قیمت انتظاری و σ ، انحراف استاندارد قیمت دارایی مربوط است؛ سپس مجموع مربعات جفت‌ها بر قیمت‌های نرمال شده با فرمول زیر محاسبه می‌شود:

(۲)

$$SSD_{i,j} = \sum_{t=1}^T (P_{*it} - P_{*jt})^2$$

به صورتی که T تعداد روزهای معاملات در دوره شکل‌گیری است [۳]. در واقع، باید به ازای هر دارایی، با پیدا کردن دارایی دیگری که مجموع مربعات اختلاف قیمت‌های نرمال روزانه را حداقل کند، یک جفت تشکیل داد؛ بنابراین جفت‌های برتر با کمترین مجموع مربعات اختلاف، برای معاملات کاندید می‌شوند.

باتوجه به روش آزمون دیکی فولر تعمیم یافته و علیت گرنجری، آزمون دیکی فولر تعمیم یافته، آزمونی

است. داده‌های قیمت برای سهام شرکت‌های ایرانی با استفاده از نرم‌افزار تی اس ای کلاینت^۱ که در سایت شرکت مدیریت فناوری بازار اوراق بهادار تهران موجود است، قیمت سهام موجود در اس اند پی ۵۰۰ با سایت یاهو و کالاهای پذیرفته شده از سایت‌های متفاوتی چون سایت بورس کالای ایران و سایت بورس کالای امریکا^۲، از فوریه ۲۰۱۳ تا می ۲۰۱۵ استخراج شده است. این فاصله، به ۵ دوره زمانی با وقفه زمانی دوماهه برای مطالعه و بررسی تقسیم شد که هر سری زمانی خود متشکل از یک دوره شکل‌گیری ۱۲ ماهه و یک دوره معامله ۸ ماهه است. دوره اول از فوریه ۲۰۱۳ تا سپتامبر ۲۰۱۴، دوره دوم با دو ماه فاصله زمانی از آوریل ۲۰۱۳ تا نوامبر ۲۰۱۴، دوره سوم از ژوئن ۲۰۱۳ تا ژانویه ۲۰۱۵، دوره چهارم از آگوست ۲۰۱۳ تا مارس ۲۰۱۵ و دوره پنجم از اکتبر ۲۰۱۳ تا می ۲۰۱۵ را شامل می‌شود. داده‌ها به صورت روزانه است و به دلیل تفاوت در روزهای تعطیل بین بازار ایران و بازارهای بین‌المللی، به نوعی در تاریخ‌های مدنظر، تطابق زمانی ایجاد شده است (روزهای تعطیل رسمی در بازارهای بین‌المللی با داده روز قبل جایگزین شده است که تعطیل رسمی در بازار ایران محسوب می‌شود). داده‌های بین‌المللی نیز در یک نرخ ثابت تبدیل ارزی برای داشتن یک ارز واحد ضرب شده‌اند. پر معامله‌ترین سهام موجود در بازار بین‌المللی و بازار اوراق بهادار ایران انتخاب و از میان آنها صنایع بانکی و خودرو خارج شده است. در نهایت، صنایعی چون نفت و گاز، فلزات گرانبها، فلزات صنعتی و محصولات کشاورزی برای بررسی به دست آمده‌اند و به ازای تمامی این صنایع، کالای مبادله شده نیز انتخاب شده -

۱ طریق دانلود دیتای تعدیل شده از شرکت مدیریت فناوری بورس تهران

2 Intercontinental Exchange

شده است. بدین منظور، برای هر دارایی، معادلات رگرسیون بین قیمت آن دارایی و قیمت دیگر دارایی‌ها تشکیل می‌شود؛ سپس پارامترهای معادله با روش حداقل مربعات معمولی (OLS) تخمین زده می‌شود؛ بنابراین به ازای هر دارایی، معادله رگرسیونی انتخاب می‌شود که ضریب همبستگی مطلوب و بیشترین R^2 تعدیل یافته را داشته باشد [۱۰]؛ سپس با آزمون دیکی فولر تعمیم یافته بر باقیمانده معادلات رگرسیون انتخاب شده، جفت‌هایی انتخاب و وارد لیست نهایی می‌شود که باقیمانده‌های آنها مانا تشخیص داده می‌شود و نشان‌دهنده خاصیت بازگشت به میانگین است [۷، ۲۵].

یافته‌ها

در این بخش، براساس روش انتخاب جفت مدنظر، نحوه تشکیل سبد و نحوه برخورد با سبد در دوره معامله بیان می‌شود. در میان تمام جفت حالات موجود بین ۴۱ دارایی مدنظر در ۵ دوره زمانی، جفت‌های به دست آمده در روش فاصله که حداقل SSD را داشته است، در جدول ۱ دیده می‌شود:

برای وجود ریشه واحد در یک نمونه سری زمانی یا به عبارتی، تعیین مانایی آن است. با روش آزمون دیکی-فولر تعمیم یافته و برای انتخاب جفت مدنظر در معاملات جفتی، نرخ قیمت بین دو دارایی باید میانگین و نوسان ثابتی در طول زمان داشته باشد و براساس خاصیت بازگشت به میانگین، یک انحراف از حالت تعادلی در نرخ قیمت، یک فرصت معامله می‌تواند در نظر گرفته شود [۱۰، ۲۵].

ابتدا، دارایی‌هایی که فرض صفر را رد می‌کنند و به عبارتی، مانا هستند، وارد لیست می‌شوند. در مرحله بعد، آزمون علیت گرنجری برای وجود همبستگی در جفت دارایی انتخاب شده اجرا می‌شود [۱]. برای آزمون علیت گرنجری، پس از تشکیل معادله بین قیمت دارایی‌های منتخب و تخمین آماره F برای فرض صفر [۱۰]، چنانچه آماره آزمون کوچک‌تر از ارزش بحرانی مشخص شده باشد، فرض صفر رد نمی‌شود؛ به گونه‌ای که x_t علیت گرنجری y_t است؛ بنابراین جفت‌هایی که رابطه یکطرفه و دوطرفه علیت بین آنها برقرار باشد، وارد لیست نهایی می‌شود [۱].

روش سوم، رگرسیون خطی است که اولین نوع از تحلیل رگرسیون است و به‌طور گسترده به کار گرفته

جدول (۱) نتایج جفت‌های انتخاب شده در الگوی فاصله

ردیف	جفت‌های انتخابی	صنعت	جفت‌های انتخابی	صنعت	SSD
دوره اول					
۱	ASLRF	نقره	PLG	پلاتینیوم	۰/۰۰۰۰۰۰۷۴۶
۲	Gold	طلا	Rice	کشاورزی	۰/۰۰۰۰۱۱۲
۳	IMPUY	پلاتینیوم	Corn	کشاورزی	۰/۰۰۰۰۲۱۵
دوره دوم					
۱	ASLRF	نقره	Rice	کشاورزی	۰/۰۰۰۰۲۰۳
۲	Gold	طلا	Platinum	پلاتینیوم	۰/۰۰۰۰۳۳۶
۳	RIBT	کشاورزی	Iron	آهن	۰/۰۰۰۰۴۶۱

ادامه جدول (۱) نتایج جفت‌های انتخاب‌شده در الگوی فاصله					
ردیف	جفت‌های انتخابی	صنعت	جفت‌های انتخابی	صنعت	SSD
دوره سوم					
۱	VFFIF	کشاورزی	Silver	نقره	۰/۰۰۰۰۰۴۰۱
۲	SSN	نفت و گاز	زمگسا	کشاورزی	۰/۰۰۰۰۰۲۳۲
۳	Cooper	مس	فولاد	آهن	۰/۰۰۰۰۰۲۹۳
دوره چهارم					
۱	HMY	طلا	Gold	طلا	۰/۰۰۰۰۰۰۳۱۱
۲	IMO	نفت و گاز	SCCO	مس	۰/۰۰۰۰۰۲۰۹
۳	فملی	مس	قیپرا	کشاورزی	۰/۰۰۰۰۰۵۵۶
دوره پنجم					
۱	PBR	نفت و گاز	VFFIF	کشاورزی	۰/۰۰۰۰۰۰۳۸۵
۲	CWEI	نفت و گاز	RIBT	کشاورزی	۰/۰۰۰۰۰۹۸۶
۳	CMGHF	کشاورزی	NSSMY	آهن	۰/۰۰۰۰۱۰۵

هر سری نرخ قیمت اعمال می‌شود. نظر به معنادار بودن الگو (همراه با عرض از مبدأ، همراه با عرض از مبدأ و روند، بدون هیچ یک از این دو) و محاسبه وقفه مناسب، جفت‌هایی که فرض صفر را رد می‌کنند یا به عبارتی، مانا هستند، به دلیل وجود خاصیت بازگشت به میانگین، وارد مرحله بعد می‌شوند؛ سپس آزمون علیت گرنجری بر آنها اعمال می‌شود. جفت‌هایی که فرض صفر را رد نمی‌کنند (آماره آزمونی کمتر از ارزش بحرانی دارند) یا به عبارتی، علیت گرنجری در آنها به صورت دوطرفه یا یکطرفه موجود است، وارد لیست نهایی شده که در جدول ۲ دیده می‌شود:

همانگونه که در جدول ۱ مشاهده می‌شود، در خروجی این الگو، تعدادی از جفت‌های منتخب دارای صنعت یکسان و مواردی نیز در صنایع متفاوت جفت شده‌اند. ترکیبی از طبقات دارایی نیز در جفت‌های منتخب مشاهده می‌شود. علاوه بر این، در دوره‌های پایانی، سهام پذیرفته‌شده در بورس ایران نیز در سبدهای تشکیل شده دیده می‌شود. در روش آزمون دیکی فولر تعمیم یافته و علیت گرنجری، ابتدا نرخ قیمت در هر ۵ دوره زمانی برای هر دارایی در ترکیب با ۴۰ دارایی دیگر به صورت y_i/y_j به دست می‌آید؛ سپس بر اساس روابط و معادلات مطرح شده، آزمون دیکی فولر تعمیم یافته با فرض صفر وجود ریشه واحد بر

جدول (۲) جفت‌های انتخاب‌شده براساس الگوی آزمون دیکی فولر تعمیم‌یافته و آزمون علیت گرنجری

ردیف	جفت‌های انتخابی	صنعت	جفت‌های انتخابی	صنعت
دوره اول				
۱	ASLRF	نقره	WRN	مس
۲	RIBT	کشاورزی	زمگسا	کشاورزی
۳	Corn	کشاورزی	زمگسا	کشاورزی
دوره دوم				
۱	ASLRF	نقره	Platinum	پلاتینیوم
۲	HMY	طلا	Gold	طلا
۳	SCCO	مس	فارس	نفت و گاز
دوره سوم				
۱	PLG	پلاتینیوم	Rice	کشاورزی
۲	Corn	کشاورزی	Gold	طلا
۳	SRGL	طلا	Wheat	کشاورزی
دوره چهارم				
۱	IMPUY	پلاتینیوم	MTGRF	آهن
۲	Gold	طلا	فارس	نفت و گاز
۳	Iron	آهن	قپیرا	کشاورزی
دوره پنجم				
۱	KIROY	آهن	Iron	آهن
۲	MTGRF	آهن	قپیرا	کشاورزی
۳	فارس	نفت و گاز	فولاد	آهن

جدول (۳) پارامترهای برآوردی آزمون دیکی فولر تعمیم‌یافته و آزمون علیت گرنجری

آزمون علیت گرنجری		آزمون دیکی فولر تعمیم‌یافته					
علیت	آماره آزمون f	سطح معناداری	t آماره آزمون	ارزش بحرانی	سطح معناداری ^۱	آلفا	جفت‌ها
دوره اول							
یکطرفه	۳/۵۳۸۹	۰/۰۱۵۳	-۳/۷۵۲۸	۳/۴۲۶۵ -	۰/۰۲۰۶	۰/۰۵	۱
دوطرفه	۲/۷۳۸۲ ۲/۸۷۸۱	۰/۰۴۳۹ ۰/۰۳۶۶	-۱/۹۷۱۸	۱/۹۴۲۰ -	۰/۰۴۶۷	۰/۰۵	۲
یکطرفه	۳/۷۰۷۲	۰/۰۱۲۲	-۱/۷۷۰۹	۱/۶۱۵۹ -	۰/۰۷۲۸	۰/۱	۳
دوره دوم							
یکطرفه	۴/۰۶۹۲	۰/۰۰۷۵	-۳/۴۳۰۸	۲/۸۷۲۰ -	۰/۰۱۰۷	۰/۰۵	۱
دوطرفه	۳/۱۵۵۱ ۵/۹۳۲۸	۰/۰۲۵۴ ۰/۰۰۰۶	-۳/۱۱۶۲	۲/۸۷۲۰ -	۰/۰۲۶۵	۰/۰۵	۲
یکطرفه	۳/۶۲۵۵	۰/۰۱۳۶	-۵/۰۴۵۱۱	۳/۹۹۲۳ -	۰/۰۰۰۲	۰/۰۱	۳

ادامه جدول (۳) پارامترهای برآوردی آزمون دیکی فولر تعمیم یافته و آزمون علیت گرنجری							
جفت‌ها	آلفا	سطح معناداری	ارزش بحرانی	t آماره آزمون	سطح معناداری	آماره آزمون f	علیت
دوره سوم							
۱	۰/۱	۰/۰۵۴۱	-۲/۵۷۲۴	-۲/۸۳۹۵	۰/۰۲۹۳	۳/۰۴۶۵	یکطرفه
۲	۰/۱	۰/۰۷۷۰	-۱/۶۱۵۹	-۱/۷۴۴۱	۰/۰۴۰۶	۲/۷۹۸۲	یکطرفه
۳	۰/۰۱	۰/۰۰۱۳	-۳/۹۹۲۳	-۴/۵۷۸۹	۰/۰۵	۲/۵۷۹۸ ۲/۸۰۰۶	دوطرفه
دوره چهارم							
۱	۰/۰۵	۰/۰۱۱۵	-۳/۴۲۶	-۳/۹۴۶۱	۰/۰۲۹۰	۳/۰۵۴۹	یکطرفه
۲	۰/۰۵	۰/۰۲۰۳	-۲/۸۷۲۰	-۳/۲۱۳۱	۰/۰۴۲۲	۲/۷۶۷۸	یکطرفه
۳	۰/۰۵	۰/۰۱۶۹	-۳/۴۲۶۵	-۳/۸۱۹۶	۰/۰۳۸۹	۲/۸۳۰۶	یکطرفه
دوره پنجم							
۱	۰/۰۵	۰/۰۲۸۹	-۳/۴۲۶۵	-۳/۶۳۳۳	۰/۰۱۰۹	۳/۷۹۲۷	یکطرفه
۲	۰/۰۵	۰/۰۳۷۷	-۲/۸۷۲۰	-۲/۹۸۴۱	۰/۰۳۵۳	۲/۹۰۵۷	یکطرفه
۳	۰/۰۵	۰/۰۱۸۱	-۲/۸۷۲۱	-۳/۲۵۳۴	۰/۰۱۶۰	۳/۵۰۱۴	یکطرفه

با توجه به جدول ۳، برای تمامی جفت‌های منتخب، $t < C_value$ است و این نشان‌دهنده رد کردن فرض صفر یا همان وجود ریشه واحد است؛ به عبارتی، سری داده مدّ نظر مانا است. علاوه بر این، مقادیر سطح معناداری، نشان‌دهنده احتمال وقوع نتایج حاصل، تحت پذیرش فرض صفر است و با توجه به فرض صفر در این تست، مقادیر کمتر از آلفا صحت نتایج را آشکار می‌کند. به علاوه، مقادیر سطح معناداری تمامی جفت‌های منتخب در آزمون علیت گرنجری، کمتر از ۰/۰۵ است که نشان‌دهنده رد نکردن فرض صفر یا همان وجود علیت گرنجری بین دو سری داده قیمت جفت مدّ نظر است.

در روش بر پایه رگرسیون خطی، اولین کار، ایجاد ۴۱*۴۱ معادله رگرسیون بین ترکیبی از دارایی‌ها، به صورت جفت است؛ سپس با استفاده از OLS

پارامترهای معادلات تخمین زده می‌شود و به ازای هر دارایی، معادلات دارایی کمترین MSE و بیشترین ضریب تعیین تعمیم یافته انتخاب می‌شود. در عین حال، رابطه رگرسیون ایجاد شده نیز باید به صورت دوطرفه بین جفت‌های منتخب برقرار باشد. در نهایت، بر باقیمانده‌های معادلات و برای جلوگیری از ایجاد رگرسیون کاذب، آزمون دیکی فولر تعمیم یافته برای تشخیص مانایی اعمال شده است؛ به عبارتی، زمانی که متغیرهای سری زمانی مانا نباشند، در حالی که هیچ رابطه معنی داری بین متغیرها وجود ندارد؛ مقدار و رقم ضریب تعیین و آماره t ضرایب نیز بزرگ به دست می‌آید که خود ممکن است باعث استنباط‌های غلط درباره میزان ارتباط بین متغیرها و ایجاد رگرسیون کاذب شود. لیست نهایی ۳ جفت مدّ نظر برای تشکیل سبد در هر ۵ دوره زمانی در جدول ۴ ارائه شده است:

جدول (۴) جفت‌های انتخابی در الگو بر پایه رگرسیون خطی

صنعت	جفت‌های انتخابی	صنعت	جفت‌های انتخابی	
دوره اول				
کشاورزی	RSGUF	نفت و گاز	CWEI	۱
طلا	WRN	پلاتینیوم	IMPUY	۲
نقره	Silver	طلا	Gold	۳
دوره دوم				
کشاورزی	VFFIF	نفت و گاز	CWEI	۱
پلاتینیوم	PLG	پلاتینیوم	IMPUY	۲
کشاورزی	قپیرا	طلا	WRN	۳
دوره سوم				
کشاورزی	Corn	کشاورزی	CMGHF	۱
کشاورزی	VFFIF	کشاورزی	RSGUF	۲
مس	فملی	مس	Cooper	۳
دوره چهارم				
طلا	Gold	طلا	HMY	۱
نفت و گاز	نفت	آهن	MTGRF	۲
کشاورزی	Rice	کشاورزی	Wheat	۳
دوره پنجم				
پلاتینیوم	PLG	نفت و گاز	ARG	۱
نفت و گاز	ونفت	آهن	MTGRF	۲
کشاورزی	RMCF	نفت و گاز	PBR	۳

هر ۳ جفت در هر ۵ دوره زمانی بزرگ‌تر از ۲ به دست آمده است که نشان‌دهنده معنادار بودن ضرایب است. به علاوه، نتایج به دست آمده، نشان‌دهنده رد کردن فرض صفر یا همان وجود ریشه واحد است و به عبارتی، سری داده مدتظر مانا است.

سطح معناداری و آماره آزمون t برای آزمون معناداری ضرایب رگرسیون تخمینی، به دست آمده است. همانگونه که در جدول ۵ مشاهده می‌شود، سطح معناداری به ازای هر معادله به طور محسوسی، کوچک‌تر از آلفای ۰/۰۵ است و قدر مطلق آماره آزمون نیز برای

جدول (۵) نتایج حاصل از رگرسیون در الگوی بر پایه رگرسیون خطی

آزمون دیکی فولر تعمیم یافته				رگرسیون خطی				
آماره t	آلفا	ارزش بحرانی	سطح معناداری	ضریب تعیین تعمیم یافته	MSE	آماره T	سطح معناداری	جفت‌ها
دوره اول								
-۳/۰۱۰۱	۰/۰۵	-۲/۸۷۲۰	۰/۰۳۵۱	۰/۸۱۵	۰/۰۴۶	-۳۴/۴۵	۰	۱
-۳/۲۹۹۱	۰/۰۵	-۲/۸۷۲۰	۰/۰۱۵۹	۰/۷۶۴	۰/۰۰۷	۲۹/۶۰	۰	۲
-۲/۸۶۷۵	۰/۰۱	-۲/۵۷۳۵	۰/۰۰۴۲	۰/۹۴۹	۰/۵۷۳	۷۰/۶۲	۰	۳
دوره دوم								
-۲/۹۲۷۴	۰/۰۵	-۲/۸۷۲۰	۰/۰۴۳۵	۰/۸۳۵	۰/۰۰۸	۳۷/۰۳	۰	۱
-۳/۹۸۰۱	۰/۰۱	-۳/۴۵۴۳	۰/۰۰۱۸	۰/۴۳۹	۰/۰۰۷	۱۴/۵۹	۰	۲
-۳/۷۱۶۶	۰/۰۱	-۳/۴۵۴۳	۰/۰۰۴۴	۰/۵۲۶	۰/۰۰۶	-۱۷/۳۹	۰	۳
دوره سوم								
-۴/۶۸۶۳	۰/۰۱	-۳/۴۵۴۳	۰/۰۰۰۱	۰/۷۱۵	۰/۰۰۰۱	-۲۶/۱۹	۰	۱
-۲/۷۹۰۶	۰/۰۱	-۲/۵۷۳۵	۰/۰۰۵۳	۰/۷۴۷	۰/۰۱۲	-۲۸/۳۹	۰	۲
-۳/۹۳۶۱	۰/۰۱	-۳/۴۵۴۳	۰/۰۰۲۱	۰/۵۴۹	۰/۰۰۵	۱۸/۲۴	۰	۳
دوره چهارم								
-۴/۱۹۰۹	۰/۰۱	-۳/۴۵۴۳	۰/۰۰۰۸	۰/۷۵۲	۰/۰۳۵	۲۸/۷۲	۰	۱
-۴/۳۲۸۹	۰/۰۱	-۳/۴۵۴۳	۰/۰۰۰۵	۰/۶۷۴	۰/۰۰۵	۲۳/۷۴	۰	۲
-۳/۰۹۳۹	۰/۰۵	-۲/۸۷۲۰	۰/۰۲۸۲	۰/۷۶	۰/۲	۲۹/۴	۰	۳
دوره پنجم								
-۴/۳۰۶۰	۰/۰۱	-۳/۴۵۴۵	۰/۰۰۰۵	۰/۹۸۸	۰/۰۳۶	-۱۵۲/۰۳	۰	۱
-۲/۸۷۳۴	۰/۰۱	-۲/۵۷۳۵	۰/۰۰۴۱	۰/۵۹۶	۰/۰۰۶	۱۹/۹۷	۰	۲
-۳/۱۹۱۷	۰/۰۵	-۲/۸۷۲۱	۰/۰۲۱۶	۰/۴۹۱	۰/۱۶	۱۶/۱۸	۰	۳

می‌شود و هنگامی که اختلاف دو قیمت به میانگین متحرک آن می‌رسد، موقعیت‌های باز، دوباره بسته می‌شود؛ به عبارتی، دارایی خرید شده، فروخته و دارایی فروخته شده، خریداری می‌شود [۸].

در این دوره ۸ ماهه برای هر جفت موجود در سبد، قانون ۲ انحراف استاندارد اعمال می‌شود؛ به گونه‌ای که اگر اختلاف قیمت جفت منتخب، خارج از بازه $\mu \pm 2\sigma$ قرار گرفت، باید با خرید دارایی با قیمت پایین‌تر و فروش استقراضی دارایی با قیمت بیشتر وارد معامله شد و هنگامی که اختلاف قیمت به سمت

سپس برای اجرای دوره معاملات، μ را میانگین متحرک و σ را انحراف استاندارد متحرک تاریخی اختلاف دو سری قیمت^۱ در زمان t در نظر می‌گیرند. همانگونه که گاتو (۲۰۰۶) شرح داد، از قانون ۲ انحراف استاندارد، برای ورود به معاملات جفتی استفاده می‌شود. در واقع، زمانی که اختلاف دو قیمت افزایش (کاهش) می‌یابد و آستانه‌های دو انحراف استاندارد را می‌گذراند، موقعیت باز شده؛ قیمت پایین‌تر خرید شده و در قیمت بیشتر، موقعیت فروش استقراضی اتخاذ

به‌ازای هر روش انتخاب جفت ارائه شده است؛ سپس برای بررسی معنی‌دار بودن تفاوت آماری بازده حاصل از استراتژی معاملات جفتی با بازده بازار، آزمون مقایسه زوجی و یا نمونه‌های وابسته بر مبنای توزیع t استفاده می‌شود که یک آزمون پارامتریک است و در آن، میانگین یک جامعه در دو حالت بررسی می‌شود. نبود اختلاف بین مقادیر میانگین‌ها در دو نمونه جفت‌شده از جامعه به‌عنوان فرض صفر تلقی می‌شود که در واقع، نقطه مقابل فرض وجود اختلاف بین مقادیر میانگین است. آزمون فرض برابری دو میانگین وابسته به‌شکل زیر است:

(۳)

$$H_0: \mu_2 - \mu_1 = 0 \rightarrow H_0: \mu_d = 0$$

(۴)

$$H_1: \mu_2 - \mu_1 \neq 0 \rightarrow H_1: \mu_d \neq 0$$

در این پژوهش، برای ۵ دوره مدّ نظر، بازده بازار اوراق بهادار ایران محاسبه و آزمون تی دوطرفه با فاصله اطمینان ۹۵ درصد به‌ازای هر ۳ الگوی انتخاب بین دو گروه بازده‌های بازار و بازده سبدها در ۵ دوره زمانی، اعمال و در جدول‌های ۷، ۸ و ۹ به‌ازای هر روش انتخاب جفت ارائه شده است.

میانگین رفت و در ناحیه $\pm 0/5\sigma$ قرار گرفت، باید با فروختن دارایی‌ای که پیش‌تر خریده شده و خرید دارایی که پیش‌تر برای فروش استقرای انجام داده شده است، از معامله خارج شد. در این میان، استثناهایی از قبیل اینکه یکبار وارد معامله شده است و تا پایان ۸ ماه، موقعیتی برای خروج از معامله به وجود نیاید و یا اینکه در ابتدای ۸ ماه، اختلاف قیمت خارج از بازه باشد، به وجود می‌آید که راه‌حل موجود برای مورد اول، خروج از معامله در آخرین روز ۸ ماه و با قیمت همان روز است و برای مورد دوم، نادیده گرفتن اختلاف قیمت تا زمان ورود به بازه و گرفتن اولین موقعیت ورود به معامله بعد از خروج دوباره از بازه است. در نهایت، برای هر جفت، نظر به دفعات ورود و خروج به معامله، بازده آن به دست می‌آید؛ سپس بازده سبد شامل جفت‌های منتخب محاسبه می‌شود. همانگونه که لی، چوی و لیانگ لی [۱۸] با استفاده از نسبت شارپ، پاداش ریسک مطالعه خود را نشان دادند، برای سنجش میزان ریسک متحمل شده و پاداش دریافتی به‌ازای آن در اجرای استراتژی معاملات جفتی در بازار ایران بر سبدهای به‌دست آمده از الگوهای انتخاب جفت، نسبت شارپ محاسبه و در جدول‌های ۷، ۸ و ۹

جدول (۷) نتایج دوره معامله در روش فاصله

بازده	جفت	دوره
۰/۲۳	۱	اول
۰	۲	
۰/۱۳	۳	
۰/۱۲	پورتفولیو	
۰/۱۹	۱	دوم
۰/۱۸	۲	
۰/۲۲	۳	
۰/۲	پورتفولیو	

ادامه جدول (۷) نتایج دوره معامله در روش فاصله					
بازده		جفت		دوره	
۰/۱۴		۱		سوم	
۰/۲۳		۲			
۰/۲۲		۳			
۰/۲		پورتفولیو			
۰/۱۸		۱		چهارم	
۰		۲			
۰/۰۶		۳			
۰/۰۸		پورتفولیو			
۰/۱		۱		پنجم	
۰/۱۳		۲			
۰/۲۱		۳			
۰/۱۵		پورتفولیو			
نسبت شارپ	سطح معنی داری	آماره آزمون t	انحراف معیار	میانگین بازده	نگاه کلی
--	--	--	۰/۰۲۳۰۲	-۰/۸۱۱	شاخص
۶/۵۷۶۷	۰/۰۰۰۴	-۱۱/۱۹۶۳	۰/۰۲۲۵	۰/۱۵۲۲	پورتفولیو

جدول (۸) نتایج دوره معامله در روش آزمون دیکی فولر تعمیم یافته و آزمون علیت گرنجری

بازده		جفت		دوره	
۰		۱		اول	
۰/۲۴		۲			
-۰/۱۷		۳			
۰/۰۲		سبب			
۰		۱		دوم	
۰/۱۶		۲			
۰/۰۳		۳			
۰/۰۶		سبب			
۰		۱		سوم	
-۰/۱		۲			
۰		۳			
-۰/۰۳		سبب			

ادامه جدول (۸) نتایج دوره معامله در روش آزمون دیکی فولر تعمیم یافته و آزمون علیت گرنجری					
بازده		جفت		دوره	
۰/۰۶		۱		چهارم	
۰		۲			
۰		۳			
۰/۰۲		سید			
-۰/۰۸		۱		پنجم	
۰/۰۱		۲			
۰/۰۷		۳			
-۰/۰۰۱		سید			
نسبت شارپ	سطح معناداری	آماره آزمون T	انحراف معیار	میانگین بازده	نگاه کلی
--	--	--	۰/۰۲۳۰	-۰/۰۸۱۱	شاخص
0/6604	۰/۰۳۱۴	-۳/۲۵۰۸	۰/۰۱۶۲	۰/۰۱۴۷	سید

جدول (۹) نتایج دوره معامله در روش بر پایه رگرسیون

بازده		جفت		دوره	
۰		۱		اول	
۰/۰۰۹		۲			
-۰/۰۰۳		۳			
۰/۰۰۲		سید			
۰		۱		دوم	
۰/۴۸		۲			
۰/۱۱		۳			
۰/۲		سید			
-۰/۱۱		۱		سوم	
۰/۰۹		۲			
۰/۱۶		۳			
۰/۰۵		سید			
۰/۰۰۵		۱		چهارم	
-۰/۰۷		۲			
۰/۱۲		۳			
۰/۰۲		سید			

ادامه جدول (۹) نتایج دوره معامله در روش بر پایه رگرسیون					
بازده			جفت		دوره
۰/۱۹			۱		پنجم
-۰/۰۰۱			۲		
۰			۳		
۰/۰۶			سبد		
نسبت شارپ	سطح معناداری	آماره آزمون T	انحراف معیار	میانگین بازده	نگاه کلی
--	--	--	۰/۰۲۳۰	-۰/۰۸۱۱	شاخص
۱/۷۲۸۸	۰/۰۵۱۸	-۴/۰۲۱۸	۰/۰۳۵۴	۰/۰۶۵۲	سبد

در نظر گرفتن بازده بدون ریسک ۰/۶ درصد سالانه برای اوراق خزانه بدون کوپن ۱۲ ماهه که به طور نسبی، ۰/۴ درصد برای ۸ ماه محاسبه می شود و بازده متوسط حاصل از استراتژی معاملات جفتی در هر یک از الگوهای انتخاب، نسبت شارپ مطلوبی مشاهده می شود و به ترتیب، بیشترین پاداش ریسک را الگوی ۱، الگوی ۳ و الگوی ۲ به دست آورده اند؛ به عبارتی، سرمایه گذاری با استفاده از استراتژی های مذکور، سرمایه گذاری پر بازده و کم ریسکی محسوب می شود.

نتایج و پیشنهادها

سه الگوی ارائه شده برای انتخاب جفت دارایی در دوره شکل گیری و دوره معاملات برای شناسایی فرصت های آربیتراژ در ترکیب طبقات مختلف دارایی و برای تشکیل سبدهای از انواع طبقات دارایی در بازار اوراق بهادار ایران، سهام موجود در اس اند پی ۵۰۰ و بازار کالای ایران و امریکا، آزمون و اجرا شد. در نهایت، با استناد به مطالعات هاگ و افابو، کالداس و مورا [۴، ۱۱] و استفاده از بازده و پاداش ریسک به دست آمده از هر یک از روش ها، الگوهای موفق در شناسایی فرصت های آربیتراژ آماری، مقایسه و بهترین

در روش فاصله، با توجه به جدول ۷ دوره دوم و سوم بهترین بازده را کسب کرده اند. به علاوه، بین میانگین بازده شاخص و میانگین بازده سبد با توجه به فاصله زیاد سطح معناداری از مقدار ۰/۰۵ اختلاف وجود دارد و فرض برابری میانگین ها را می توان رد کرد که تأیید کننده تفاوت معنی دار بازده حاصل از استراتژی معاملات جفتی (بیش تر بودن) با بازده بازار است. با توجه به جدول ۸ دوره دوم، بهترین بازده و دوره سوم، کمترین بازده را کسب کرده است. همچنین ترکیبات دارایی که شامل کالا بوده اند، نتایج در خور توجهی به دست نیآورده اند. گفتنی است با در نظر گرفتن فاصله سطح معناداری از مقدار ۰/۰۵ فرض برابری میانگین ها را می توان رد کرد؛ اما در مقایسه با الگوی قبلی، تفاوت کمتری بین دو بازده وجود دارد. روش بر پایه رگرسیون خطی در جدول ۹، در دوره دوم، بهترین نتیجه و در دوره اول، بدترین نتیجه را به دست آورده است. به علاوه، ترکیبات دارایی شامل سهام بورس ایران، نتایج مطلوبی را ارائه کرده است. با توجه به فاصله سطح معناداری از مقدار ۰/۰۵ همانند روش های قبل، تفاوت معنی دار بین دو بازده موجود است. درباره نتایج نسبت شارپ، در جدول های ۷، ۸ و ۹ و با

همانند دوران ثبات بازار تبعیت نمی‌کند، استفاده از روش فاصله که بر مبنای حداقل اختلاف حرکت قیمت‌ها است، بهترین گزینه برای استراتژی معاملات جفتی است.

معاملات جفتی، یک استراتژی پرسود و بازار خنثی تعریف شده است؛ اما آن را بدون ریسک نمی‌توان تلقی کرد. یکی از ریسک‌های موجود در آن، ناشی از انتخاب نادرست جفت مدنظر است. با توجه به مطالعات ژانگ [۶، ۲۶]، رابطه سودآوری و اندازه آستانه به شرایط اقتصادی دوره شکل‌گیری مدنظر بستگی دارد. پس باید به این نکته توجه داشت که این نتیجه‌گیری با استناد به مطالعه موردی در یک دوره معین، محدود و نزولی از بازار اوراق بهادار ایران و با وجود بسیاری از محدودیت‌ها از قبیل نبود امکان فروش استقرایی و نبود امکان معاملات بین‌المللی در بازار سرمایه ایران و در نظر گرفتن نقدینگی طبقات دارایی، هزینه‌های معاملات و هزینه انبار کالای خریداری شده به‌علاوه بسیاری از فرضیات ساده‌ساز همانند در نظر گرفتن وزن یکسان برای هر دارایی در ورود به معامله حاصل می‌شود و به‌طور قطع، آن را به کل معاملات جفتی و همه دوران نمی‌توان تعمیم داد.

در پایان، چند پیشنهاد برای پژوهش‌های آینده مطرح می‌شود: از آنجایی که در بعضی موارد و دوره‌های زمانی امکان دارد یک معامله جفتی، بازده منفی تولید کند، استفاده از محدودیت‌هایی برای جلوگیری از ضرر بیشتر در یک معامله علاوه بر مفید بودن، نتایج حاصل را نیز می‌تواند دستخوش تغییرات مثبتی کند. به‌علاوه، به‌عنوان کارهای آینده در بازار ایران، این مقایسه را بین الگوهای انتخاب متنوع دیگری از قبیل زنجیره مارکوف گوسی بازگشت به میانگین، الگوی واسیسک و ... می‌توان آزمود و

آنها مشخص شد. برای پی‌بردن به وجود یا نبود تفاوت معنی‌دار بین بازده سبدهای منتخب و بازده بازار، نتایج آزمون آماری t دوطرفه بر سبدهای متشکل از جفت‌های منتخب با استفاده از الگوهای انتخاب بررسی شد که تفاوت معنی‌دار بین بازده‌ها را نشان می‌دهد. با توجه به بازده بازار، بازده‌های مطلوبی را ارائه داده‌اند که نتایج به‌دست آمده، اهداف پژوهش را تأیید می‌کند. با توجه به نتایج حاصل در متوسط بازده به‌زای هر الگو، الگوی فاصله، بهترین نتیجه را به دست آورد. الگوی ۳ و الگوی ۲ به ترتیب، بعد از الگوی فاصله، بیشترین بازده را کسب کرده‌اند. به‌علاوه، برای سنجش میزان پاداش ریسک هر یک از الگوهای انتخاب، نسبت شارپ برای سبدهای متشکل از جفت‌های منتخب محاسبه شد و با در نظر گرفتن نتایج، الگوی فاصله، بیشترین نسبت شارپ را نتیجه داد که نشان‌دهنده بیشترین پاداش ریسک (مطلوب‌ترین حالت) است. الگوی ۳ و الگوی ۲ به ترتیب، بیشترین نسبت شارپ و بیشترین پاداش ریسک را دارند؛ بنابراین الگوی فاصله را بهترین الگو برای اعمال استراتژی معاملات جفتی در بازار سرمایه ایران در ترکیب با بازار بین‌المللی و بازار کالا می‌توان دانست؛ همانگونه که مطالعات کالداس و مورا [۴]، الگوی فاصله را با کسب بازده ۱۰/۴۷ درصد سالانه، بهترین روش در بازار سرمایه آمریکا نشان داد و راد [۲۳] با کسب بازده ۰/۳۸ درصد ماهانه، روش فاصله را در بازار آمریکا، بهترین روش دانست. شاید این موضوع را به دوران رکود و نزولی بازار سرمایه ایران بتوان مرتبط دانست؛ به عبارتی، از آنجایی که در این دوران، بازار و قیمت‌ها براساس عرضه و تقاضای واقعی پیش نمی‌رود و بسیاری از دارایی‌ها از روابط منطقی مثل همبستگی، روابط علیت و یا خصوصیت بازگشت به میانگین

- rule. Yale School of Management Working Papers.
- [10] Gujarati, D. N. (2003). *Basic Econometrics*. 4th. New York: McGraw-Hill.
- [11] Haque, S. M. & Haque, A. (2014). Pairs trading strategy in dhaka stock exchange: Implementation and profitability analysis. *Asian Economic and Financial Review*. 4(8): pp: 1091-1105.
- [12] Huck, N. (2013). The high sensitivity of pairs trading returns. *Applied Economics Letters*. 20(14): pp: 1301-1304.
- [13] Huck, N. (2015). Pairs trading: does volatility timing matter? *Applied Economics*. 47(57): pp: 6239-6256.
- [14] Huck, N. & Afawubo, K. (2015). Pairs trading and selection methods: is cointegration superior? *Applied Economics*. 47(6): pp: 599-613.
- [15] Jacobs, H. & Weber, M. (2015). On the determinants of pairs trading profitability. *Journal of Financial Markets*. 23: pp: 75-97.
- [16] Jalilian, J. & Asgaripor, M. (2016). Designing and implementation of pair trading strategy software in Iran stock market. *Financial Management Strategy*. 3(4): pp: 107-123.
- [17] Krauss, C. (2016). Statistical arbitrage pairs trading strategies: Review and outlook. *Journal of Economic Surveys*.
- [18] Li, M.L., Chui, C.M., and Li, C.Q. (2014). Is pairs trading profitable on China AH-share markets? *Applied Economics Letters*. 21(16): pp: 1116-1121.
- [19] Narayan, P. K. & Smyth, R. (2007). Mean reversion versus random walk in G7 stock prices evidence from multiple trend break unit root tests. *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*. 17(2): pp: 152-166.
- [20] Pakizeh, K., Akhavan Ch, K., & Salehi, P. (2012). The application of pairs trading strategy in the gold coin futures market. in *9th International Conference on Industrial Engineering*. of Conference. Iran, Tehran.
- [21] Papadakis, G. & Wysocki, P. (2007). Pairs trading and accounting information. *Boston University and MIT Working Paper*.
- [22] Pizzutilo, F. (2013). A note on the effectiveness of pairs trading for individual investors. *International Journal of*
- در آخر، این الگوها به همراه فرضیه‌های ارائه شده با در نظر گرفتن سایر محدودیت‌های ذکر شده از جمله کارمزد، هزینه قرض گرفتن و... بررسی شود.
- ### منابع
- [1] Baronyan, S. R., Boduroğlu, İ. İ., & Şener, E. (2010). Investigation of stochastic pairs trading strategies under different volatility regimes. *The Manchester School*. 78(s1): pp: 114-134.
- [2] Berg, F. & Nordby, J. B. (2013). Return and risk exposure in pairs trading -evidence from the German equity market. *Copenhagen Business School-(MSc) Advanced Economics and Finance (Cand Oecon)*. pp: 217-575.
- [3] Broussard, J. P. & Vaihekoski, M. (2012). Profitability of pairs trading strategy in an illiquid market with multiple share classes. *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*. 22(5): pp: 1188-1201.
- [4] Caldas, B. B., Caldeira, J. F., & Moura, G. V. (2014). Is pairs trading performance sensitive to the methodologies?: A comparison. in *Anais do XLII Encontro Nacional de Economia [Proceedings of the 42nd Brazilian Economics Meeting]*. of Conference.: ANPEC-Associação Nacional dos Centros de Pósgraduação em Economia [Brazilian Association of Graduate Programs in Economics].
- [5] Do, B. & Faff, R. (2012). Are pairs trading profits robust to trading costs? *Journal of Financial Research*. 35(2): pp: 261-287.
- [6] Elliott, R. J., Van Der Hoek, J., & Malcolm, W. P. (2005). Pairs trading. *Quantitative Finance*. 5(3): pp: 271-276.
- [7] Fabozzi, F. J. & Markowitz, H. M. (2011). *Equity Valuation and Portfolio Management*. Vol. 199. John Wiley & Sons.
- [8] Gatev, E., Goetzmann, W. N., & Rouwenhorst, K. G. (2006). Pairs trading: Performance of a relative-value arbitrage rule. *Review of Financial Studies*. 19(3): pp: 797-827.
- [9] Goetzmann, W., Gatev, E. G., & Rouwenhorst, K. G. (1998). Pairs trading: Performance of a relative value arbitrage

- [25] Vidyamurthy, G.,(2004). *Pairs Trading: Quantitative Methods and Analysis*. Vol. 217. John Wiley & Sons.
- [26] Zhang, M. (2012). Research on modern implications of pairs trading. *Department of Statistics, University of California, Berkeley*.
- [27] Yan, R., Tourin, A., (2013). Dynamic pairs trading using the stochastic control approach. *Journal of Economic Dynamics & Control* 37. *Economics and Financial Issues*. 3(3): pp: 763-771.
- [23] Rad, H., Low, R. K. Y., & Faff, R. (2016). The profitability of pairs trading strategies: distance, cointegration and copula methods. *Quantitative Finance*. pp: 1-18.
- [24] Song, Q. & Zhang, Q.(2013). An optimal pairs-trading rule. *Automatica*. 49(10): pp: 3007-3014.

