بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده مهندسی صنایع و مدیریت

پایان نامه کارشناسی ارشد مدیریت کسب و کار

مقایسه عملکرد معاملات الگوریتمی با عملکرد استراتژی منفعلانه

نگارنده: صفورا محمدی

استاد راهنما:

دکتر سید مجتبی میرلوحی

استاد مشاور:

دکتر مجید عامری

بهمن ۹۸

به پاس تعبیر عظیم و انسانی‌شان از کلمه ایثار و ازخودگذشتگی

به پاس عاطفه سرشار و گرمای امیدبخش وجودشان که در این سردترین روزگاران بهترین پشتیبان است

به پاس قلب‌های بزرگشان که فریادرس است و سرگردانی و ترس در پناه شان به شجاعت می‌گراید

و به پاس محبت‌های بی‌دریغشان که هرگز فروکش نمی‌کند

این مجموعه را به پدر و مادر عزیزتر از جانم و همسر مهربانم که نشانه لطف الهی در زندگی من است، تقدیم می‌کنم.

به مصداق «من لم یشکر المخلوق لم یشکر الخالق» بسی شایسته است از زحمات و بردباری استاد فرهیخته و فرزانه جناب آقای دکتر میرلوحی که با کرامتی چون خورشید ، سرزمین دل را روشنی بخشیدند و گلشن سرای علم و دانش را با راهنمایی‌های کارساز و سازنده بارور ساختند ; تقدیر و تشکر ویژه نمایم.

تعهد نامه

اینجانب صفورا محمدی دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته مدیریت کسب و کار (MBA) دانشکده مهند سی صنایع و مدیریت دان شگاه صنعتی شاهرود نوی سنده پایان نامه مقای سه عملکرد معاملات الگوریتمی با عملکرد استراتژی منفعلانه تحت راهنمائی دکتر سید مجتبی میرلوحی متعهد می شوم.

- تحقیقات در این پایان‌نامه توسط این‌جانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است .
- در استفاده از نتایج پژوهش‌های محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است .
- مطالب مندرج در پایان‌نامه تاکنون توســـط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است .
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « Shahrood University of Technology» به چاپ خواهد رسید .
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دســت آمدن نتایج اصــلی پایان‌نامه تأثیرگذار بوده‌اند در مقالات مســتخرج از پایان‌نامه رعایت می‌گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان‌نامه ، در مواردی که از موجود زنده (یا یافته‌های آن‌ها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است .
- در کلیه مراحل انجام این پایان‌نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است .

تاریخ

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه های رایانه ای، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه شاهرود می باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

چکیده

امروزه با گسترش سیستم‌های اطلاعاتی و افزایش سهولت در معاملات آنلاین، سرعت معاملات در بازارهای مالی نیز افزایش یافته و طبیعت بازارهای مالی، تصمیم‌گیری برای اتخاذ موقعیت‌های خرید و یا فروش را برای معامله گران دشوار ساخته است. ازاین‌رو نیاز است تا داده‌های معاملاتی بورس با سرعت بالاتری تحلیل شوند و درنهایت به تصمیمی مناسب و سودآور تبدیل شوند. در حال حاضر یکی از برنامه‌های پیش روی سازمان بورس اوراق بهادار، راه‌اندازی و تو سعه معاملات الگوریتمی و معاملات با بسامد بالا است. سیستم معاملات زوجی نیز نوعی از معاملات الگوریتمی می‌باشد. این سیستم یکی از قدیمی‌ترین سیستم‌های معاملات الگوریتمی می‌باشد کارایی و سودآوری آن در بسیاری از پژوهش‌هایی که تاکنون در بازارهای مالی مختلف صورت گرفته است، اثبات و نشان داده شده است. مهم ترین اصل در معاملات زوجی وجود روابط تعادلی بلندمدت یا همان خاصیت بازگشت به میانگین است. در این پژوهش با محاسبه بازده حاصل از این استراتژی و بازده حاصل از استراتژی منفعل مبتنی بر شاخص و نسبت شارپ عملکرد معاملات زوجی را با رویکرد هم انباشتگی در بورس و اوراق بهادار تهران با عملکرد استراتژی منفعل مقایسه می‌کنیم. نتایج نشان می‌دهند که استفاده از این سیستم به عنوان یک سیستم معاملاتی خنثی نسبت به تغییرات و روندهای بازار، بازدهی چشمگیری نسبت به بازدهی سیستم مبتنی بر شاخص در مدت مشابه دارد.

واژه‌های کلیدی:

معاملات الگوریتمی، معاملات جفتی، استراتژی منفعل، بازگشت به میانگین

فهرست عناوین

صفحه

۱ فصل اول کلیات پژوهش ۱

۱.۱ مقدمه ۲

۲.۱ بیان مسئله ۲

۳.۱ اهداف تحقیق ۴

۴.۱ فرضیه‌های تحقیق ۵

۵.۱ جنبه‌های نوآوری تحقیق ۵

۶.۱ اهمیت و ضرورت تحقیق ۵

۷.۱ روش تحقیق ۷

۸.۱ جامعه آماری و نمونه ۸

۹.۱ تعریف واژگان کلیدی ۸

۱۰.۱ مروری بر فصول آینده ۹

۲ فصل دوم ادبیات پژوهش ۱۱

۱.۲ مقدمه ۱۲

۲.۲ گفتار اول: سرمایه‌گذاری و مدیریت پرتفوی ۱۳

۱.۲.۲ سرمایه‌گذاری ۱۳

۲.۲.۲ سرمایه‌گذاری در اوراق بهادار ۱۴

۳.۲.۲ مدیریت پرتفو ۱۴

۴.۲.۲ اهمیت مدیریت پرتفو ۱۷

۳.۲ گفتار دوم: استراتژی‌های مدیریت پرتفوی ۱۸

۱.۳.۲ استراتژی‌های منفعل در سرمایه‌گذاری ۱۹

۱.۱.۳.۲ استراتژی خرید و نگهداری ۲۰

۲.۱.۳.۲ صندوق‌های مبتنی بر شاخص ۲۰

۲.۳.۲ استراتژی‌های فعال در سرمایه‌گذاری ۲۲

۱.۲.۳.۲ گزینش اوراق بهادار ۲۳

۲.۲.۳.۲ چرخش بخشی ۲۶

۴.۲ گفتار سوم: معاملات الگوریتمی ۲۸

۱.۴.۲ آغاز معاملات الگوریتمی ۲۸

۲.۴.۲ مقدمه‌ای بر معاملات الگوریتمی ۳۰

۳.۴.۲ مزایا و معایب معاملات الگوریتمی ۳۳

۴.۴.۲ روند رشد معاملات الگوریتمی ۳۶

۵.۲ گفتار پنجم: معاملات جفتی ۳۸

۱.۵.۲ بازگشت به میانگین ۳۹

۲.۵.۲ فروش استقراضی ۴۳
۱.۲.۵.۲ ریسک‌های موجود در فروش استقراضی ۴۴
۳.۵.۲ سرمایه‌گذاری بازار خنثی ۴۵
۱.۳.۵.۲ آربیتراژ آماری ۴۷
۲.۳.۵.۲ ارتباط بازار خنثی به معاملات جفتی ۴۷
۴.۵.۲ ریسک‌های موجود در معاملات جفتی ۴۹
۵.۵.۲ مزایای معاملات جفتی ۴۹
۶.۲ پیشینه پژوهشی ۵۰
۷.۲ جمع‌بندی مرور مطالعات ۶۲
۳ فصل سوم روش‌شناسی پژوهش ۶۵
۱.۳ مقدمه ۶۶
۲.۳ معاملات جفتی ۶۷
۳.۳ جامعه آماری پژوهش ۶۷
۴.۳ هم انباشتگی ۶۸
۱.۴.۳ فرایند انتخاب جفت‌های معاملاتی – معرفی هم انباشتگی و تخصیص VECM ۷۱
۱.۱.۴.۳ پایایی ۷۲
۲.۱.۴.۳ تعریف هم انباشتگی ۷۲
۳.۱.۴.۳ روش آزمون دیکی فولر تعمیم‌یافته ۸۱
۴.۱.۴.۳ آزمون علیت گرنجر ۸۴
۵.۱.۴.۳ رویکرد آزمون یوهانسن برای هم انباشتگی ۸۷
۶.۱.۴.۳ مدل‌سازی فرایند ۹۰
۷.۱.۴.۳ مبحث شناسایی ۹۴
۸.۱.۴.۳ انتخاب طول وقفه بهینه: معیار اطلاعاتی آکائیکه ۹۹
۵.۳ دوره معاملات ۹۹
۶.۳ نسبت شارپ ۱۰۰
۷.۳ آزمون مقایسه میانگین t ۱۰۱
۸.۳ نتیجه‌گیری ۱۰۲
۴ فصل چهارم تجزیه و تحلیل داده‌ها ۱۰۳
۱.۴ مقدمه ۱۰۴
۲.۴ نحوه پیاده‌سازی مدل به صورت گام به گام ۱۰۴
۳.۴ تحلیل نتایج انتخاب جفت‌ها ۱۰۵
۱.۳.۴ آزمون دیکی فولر تعمیم‌یافته ۱۰۵
۲.۳.۴ آزمون علیت گرنجر ۱۱۳
۳.۳.۴ تخمین پارامترها استفاده از با VECM ۱۱۸

۴.۴ تحلیل نتایج دوره معامله و محاسبه بازده ۱۲۴
۵.۴ نسبت شارپ ۱۳۲
۶.۴ آزمون مقایسه میانگین t ۱۳۳
۷.۴ نتیجه گیری ۱۳۴

۵ فصل پنجم نتیجه گیری و پیشنهادات ۱۳۷

۱.۵ مقدمه ۱۳۸
۲.۵ خلاصه پژوهش ۱۳۸
۳.۵ نتیجه گیری ۱۳۸
۴.۵ محدودیت های پژوهش ۱۴۰
۵.۵ پیشنهادهایی برای پژوهش های آتی ۱۴۰

منابع و مراجع ۱۴۲

فهرست اشکال

صفحه

شکل ۲-۱ سهم معاملات الگوریتمی از حجم معاملات بازار (Morton Glantz, Robert Klssell) ۳۷
شکل ۴-۱ نمونه خروجی آزمون گرنجر از نرم‌افزار ایویوز ۱۱۳
شکل ۴-۲ خروجی تخمین ols از نرم‌افزار ۱۱۹

فهرست جداول

صفحه

جدول ۴-۱ خروجی دیکی فولر تعمیم‌یافته نرم‌افزار ایویوز..... ۱۰۵
جدول ۴-۲ خروجی آزمون یوهانسن و تعداد وقفه بهینه..... ۱۰۶
جدول ۴-۳ نتایج آزمون علیت..... ۱۱۴
جدول ۴-۴نتایج ضرایب هم انباشتگی از نرم‌افزار..... ۱۲۰
جدول ۴-۵ نتایج بازده شاخص و استراتژی جفتی از نرم‌افزار Excel..... ۱۲۵
جدول ۴-۶ نتایج نسبت شارپ..... ۱۳۳
جدول ۴-۷ نتایج آزمون t با استفاده از SPSS..... ۱۳۴
جدول ۴-۸ نتایج بازده و شارپ..... ۱۳۵
جدول ۵-۱ نتایج آزمون t..... ۱۳۹
جدول ۵-۲ سمجش میزان ریسک و بازده..... ۱۳۹

۱ فصل اول

کلیات پژوهش

۱.۱ مقدمه

یکی از موضوعات مهم در بازارهای مالی انتخاب روش است، که ضمن کسب حداکثر سود مناسب کم‌ترین ریسک ممکن را نتیجه دهد. یکی از این روش‌ها معاملات جفتی می‌باشد. معاملات جفتی از زمانی که بورس‌های اولیه راه‌اندازی شده‌اند، وجود داشته است و به عنوان پایه‌ای برای اکثر استراتژی های معاملات شناخته می‌شود. در این فصل به‌طورکلی مسئله تعریف می‌گردد و برای حل آن روشی نوین معرفی می‌گردد. سپس اهداف بیان می‌شود، آنگاه با توجه به اهداف بیان شده فرضیه‌هایی تعریف می‌گردد تا در طی پژوهش به بررسی آن‌ها پرداخته و در انتهای پژوهش درستی یا نادرستی آن‌ها پاسخ داده می‌شود. جنبه‌های نوآوری پژوهش در مراحل بعد توضیح داده می‌شود. سپس روش تحقیق استفاده شده مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرد. واژگان کلیدی به صورت عملیاتی تعریف می‌شوند و در انتها نیز ساختار کلی پژوهش بیان خواهد شد.

۲.۱ بیان مسئله

برنامه استراتژیک یک سرمایه‌گذار با در نظر گرفتن عوامل مختلفی همچون اهداف فردی، سطح تحمل ریسک، افق سرمایه‌گذاری و برآورد سرمایه‌گذار از توزیع بازده دارایی‌ها در میان سرمایه‌گذاری‌ها مختلف ا ست. ازاین‌رو به مجموعه‌ای از رفتارها، فرایندها و قوانین که سرمایه‌گذار را به سمت بهترین سرمایه‌گذاری هدایت می‌کند، استراتژی‌های سرمایه‌گذاری می‌گویند. محققین استراتژی‌های سرمایه‌گذاری را از دیدگاه‌ها و رویکردهای بسیار متنوعی دسته‌بندی نموده‌اند که هرکدام از این استراتژی‌ها به استراتژی‌های فرعی قابل‌تفکیک هستند که نتیجه این امر تأمین سلایق متنوع سرمایه‌گذاران در بازار سرمایه خواهد بود.

فرایند مدیریت پرتفوی با تعیین اهداف سرمایه‌گذاری شروع می‌گردد. گام بعدی استفاده از یک استراتژی تخصیص دارایی به‌منظور تعیین ترکیب بهینه دارایی‌ها است تا بهترین فرصت را برای کسب بالاترین بازده در سطح قابل‌قبول ریسک فراهم سازد. مرحله بعدی مدیریت پرتفوی سهام شامل استراتژی‌های مدیریت پرتفوی سهام در قالب دو رویکرد مدیریت پرتفوی فعال و منفعل است، که شامل تعیین و انتخاب تک‌تک و یا گروه‌هایی از سهام می‌باشد. آخرین مرحله از فرایند مدیریت پرتفوی، ارزیابی عملکرد است که به‌عنوان سازوکار بازخورد عمل خواهد نمود.

سرمایه‌گذاری منفعل را می‌توان یک استراتژی سرمایه‌گذاری دانست که یک شاخص یا پرتفوی با اوزان بازار را دنبال می‌کند (گیبسون، ۲۰۰۶). به‌عبارت‌دیگر این رویکرد محبوب‌ترین روش پیروی از عملکرد یک شاخص مبنا می‌باشد. هدف از این رویکرد تقلید از شاخص پایه است.

رویکرد مدیریت فعال به استراتژی مدیریت پرتفویی اشاره می‌کند که مدیر پرتفوی، سرمایه‌گذاری‌های مشخصی با هدف عملکردی بهتر از شاخص معیار انجام می‌دهد. در مدیریت منفعل سرمایه‌گذاران انتظار بازدهی تقریباً تکرارپذیر و نزدیک به شاخص معیار دارند؛ و اغلب این‌ها در صندوق‌های شاخصی سرمایه‌گذاری می‌کنند. در حالت ایده آل، مدیر فعال از ناکارآمدی بازار، یا خرید اوراق بهادار زیر ارزش یا فروش استقراضی اوراق بالای ارزش، استفاده می‌کند. مدیران فعال از فاکتورها و استراتژی‌های مختلفی برای ایجاد پرتفوی استفاده می‌کنند. هدف مدیریت فعال سهام، کسب بازدهی مازاد بر بازده پرتفوی شاخص مبنا به صورت خالص و پس از کسر هزینه‌های معاملات است.

معاملات الگوریتمی[۱] نیز یکی از معاملاتی است که استراتژی مدیریتی آن از نوع مدیریت فعال می‌باشد (کیسلو، ۲۰۱۲).

[۱] Algorithmic Trading

معاملات الگوریتمی به معنای اجرای ابزارهای مالی به‌صورت کامپیوتری است. این الگوریتم‌ها معاملات سهام، اوراق قرضه، ارز و حجم وسیعی از اوراق مشتقه را شامل می‌شوند. عصر جدید معاملات، این امکان را به سرمایه‌گذاران می‌دهد که معاملات را به‌صورت کارآمدتر و با هزینه‌های معاملاتی کمتر انجام دهند که درنتیجه باعث بهبود عملکرد پرتفوها می‌شود (سیدحسینی و احمدی، ۱۳۹۳). معاملات الگوریتمی انواع گوناگونی دارند که در این مطالعه نوع زوجی آن‌ها موردبررسی واقع شده است.

همان‌طور که گفته شد استفاده از الگوریتم‌ها مختص به معاملات سهام نیست اما این پژوهش بررسی الگوریتم‌ها در بازار معاملات سهام را موردنظر قرار داده است. به دلیل نبود تحقیقات و تجربه‌های کاربردی داخلی در زمینه معاملات الگوریتمی بامطالعه تجربیات کشورهایی که در زمینه معاملات الگوریتمی فعالیت بیشتر و گسترده‌تر داشته‌اند و با استناد به داده‌های گذشته سازمان بورس و اوراق بهادار تهران علت و دلایل برتری این استراتژی معاملاتی را نتیجه خواهیم گرفت. برای این امر ابتدا از سهم‌هایی با ویژگی‌های نقدشوندگی بالا و حجم معاملات قابل‌قبول انتخاب گردیدند و از هر صنعت قابلیت جفت شوندگی سهم‌های زیرگروه آن مورد بررسی قرار گرفت و سپس سهم‌هایی که با ویژگی های جفت شوندگی با استراتژی هم انباشتگی را داشتند وارد معامله گردیدند و سودآوری و میزان ریسک آن‌ها اندازه‌گیری شد و درنهایت با سودآوری و ریسک استراتژی شاخص مقایسه می‌گردد.

۳.۱ اهداف تحقیق

هدف این پژوهش مقایسه عملکرد معاملات جفتی با استراتژی منفعلانه می‌باشد.

۴.۱ فرضیه‌های تحقیق

در این تحقیق با توجه به اســـتفاده از نظریه‌های بازگشـــت به میانگین و بازار خنثی بودن معاملات جفتی، دو فرضیه اصلی به شرح زیر تعریف می‌نماییم:

استدلال: استراتژی معاملات جفتی را بازار خنثی می‌نامند. درواقع استراتژی بازار خنثی، حاصل این تفکر است که سودآوری استراتژی، مستقل از سطح قیمت‌ها و وابسته به حرکات نسبی قیمت‌های دارایی می‌باشد. درعین‌حال این استراتژی در بازارهای پرنوسان مثل ایران به دلیل بالا رفتن معاملات میزان معاملات نتیجه بهتری می‌دهد.

فرضیه : استراتژی معاملات جفتی در بازار ایران بازدهی بالاتر از بازده بازار ایجاد می‌کند.

۵.۱ جنبه‌های نوآوری تحقیق

مروری بر مطالعات پیشین و عدم وجود مقالات و پایان‌نامه‌های داخلی کاربردی مرتبط با مبحث معاملات الگوریتمی نشان می‌دهد که در راستای مقایسه این معاملات و استراتژی معاملاتی منفعلانه پژوهش و تحقیقی یافت نگردید.

۶.۱ اهمیت و ضرورت تحقیق

درگذشته سرمایه‌گذاران در جایگاه‌های مشخصی (تالارهای بورس) می‌نشستند و درحالی‌که جلوی رویشان تعدادی صفحه نمایش وجود داشت، به اطلاعاتی که دائماً در حال تغییر بود خیره می‌شدند. با پیگیری دستی تحلیل‌ها و الگوها که گاهی لازم می‌شد در کاغذ و با دست کشیده شوند، معامله گران به این نتیجه می‌رسیدند که چه وقت سفارش‌های خرید و فروش خود را در سامانه معاملاتی وارد کنند.

در حقیقت معامله گران الگوریتم‌های انتخاب سهام را درک می‌کردند ولی تمامی مراحل به صورت دستی انجام می‌شد. در حال حاضر این شیوه همچنان رایج است و کاربرد دارد و می‌توان گفت هنوز بخش قابل‌توجهی از معاملات با این روش انجام می‌شود، اما موارد زیر عواملی هستند که امکان خطا در تحلیل و تصمیم‌گیری را بیشتر نمایان می‌سازند:

- تغییرات بی‌درنگ اطلاعات بازار (نرخ معاملات در برخی بازارهای مالی بیش از صدها میلیون معامله در ثانیه است!)
- سرعت بسیار پایین پردازش اطلاعات با شیوه‌های رایج
- تکیه بر تجربه و دانش فردی معامله‌گر
- مداخله احساسات و تعصب معامله‌گر در تصمیمات
- استفاده از آزمون و خطا برای کسب تجربه
- ریسک بالای معاملات به دلیل عدم ساخت‌یافتگی استراتژی‌های معاملاتی
- محدود بودن تعداد پارامترها در معاملات

در سال‌های اخیر بازارهای مالی دست‌خوش تحولات گسترده‌ای در زمینه فناوری‌های کامپیوتری شده‌اند. سهم معاملات آنلاین به صورت نمایی رشد کرده و سرعت انجام معاملات در واحد زمان، به‌طور غیرقابل‌باوری در حال افزایش است.

فراخور این پیشرفت‌ها، معامله گران نیاز به ابزارها و روش‌های نوینی برای عکس‌العمل سریع به تغییرات لحظه‌ای بازارها داشتند.

کلیه این ابزارها و روش‌ها نهایتاً به اجرای هرچه هوشمندتر معاملات و استفاده بیشتر از قدرت پردازش کامپیوترها در خرید و فروش منجر می‌شود. معاملات هوشمند در بازارهای مالی دنیا با نام معاملات الگوریتمی شناخته می‌شود.

در حوزه معاملات الگوریتمی، انجام معامله به کامپیوتر و نرم‌افزار به طور مشخص به الگوریتم محول می‌گردد. " الگوریتم " توصیف‌کننده دنباله‌ای از گام‌ها برای انجام معاملات توسط کامپیوتر است. این الگوریتم‌ها معمولاً تلاش می‌کنند:

- الگوهایی را که در داده‌های بی‌درنگ بازار تکرار می‌شوند شناسایی کنند
- به این الگوها پاسخ دهند
- فرصت‌های معاملاتی را تشخیص دهند
- بر اساس این فرصت‌ها سفارش (خرید یا فروش سهام) دهند
- و نهایتاً این سفارش‌ها را مدیریت کنند

تمامی این مسائل ضرورت استفاده، کاربرد و شناخت بیشتر معاملات الگوریتمی را به منظور بازار اوراق بهادار کارآمدتر وجود می‌آورد.

۷.۱ روش تحقیق

مطالعه حاضر از نوع روش توصیفی – پس رویدادی است که بر مبنای هدف، یک پژوهش کاربردی می‌باشد. این پژوهش می‌تواند مورد استفاده سرمایه‌گذاران و نهاده های سرمایه‌گذاری قرار گیرد که از این منظر پژوهشی کاربردی محسوب می‌گردد. با استفاده از منابع کتابخانه‌ای ابتدا اطلاعاتی درباره مباحث معاملات جفتی، آزمون دیکی فولر تعمیم‌یافته، آزمون علیت گرنجری که زیرمجموعه روش هم انباشتگی برای شناسایی جفت‌های مناسب است، گردآوری می‌گردد. در ادامه نحوه انتخاب سهام با استفاده از روش هم انباشتگی در استراتژی جفتی در دوره شکل‌گیری مورد بررسی قرار می‌گیرد.

سپس نحوه انجام معاملات در دوره معامله بیان می‌شود. در انتها بازده در هر دو روش محاسبه می‌گردد و بین آن‌ها مقایسه صورت می‌گیرد.

معادلات ریاضی مربوط به مدل مطرح شده و محاسبات مربوط به بازدهی پرتفوی به‌دست‌آمده با بهره‌گیری از نرم‌افزارهای اکسل و آزمون‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار ایویوز [۹] اجرا گردیده‌اند.

۸.۱ جامعه آماری و نمونه

در این پژوهش از داده‌های قیمت سهام شرکت‌های بازار بورس اوراق بهادار تهران در فاصله زمانی فروردین ۱۳۹۱ تا پایان اسفند سال ۱۳۹۶ استفاده می شود. برای قیمت سهام از نرم‌افزار تی اس ای کلاینت[۲] استفاده گردیده است.

۹.۱ تعریف واژگان کلیدی

معاملات الگوریتمی[۳]: معاملات الگوریتمی یک شیوه ای از اجرای سفارش‌ها با استفاده دستورالعمل‌های معاملاتی خودکار از پیش برنامه‌ریزی شده است که متغیرهایی مانند زمان و قیمت و حجم را حساب می‌کند.

معاملات جفتی[۴]: معاملات جفتی، استراتژی معامله هم‌زمان دارایی‌های مالی، یکی به صورت خرید و دیگری به صورت فروش استقراضی می‌باشد. این معاملات به دنبال تولید بازده ثابت و قابل‌توجه در عین کنترل ریسک از طریق کم کردن همبستگی نسبت به بازار می‌باشد.

---

[۲] TSE Client

[۳] Algorithmic trading

[۴] Pairs Tradin

استراتژی منفعل[۵]: یک استراتژی سرمایه‌گذاری که سعی دارد بازده را با کاهش هزینه‌های خرید و فروش حداکثر نماید. سرمایه‌گذاری در شاخص یکی از رایج‌ترین استراتژی‌ها سرمایه‌گذاری‌اش می باشد. که نقطه مقابل استراتژی منفعل استراتژی فعال هست.

بازگشت به میانگین[۶]: یک مل قیمت‌گذاری، زمانی بازگشت به میانگین ا ست، که قیمت دارایی‌ها در آن پس از رسیدن به حداکثر (حداقل)، کاهش (افزایش) یابد (نارایان و پراساد، ۲۰۰۷).

۱۰.۱ مروری بر فصول آینده

در فصل اول، به کلیات تحقیق، اهداف تحقیق، فرضیه‌ها و جامعه آماری پرداخته شده است.

در فصل دوم، به مرور ادبیات معاملات جفتی و مدل های مختلف برای انتخاب جفت های دارایی پرداخته می‌شود و پژوهش های انجام شده در این زمینه مرور می‌گردد.

در ف صل سوم، به‌طور کامل و جامع مفهوم آربیتراژ آماری و معاملات جفتی معرفی می شود. در ادامه مدل آن شرح داده می شود و روش پیاده سازی مدل در بازارهای مالی به‌طور کامل موردبحث واقع می شود.

در فصل چهارم، به اجرای مدل تحت استفاده از روش انتخاب جفت دارایی مورد معامله پرداخته می شود. در ادامه، پارامترهای مدل، برآورد و جفت‌های تشکیل‌دهنده پرتفو به دست خواهد آمد. بازده محاسبه می‌گردد و با بازده بازار مقایسه می‌شود.

---

[۵] Passive Strategy

[۶] Mean Reversion

در فصـــل پنجم، پس از اعلام نتایج اجرای مدل در بورس اوراق بهادار محدودیت‌های پژوهش بیان می شود. و در آخر نیز پیشنهادهایی برای پژوهش‌های آتی ارائه می‌گردد.

۲ فصل دوم

ادبیات پژوهش

۱.۲ مقدمه

تاکنون تحقیقات گسترده‌ای پیرامون استراتژی‌های مختلف سرمایه‌گذاری و مدل‌های انتخاب سبد بهینه سهام در سراسر جهان صورت گرفته است. هدف اصلی محققین و متخصصین مالی از این مطالعات، فراهم آوردن اطلاعات برای سرمایه‌گذاران، خصوصاً سرمایه‌گذاران غیرمتخصص و آماده‌سازی ایشان برای سرمایه‌گذاری می‌باشد. برای هر نوع سرمایه‌گذاری، آشنایی با مفاهیم و اصول بنیادین موضوع سرمایه‌گذاری ضروری است. در بازار سهام که موضوع سرمایه‌گذاری سهام شرکت‌ها ست، سرمایه‌گذاران می‌بایست ضمن آشنایی با شرایط و احکام کلی حاکم بر بازار و عوامل مؤثر بر قیمت سهام، از دو متغیر ریسک و بازده که عوامل تعیین‌کننده انتخاب و خرید سهم هستند نیز، درکی صحیح داشته باشند. این امر در کنار آشنایی با مدل‌های انتخاب سبد بهینه، به دست آوردن سبد سهامی که بالاترین نرخ بازده مورد انتظار را در هر سطحی از ریسک ایجاد می‌کند، میسر می‌سازد. در این راستا پژوهش حاضر به دنبال معرفی استراتژی معاملات الگوریتمی با رویکرد خاص به معاملات جفتی می‌باشد.

در این فصل ابتدا پیشینه نظری و سپس پیشینه پژوهشی مبحث ارائه می‌گردد.

مطالب در قسمت پیشینه نظری در چندین گفتار ارائه می‌گردد که گفتار اول مربوط به سرمایه‌گذاری و مدیریت پرتفوی می‌باشد و گفتار دوم استراتژی‌های سرمایه‌گذاری و به همین ترتیب گفتارهای بعد مباحث معاملات الگوریتمی و معاملات جفتی را شامل می‌شوند.

در پیشینه پژوهشی به تحقیقات و پژوهش‌های محققین دیگر در زمینه مربوطه پرداخته می‌شود.

۲.۲ گفتار اول: سرمایه‌گذاری و مدیریت پرتفوی

۱.۲.۲ سرمایه‌گذاری

سرمایه‌گذاری به‌طورکلی به معنای صرف‌نظر کردن عایدات امروز به امید دریافت عایدات بیشتر در آینده است. دو ویژگی عمومی زمان و ریسک در آن وجود دارد.

بیان فرآیند سرمایه‌گذاری در یک حالت منسجم، مستلزم تجزیه تحلیل ماهیت اصلی تصمیمات سرمایه‌گذاری ا ست. در این حالت فعالیت‌های مربوط به فرآیند سرمایه‌گذاری که روی ت صمیم‌گیری آن‌ها تأثیر می‌گذارد موردبررسی قرار می‌گیرد؛ بنابراین سرمایه‌گذاری مستلزم مدیریت ثروت سرمایه‌گذاران است. این ثروت شامل مجموع درآمد فعلی و ارزش فعلی درآمدهای آتی است. سرمایه‌گذاری در واقع یک نوع واگذاری پول است که انتظار می‌رود پول اضافی به دنبال داشته باشد. هر سرمایه‌گذاری یک درجه‌ای از ریسک را در بردارد که مستلزم از دست دادن آن پول در زمان حال برای به دست آوردن منافع نامطمئن آتی است. بازده در حقیقت منفعت خالص حاصل از سرمایه‌گذاری است.

سرمایه‌گذاری عبارت است از تبدیل وجوه مالی به یک یا چند نوع دارایی دیگر که با هدف به دست آوردن سود برای مدتی در زمان آینده نگهداری خواهد شد. به‌بیان‌دیگر منظور از سرمایه‌گذاری صرف‌نظر از هزینه کردن پول یا دیگر منابع مالی در زمان حال به همراه پذیرفتن ری سک م شخص یا نام شخص برای ک سب سود در آینده می‌با شد. مهم‌ترین هدف سرمایه‌گذاری ک سب سود و کاهش هزینه‌های فر صت می‌با شد. به این معنی که ممکن ا ست فرد پول مازاد راکدی دا شته با شد که بتواند آن را در محلی برای سرمایه‌گذاری و کسب سود به کار گیرد اما به علت عدم آگاهی آن فرصت کسب سود را از دست می‌دهد. سرمایه‌گذاری می‌تواند در دارایی‌های مالی و دارایی‌های واقعی انجام شود. سرمایه‌گذاری به معنای خرید سهام معمولاً با دو دیدگاه انجام می‌شود که به‌صورت ذیل بیان می‌شود.

۱. بهره بردن از افزایش قیمت سهام به معنی اینکه سهمی را با قیمتی بخریم و با قیمت بالاتر بفروشیم.

۲. سرمایه‌گذاری برای بهره بردن از سود سالیانه سهم.

کارشناسان اقتصادی حتی در بهترین حالت خرید تنها یک سهم را توصیه نمی‌کنند و همواره پیشنهاد خرید چند نوع مختلف سهم را می‌دهند. به منظور کاهش ریسک توصیه سبد متنوع از سهم صنایع مختلف را دارند.

۲.۲.۲ سرمایه‌گذاری در اوراق بهادار

فرآیند سرمایه‌گذاری فعالیت‌هایی است که سرانجام آن‌ها خریدن دارایی واقعی و یا اوراق بهادار است. برای یک سرمایه‌گذاری صحیح در اوراق بهادار معمولاً دو مرحله کلی پیشنهاد می‌گردد؛ نخست تجزیه تحلیل اوراق بهادار و سپس مدیریت پرتفو.

منظور از مرحله اول شناخت و ارزیابی اوراق بهادار است یعنی، دانستن اینکه قیمت واقعی بازدهی ریسک و کیفیت هر ورقه بهادار چگونه است. در مرحله دوم سرمایه‌گذاری و مدیریت آن سعی در کاهش ریسک و افزایش بازدهی می‌نماید.

مرحله اول: شناخت و ارزیابی اوراق بهادار، مرحله دوم: تشکیل سبد سرمایه‌گذاری و مدیریت ریسک آخرین گام در فرآیند سرمایه‌گذاری انتخاب مجموعه‌ای از اوراق بهادار است که از دیدگاه سرمایه‌گذار دارای بازده و ریسک قابل‌قبول باشد. بدیهی است که اگر او تمام سرمایه خود را تنها در یک نوع اوراق بهادار سرمایه‌گذاری کند کاری پرمخاطره انجام داده است. تنوع بخشیدن به دارایی‌ها و خریدن انواع مختلف اوراق بهادار باعث خواهد شد که ریسک بیش‌تر کاهش یابد؛ بنابراین باید قواعد حاکم بر مجموعه اوراق بهادار را درک کرد و در این راه گام‌های مؤثر برداشت.

۳.۲.۲ مدیریت پرتفو

لغت پرتفولیو یا پرتفو، در عبارت ساده، به ترکیبی از دارایی‌ها گفته می‌شود که توسط یک سرمایه‌گذار برای سرمایه‌گذاری تشکیل می شود. این سرمایه‌گذار می‌تواند یک فرد یا یک مؤسسه باشد. از نظر تکنیکی، یک پرتفوی دربرگیرنده مجموعه‌ای از دارایی‌های واقعی و مالی سرمایه‌گذاری شده توسط یک سرمایه‌گذار است. یکی از اجزای فرایند تصمیم‌گیری، مدیریت پرتفوی می‌باشد. مطالعه تمام جنبه‌های پرتفوی، مدیریت پرتفوی نام دارد. این رویکرد را شاید بتوان در مراحل پس از تجزیه‌وتحلیل

اوراق بهادار قرارداد. قبل از اقدام هرگونه خرید و فروش اوراق بهادار، باید سیاست سرمایه‌گذاری، محدودیت‌های مربوط به سطح بازده مورد انتظار، میزان تحمل ریسک و سایر محدودیت‌هایی که تحت آن شرایط بایستی پرتفوی تشکیل گردد را تعیین نمود. تعیین ملاک‌های فوق توسط سرمایه‌گذار، قبل از انتخاب سهام و یا تعیین ترکیب پرتفوی بهینه (کارا) ضروری است. نخستین بار مارکوئیتز مفهوم پرتفوی کارا را مطرح نمود. پرتفوی کارا به معنای ترکیب مطلوب اوراق بهادار به نحوی است که ریسک آن پرتفوی در ازای نرخ بازده معین به حداقل رسیده باشد. سرمایه‌گذاران می‌توانند از طریق مشخص کردن نرخ بازده مورد انتظار پرتفوی و حداقل کردن ریسک پرتفوی در این سطح بازده، پرتفوی کارا را مشخص نمایند

سرمایه‌گذاران منطقی به دنبال پرتفوهای کارا هستند، زیرا این‌گونه پرتفوها باعث حداکثر شدن بازده مورد انتظار برای سطح معینی از ریسک یا حداقل ریسک برای بازده مورد انتظار معینی می‌شود.

متخصصین سرمایه‌گذاری دریک نگرش کلی معمولاً یک رویه سه مرحله‌ای را برای فرایند مدیریت پرتفوی پیشنهاد می‌نمایند:

۱. یادگیری اصول اساسی مالی؛
۲. ایجاد پرتفوی؛
۳. مدیریت و حفاظت پرتفوی

۱. یادگیری اصول اساسی مالی

بدون یادگیری این اصول، نمی‌توان پرتفوی مؤثری را تشکیل داد. دو مفهوم کلیدی در ادبیات مالی، به زبان ساده عبارت‌اند از

۱. ارزش یک ریال امروز، بیشتر از ارزش یک ریال فردا است؛
۲. یک ریال مطمئن، باارزش‌تر از یک ریال تا مطمئن است.

2. ایجاد پرتفوی سهام

بعد از یادگیری اصول اساسی مالی، قدم بعدی ایجاد پرتفوی است؛ بدین منظور باید با عناصر و مفاهیم «تئوری بازار سرمایه» آشنا شد و روابط ریاضی به‌کاررفته در نظریه پرتفوی را آموخت. همچنین بایستی با مفاهیم ریسک و بازدهی پرتفوی و تنوع‌بخشی آشنا شد. بعد از توضیح مفاهیم مربوط به پرتفوی، در اینجا به طبقه‌بندی که در مورد پرتفوها به وجود آمده است اشاره می‌کنیم.

1. پرتفوی شکیبا

این نوع سرمایه‌گذاری در سهام بسیار مشهورتر از سایر روش‌ها است. بیشترین پرداختی افراد را در برمی‌گیرد و کاندیدای اصلی برای خرید و نگهداری برای بلندمدت، شاید برای همیشه است. اکثریت سهام در این پرتفوی را شرکت‌هایی با رشد کلاسیک ارائه می‌کنند، ازاین‌رو دریافت منافع بالا به‌طور مرتب صرف‌نظر از شرایط اقتصادی دور از انتظار نیست.

۲. پرتفوی جسورانه (فعال)

این پرتفوی در سهام گران سرمایه‌گذاری می‌کند (برحسب اندازه‌هایی از نسبت قیمت به سود) که پاداش‌هایی بزرگ‌تر اما با ریسک بیشتر را پیشنهاد می‌کند. این پرتفوی سهام شرکت‌هایی با رشد سریع و اندازه‌های متفاوت را گردآوری می‌کند که انتظار دریافت سریع رشد عواید سالیانه را در چند سال نزدیک در آینده را دارند. به همین علت بسیاری از این سهام در طرف سهام متغیر (با درآمد متغیر) قرار دارند، این پرتفو فهرستی شبیه به تجربه حجم معاملات بزرگ در طی زمان است که به‌عنوان برنده‌ها و بازنده‌ها ظهور پیدا می‌کنند.

۳. پرتفوی محافظه‌کارانه

سهامی با دورنمایی در عواید، به‌علاوه رشد منافع و ثبات در پیشینه سود تقسیمی را انتخاب می‌کنند. تئوری بازار سرمایه بر مبنای تئوری پرتفوی مارکوئیتز استوار است و فرض می‌شود هر سرمایه‌گذاری طبق مدل مارکوئیتز سعی در تنوع بخشیدن پرتفوی خود دارد و با توجه به ترجیحات ریسک و بازده خود، جایی را برای مرز کارایی انتخاب می‌کند.

۳. مدیریت و حفاظت از پرتفوی

پس از تشـــکیل پرتفوی، نمی‌توان آن را به حال خود رها کرد. شـــرایط تغییر می‌نماید و بدین منظور بایستی یک طرح بازی، به‌منظور بروز نمایی پرتفوی طراحی نمود و همیشه اهداف موردنظر در پرتفوی را اصـــلاح کرد. هر پرتفوی می‌تواند به‌صـــورت فعال و یا غیرفعال اداره شـــود. همچنین مدیران پرتفوی بایســـتی با اصـــول قیمت‌گذاری اوراق بهادار (حق اختیار معامله اوراق مشـــتقه و ...) آشـــنا شـــوند. آن‌ها همچنین بایســـتی شـــیوه‌های ارزیابی عملکرد پرتفوی را بیاموزند. آنچه در بالا بیان گردید فرآیند مدیریت پرتفوی را به صـــورت کلی نشـــان می‌دهد و به‌منظور ارائه یک چهارچوب نظری به کار می‌رود. بدین منظور محققین رویکردهای دیگری را نیز در فرآیند مدیریت ارائه می‌نمایند که کاربردی‌تر می باشد.

این فرآیند با تعیین اهداف سرمایه‌گذاری شروع می‌گردد. در این مرحله با استفاده از صورت خلاصه سرمایه‌گذاری، بازده هدف و حد تحمل ریسک سرمایه‌گذاری تعیین می‌شود. قدم بعدی تعیین ترکیب دارایی‌هایی است که بهترین فرصت را برای کسب بازده در سطح قابل‌تحمل ریسک فراهم می‌سازد. این مرحله، استراتژی تخصیص دارایی نامیده می‌شود که شامل تغییر ترکیب دارایی‌ها در طول زمان به منظور افزایش فرصت کسب بازده می‌باشد. مراحل بعدی مدیریت پرتفوی سهام شامل استراتژی‌های مدیریت پرتفوی (استراتژی‌های فعال و انفعالی) و انتخاب سهام می‌باشد که شامل تعیین و انتخاب تک‌به‌تک و یا گروه‌هایی از سهام می‌باشد.

آخرین مرحله از فرآیند مدیریت پرتفوی ارزیابی عملکرد اســـت که به‌عنوان مکانیســـم بازخورد عمل خواهد نمود.

۴.۲.۲ اهمیت مدیریت پرتفو

مدیریت پرتفوی یکی از بحرانی و حیاتی‌ترین ســـناریوهای چالش‌برانگیز در مدیریت مالی اســـت که بر طبق آن بهترین عملکرد مورد انتظار از سبد اوراق بهادار به د ست می‌آید. اهمیت به‌کارگیری مدیریت سبد اوراق بهادار تا آنجا است که می‌تواند یک مزیت نسبی را برای شرکت‌های سرمایه‌گذاری در جذب منابع سرمایه‌گذاری و افزایش رتبه مقایسه‌ای در میان سایر رقبا به وجود آورده و یا با عملکرد ضعیف

در انتخاب و اجرای طرح‌های سرمایه‌گذاری موجب کاهش سطح کارایی و اثربخشی در پرتفوی سرمایه‌گذاری شرکت شود. تئوری‌های سرمایه‌گذاری در چند دهه اخیر از پیشرفت‌های شایانی برخوردار است و در سیر تاریخ تا به امروز خود به فرمول‌های کاربردی زیادی دست‌یافته است. گفته می‌شود تجارت و سرمایه‌گذاری نیز از نظریه شتاب تاریخ تبعیت می‌کند به این معنی که حجم تجارت و سرمایه‌گذاری در قرن بیستم از گسترش خاصی پیروی نموده و به‌سرعت نیز در حال افزایش است. بی‌هیچ تردیدی کاربرد فناوری‌های موجود و تغییرات آتی در آن در آینده‌ای نه چندان دور به سرعت و حجم و نحوه کاربرد تجارت تأثیری شگرف خواهد گذاشت. این تغییرات موجب شده است تا معیارهای متفاوتی برای اتخاذ تصمیم توسط سرمایه‌گذار در مقایسه با دوره‌های گذشته به کار گرفته شود.

تا سال‌های اولیه قرن بیستم سرمایه‌گذاران جهت اخذ تصمیم در فرآیند سرمایه‌گذاری از نسبت‌های بازده سرمایه‌گذاری (ROI) استفاده می‌کردند. اگرچه این نسبت‌ها کاربرد زیادی داشتند لیکن مفاهیم ارزش زمانی پول در ریسک سرمایه‌گذاری را نادیده می‌گرفتند. از دهه ۱۹۲۰ مفهوم ارزش زمانی پول با استفاده از روش تنزیلی وارد حوزه ادبیات مالی و سرمایه‌گذاری شد. این روش‌ها تحولی قابل‌توجه را در انتخاب طرح‌های سرمایه‌گذاری به وجود آوردند. لیکن همچنان رفتار متفاوت سرمایه‌گذاران در برخورد با ریسک نادیده گرفته می‌شود درواقع با وجوداینکه مطلوب است پول تا حدودی به تکامل معیارهای انتخاب کمک نموده باشد لیکن هنوز از جامعیت کافی برخوردار نبود.

۳.۲ گفتار دوم: استراتژی‌های مدیریت پرتفوی

استراتژی‌های مدیریت پرتفوی را می‌توان در دو مقوله کلی سهام و اوراق قرضه بررسی نمود. با توجه به کاربرد فراوان این استراتژی‌ها در مدیریت پرتفوی سهام و همچنین نبود اوراق قرضه در بازار سرمایه ایران در تحقیق حاضر به بررسی استراتژی‌های سرمایه‌گذاری در سهام خواهیم پرداخت. استراتژی‌های مدیریت پرتفوی سهام به‌طورکلی در دو دسته فعال و منفعل قرار می‌گیرند. درصورتی‌که بازدهی تعدیل شده با ریسک گروهی از سهام با یک ویژگی و گروه دیگری از سهام با ویژگی دیگر برابر باشد، بازار کارآ است وگرنه بازار کارآ نیست. انتخاب نوع استراتژی هم به نوع بازار بستگی دارد. در بازار کارآ که اکثر اطلاعات اثر خود را بر قیمت سهام گذاشته است، جستجو برای سهام زیر قیمت کار بیهوده‌ای

است و باید منفعل بود؛ اما در بازار ناکارآ که اطلاعات شفاف نبوده و اثر خود را بر قیمت نگذاشته و می توان اطلاعات بیشتری به دست آورد، باید فعال بود و سهام زیر قیمت را خرید.

۱.۳.۲ استراتژی‌های منفعل در سرمایه‌گذاری

مدیریت انفعالی یا ا ستراتژی منفعل، ا ستراتژی خرید و نگهداری بلندمدت می‌با شد، در این ا ستراتژی معمولاً بازده یک شـاخص معین در طی زمان دنبال می‌شـود. بازدهی تعدیل‌شـده با ریسـک عبارت از بازدهی سهام در یک دوره تقسیم بر انحراف معیار سهام در همان دوره ا ست. ا ستراتژی‌های منفعلانه به دنبال کسب بازدهی بالاتر از بازده بازار نبوده و به بازده بازار رضایت می‌دهند، به‌عبارت‌دیگر به دلیل عدم پیش‌بینی، هدف آن نزدیک کردن بازده به شاخص مبنا می‌باشد. در استراتژی‌های منفعلانه تأکید بر حداقل کردن هزینه معاملات و زمانی ا ست که صرف مدیریت پرتفوی می شود؛ برای این‌که هرگونه مزایای مورد انتظار از معامله یا تحلیل فعالانه، احتمالاً کمتر از هزینه‌ها خواهد بود. سـرمایه‌گذارانی که از استراتژی‌های منفعلانه تبعیت می‌کنند بر این تصورند که بازار کارآ است و درنتیجه برآوردهای کلی ریســـک و بازده را پذیرفته و قبول می‌کنند که قیمت فعلی بازار بهترین برآورد از ارزش اوراق بهادار است (تهرانی و نوربخش، ۱۳۸۸، ۳۳۵).

اســـتراتژی اســـت که ورودی آن پیش‌بینی حداقلی اســـت و در عوض برای تطبیق با عملکرد برخی از شاخص‌های بازار به تنوع متکی ا ست. ا ستراتژی منفعل فرض می‌کند که بازار همه اطلاعات موجود را در قیمت پرداخت‌شده برای سهام منعکس خواهد کرد. سرمایه‌گذار در خصوص پرتفوی سهام خود می تواند از اســـتراتژی خرید و نگهداری تبعیت نماید. روش دیگر به‌کارگیری مؤثر اســـتراتژی منفعلانه در خصوص سهام عادی، سرمایه‌گذاری در پرتفوهای مبتنی بر شاخص ا ست (تهرانی و نوربخش، ۱۳۸۸، ۳۳۵).

ا ستراتژی‌های انفعالی به‌جای تأکید بر به د ست آوردن بازده ا ضافی موقت از تغییرات بازار، بر عملکرد بلندمدت یک بخش خاص از بازار سرمایه متمرکز می‌شوند؛ به‌عبارت‌دیگر پرتفوی انفعالی پرتفوی است که به دلیل عدم توانایی پیش‌بینی، نگهداری می‌شود. هدف پرتفوی انفعالی تا حد ممکن نزدیک کردن بازده پرتفوی به شاخص موردنظر که آن را شاخص مبنا می‌نامند، می‌با شد. دو نوع ا ستراتژی انفعالی وجود دارد:

استراتژی خرید و نگهداری

صندوق‌های مبتنی بر شاخص

۱.۱.۳.۲ استراتژی خرید و نگهداری

استراتژی خرید و نگهداری دقیقاً به معنای خرید سهام و نگهداری آن تا زمان خاصی، به منظور دست یابی به اهداف موردنظر است. هدف از این استراتژی پرهیز از هزینه معاملات، هزینه‌های مربوط به جستجوی سهام جدید و ... است. سرمایه‌گذارانی که از این استراتژی استفاده می‌کنند بر این عقیده‌اند که این استراتژی در بلندمدت باعث مزایایی خواهد شد که ضرورت به‌کارگیری مدیریت فعال سهام را که در آن سرمایه‌گذار همواره برای یافتن سهام رضایت‌بخش در حال خرید و فروش مداوم سهام است، از بین خواهد برد. به این دلیل که خرید و فروش پیاپی باعث افزایش هزینه معاملات و بروز ا شتباهات اجتناب‌ناپذیر می‌شود (تهرانی و نوربخش، ۱۳۸۸، ۳۳۶).

۲.۱.۳.۲ صندوق‌های مبتنی بر شاخص

افزایش تعداد صندوق‌های مشترک سرمایه‌گذاری و صندوق‌های بازنشستگی را می‌توان به‌عنوان جلوه‌ای از سرمایه‌گذاری منفعلانه سهام تلقی کرد. این صندوق‌ها به نحوی طراحی می شوند که بازده آن‌ها مبتنی بر شاخص بازار سهام باشد. درنتیجه عملکرد این صندوق‌ها انعکاسی از شاخص بازار است. صندوق مبتنی بر شاخص سهام می‌تواند دربرگیرنده متوسط عملکرد بازار سهام از قبیل شاخص S&P۵۰۰ با شد. در این حالت تلا شی برای تعیین روندهای بازار، شنا سایی سهامی که ارزش آن‌ها پایین‌تر از ارزش ذاتی شان تعیین شده ا ست و سپس ت صمیم‌گیری بر ا ساس آن روندها صورت نمی گیرد. به همین دلیل هزینه‌هایی از قبیل، هزینه‌های انتخاب سهام (تجزیه‌وتحلیل)، حقوق و دستمزد مدیران پرتفوی و کارمزدهای کارگزاری به حداقل می‌رسد، صندوق‌های مبتنی بر شاخص با به‌کارگیری تعداد کارکنان اندکی، به شکل کارایی قابل اداره هستند. به‌عنوان‌مثال شرکت‌های سرمایه‌گذاری گروه ونگارد اقدام به عرضه شاخص‌های ونگارد که متشکل از کلیه سهام عادی است، نموده تا سرمایه‌گذاران بتوانند با صرف هزینه کمتر از مزیت تأثیر کل بازار استفاده نمایند. نمونه‌ای از این شاخص‌ها عبارت‌اند از:

شاخص پرتفوی ۵۰۰ سهام، متشکل از سهام منتخب؛

شاخص پرتفوی توسعه‌یافته بازار، شامل نمونه‌هایی انتخاب‌شده از شاخص ۴۵۰۰ سهام ویلشایر و سهام مربوط به شرکت‌هایی با سرمایه متوسط و کم؛

شاخص پرتفوی کل بازار سهام، به منظور مطابقت با عملکرد کلیه سهامی که در ایالات متحده به صورت عمومی عرضه شده‌اند (تقریباً ۷۰۰۰ سهام)؛

شاخص پرتفوی مربوط به سهام شرکت‌هایی با سرمایه پایین به منظور مطابقت با عملکرد شاخص ۲۰۰۰ راسل، متشکل از ۲۰۰۰ سهام مربوط به شرکت‌هایی با سرمایه پایین؛

شاخص پرتفوی ارزشی که به دنبال مطابقت عملکرد سرمایه‌گذاری شاخص ارزشی S&P/BARA که شامل سهام منتخب از شاخص S&P۵۰۰ است و نسبت قیمت بازار به ارزش دفتری آن‌ها کمتر از نسبت متوسط است؛

شاخص پرتفوی رشدی، به‌منظور مطابقت با عملکرد سرمایه‌گذاری با شاخص رشدی S&P500/BARA که نسبت قیمت بازار به ارزش دفتری سهام انتخاب شده بیشتر از نسبت متوسط است؛

شاخص پرتفوی بین‌المللی که سهام مربوط به ۳۱ کشور، اعم از اروپایی و درحال‌توسعه را پوشش می دهد و شامل ۱۵۰۰ سهام است (تهرانی و نوربخش، ۳۳۷، ۱۳۸۸).

هیچ‌یک از شاخص‌های فوق دارای هزینه فروش و یا هزینه‌های خروج از بازار نیستند. کل هزینه‌های عملیاتی سالیانه برخی از این صندوق‌ها در حدود ۰,۲۰ درصد است که عدد خیلی پایینی محسوب می شود.

مزیت عمده صندوق‌های مبتنی بر شاخص، همان کارایی مالیاتی آن‌ها ست. صندوق های مبتنی بر شاخص اقدام به خرید و نگهداری سهام نموده و فقط در صورت لزوم نسبت به فروش آن‌ها اقدام می کنند. از طرف دیگر، صندوق‌هایی که فعالانه به مدیریت سهام خود مشغول هستند به طور متناوب اقدام به خرید و فروش سهام نموده و همین عامل هزینه‌های مالیاتی آن‌ها را افزایش می‌دهد. به عنوان یکی از مهم‌ترین تحقیقات صورت گرفته در خصوص صندوق‌های مبتنی بر شاخص می‌توان به

مطالعات بورتن مالکیل ا ستاد اقت صاد داﻧ شگاه پرین ستون و مؤلف کتاب صندوق مبتنی بر شاخص، روشی برای درآمد بیشتر و خیالی راحت‌تر اشاره کرد. طبق مطالعات مالکیل، عملکرد صندوق‌هایی که به طور فعالانه مدیریت می‌شدند به طور متوسط ۲ درصد کمتر از صندوق‌های مبتنی بر شاخص است. طبق نظر این محقق، صندوق‌هایی که به طور فعالانه مدیریت می‌شوند.

۲.۳.۲ استراتژی‌های فعال در سرمایه‌گذاری

ا ستراتژی‌های فعال به منظور هماهنگی با پیش‌بینی‌های کوتاه مدت دارایی‌ها، بخش‌های بازار و سهم به کار می‌رو ند. اطلاعات مورد نیاز برای انتظارات بازده کو تاه مدت با اطلاعات برای بازده باثبات بلندمدت متفاوت است. این استراتژی‌ها درصورتی‌که سود بازده پیش‌بینی شده از بازده کلی بازار بهتر با شد، انتخاب می شوند. این‌چنین مزایایی می‌تواند شامل مهارت‌های تحلیلی و قضاوتی برتر، اطلاعات برتر یا توان انجام فعالیت‌هایی است که سایر سرمایه‌گذاران و مخصوصاً سایر مؤسسات قادر به انجام آن نبا شند. برای مثال بسیاری از مؤ سسات سرمایه‌گذاری بزرگ تمایلی به فعالیت در حوزه شرکت‌های کوچک ندارند و یا نمی‌توانند در آن عر صه فعالیت کنند؛ بنابراین این حوزه را به سرمایه‌گذاران فردی واگذار می‌کنند. به‌علاوه سرمایه‌گذاران فردی هیچ الزامی برای دا شتن پرتفوهای متنوع ندارند و شبیه برخی از مؤسسات از فروش استقراضی یا معاملات اعتباری نیز منع نمی‌شوند. علی‌رغم شواهد به دست آمده از مطالعات بازارهای کارآ و نتایج منتشره در خصوص عملکرد مؤسسات سرمایه‌گذار، باز هم تعداد قابل‌توجهی از ســـرمایه‌گذاران برای گزینش و مدیریت ســـهام عادی رویکرد فعال را ترجیح می‌دهند. علت این توجه بدیهی اســـت چرا که مزیت‌های بالقوه رویکرد فعال قابل‌توجه بوده و بســـیاری از ســـرمایه‌گذاران معتقدند که حتی با وجود عدم موفقیت برخی از ســـرمایه‌گذاران، باز هم می‌توانند به این‌چنین مزیت‌هایی نائل شوند. در خصوص سهام عادی استراتژی‌های فعال متعددی وجود دارد که به بررســـی این اســـتراتژی‌ها و کارایی بازار برخی از آن‌ها خواهیم پرداخت (تهرانی و نوربخش، ۳۴۰، ۱۳۸۸).

ا ستراتژی‌های فعال عمدتاً به منظور هماهنگی با پیش‌بینی‌های کوتاه مدت دارایی‌ها، بخش‌های بازار و سهم به کار می‌روند؛ ذکر این واقعیت مهم ا ست که در مدیریت پرتفوی فعال، اطلاعات ویژه مورد نیاز برای انتظارت بازده کوتاه مدت با اطلاعات مورد نیاز برای بازده باثبات بلندمدت متفاوت خواهد بود.

تنها در صورتی‌که بازده پیش‌بینی شده از بازده کلی بازار بهتر با شد، سرمایه‌گذار از تصمیم فعال خود سود خواهد برد. در تشکیل پرتفوی فعال می‌توان چشم‌انداز کل بازار را نادیده گرفت و برآیند سهامی خاص تأکید کرد. پرتفوی فعال متشکل از مجموعه‌ای از شرط‌بندی‌ها روی آینده سهامی است که ظاهراً قیمت آن‌ها به‌درستی تعیین نشده است. تشکیل پرتفوی فعال بستگی به توان سرمایه‌گذار در انتخاب سهام دارد.

شاید تئوری نوین پرتفوی (MPT) بیشترین تأثیر را بر حوزه استراتژی‌های فعال سرمایه‌گذاری داشته است؛ بنابراین با توجه به تئوری نوین پرتفوی می‌توان استنباط نمود که اولاً مدیریت فعال موفق نیازمند پیش‌بینی برتر است و ثانیاً ایجاد پرتفوی بایستی بر اساس این پیش‌بینی‌ها باشد. به‌طورکلی قاعده بر این است که پرتفوی باید به‌گونه‌ای تشکیل شود که میزان ریسک سهم در پرتفوی، توسط بازده آن جبران گردد.

اگرچه توافق کلی در مورد طبقه‌بندی سبک‌های مدیریت فعال وجود ندارد، لیکن معمولاً استراتژی فعال را به سه دسته زیر تقسیم می‌نمایند (فارل، ۱۹۹۸):

استراتژی گزینش اوراق بهادار

استراتژی چرخش بخشی

استراتژی موقعیت سنجی بازار

۱.۲.۳.۲ گزینش اوراق بهادار[۷]

یکی از سنتی‌ترین و متداول‌ترین اشکال استراتژی فعال سهام، گزینش سهام بر اساس ریسک و بازده برای افزودن به یک پرتفوی است. در این روش، انتخاب سهام بر اساس تجزیه و تحلیل بنیادی اوراق بهادار صورت می گیرد؛ اگرچه تجزیه و تحلیل تکنیکی (نموداری) و یا ترکیبی از این دو نیز صورت می‌گیرد. این روش مستلزم شناسایی سهامی است که ارزش آن‌ها زیر ارزش ذاتی‌شان تعین شده است. با توجه به این‌که عدم اطمینان محیط سرمایه‌گذاری به عنوان عامل کلیدی است که همیشه

[۷] Security selection

سـرمایه‌گذاران را احاطه کرده اسـت؛ لذا سـرمایه‌گذاران این عدم اطمینان محیطی را درک کرده و از طریق ایجاد تنوع سـعی در پوشـش خود در مقابل آن هسـتند؛ بنابراین فرض منطقی این اسـت که سرمایه‌گذاران باهوشی که اقدام به انتخاب سهام برای خرید و فروش می‌کنند، در واقع اقدام به گزینش بخشی از پرتفوی متنوع خود می‌کنند (تهرانی و نوربخش، ۱۳۸۸، ۳۴۱).

همچنین در این ا ستراتژی سرمایه‌گذار وزن سهام زیر قیمت را در پرتفوی افزایش و وزن سهام بالای قیمت را کاهش می‌دهد. از این طریق ری سک پرتفوی نیز متنوع می شود و انتخاب هر سهم بر سایر سهام اثر می‌گذارد. این استراتژی مبنای تئوری نوین پرتفوی است (بودیه، ۱۹۹۹).

اهمیت گزینش سهام

بسیاری از سرمایه‌گذاران، افراد و مؤسسات فعال تا اندازه‌ای به‌صورت گزینش گران سهام عمل می‌کنند. بسیاری از مؤسسات ارائه‌دهنده مشاوره سرمایه‌گذاری، خدماتی را در خصوص گزینش سهام ارائه می‌کنند (تهرانی و نوربخش، ۱۳۸۸، ۳۴۱).

مؤسسه سرمایه‌گذاری ولیولاین بزرگ‌ترین مؤسسه ارائه‌دهنده خدمات مشاوره سرمایه‌گذاری در آمریکا است. این مؤسسه بهترین مثال از میان شرکت‌هایی است که در خصوص انتخاب سهام به عموم سرمایه‌گذاران مشاوره‌هایی را ارائه می‌دهد. برای پی بردن به اهمیت گزینش سهام، تنوع مقطعی در بازده سهام عادی را در نظر بگیرید. لاتان، توتل و جونز اولین کسانی بودند که با استفاده از دامنه بین چارکی، عملکرد متفاوت سهام عادی را در سال خاصی مورد بررسی قراردادند. این افراد با بررسی داده‌های مربوط به سال ۱۹۷۲ توانستند در فاصله بین عملکرد سهام در چارک بالا و عملکرد سهام در چارک پایین، ثبات قابل‌توجهی را از سالی به سال دیگر پیدا کنند. نتایج مطالعه بعدی توسط منالی و تاد نشان داد سرمایه‌گذارانی که به صورت موفقیت‌آمیزی اقدام به گزینش سهامی در بالاترین بخش چارک می‌کنند به نحو چشم‌گیری از سال‌های زیان‌بخش در امان می‌مانند. برعکس، گزینش سهام در بخش پایین چارک، در ۵۵ درصد مواقع باعث عملکرد منفی و در ۲۵ درصد مواقع، حتی باعث عملکرد

منفی شرکت‌های برتری که در بازار از شرایط مناسبی برخوردارند، می‌شود. نتایج به‌دست‌آمده به معنای آن است که «سرمایه‌گذارانی که به دنبال گزینش سهام هستند می‌توانند عملکرد خیلی خوبی داشته باشند، درحالی‌که ریسک و پیامدهای منفی ناشی از گزینش ضعیف نیز چندان اندک نیست». یافته دیگر این مطالعه این است که تنوع مقطعی بازده، در طول دهه‌هایی به طور ثابت به صورت فزاینده بوده است و همین باعث افزایش اهمیت گزینش سهام در سال‌های اخیر شده است. البته بر اهمیت گزینش سهام نیز نمی‌توان تأکید بیش از حدی کرد. همان‌طور که یکی از مشهورترین مدیران پرتفوی در سال‌های اخیر، به نام پیتر لینچ مطرح می‌کند: «اگر ناگزیر به انتخاب از بین یک شرکت خوب از یک صنعت بزرگ، یا انتخاب یک شرکت بزرگ از یک صنعت معمولی باشیم، من همواره شرکت بزرگ از یک صنعت معمولی را انتخاب خواهم کرد». به نظر لینچ درسی که از ۱۰۰ سهام برتر در دهه گذشته می‌گیریم این است که سهم‌های کوچک رشد بیشتری دارند و کار اصلی شناسایی این‌گونه سهم‌ها است. به نظر او اگر بخواهیم بگوییم که عامل موفقیت‌های بزرگ در ۲۰ سال گذشته، شرکت‌ها بوده‌اند و درنتیجه این‌گونه شرکت‌ها را باید شناسایی کرد، دست به اقدامی ساده‌لوحانه زده‌ایم. این استراتژی‌ها، استراتژی‌هایی هستند که از اطلاعات موجود و تکنیک‌های پیش‌بینی برای جستجوی عملکرد بهتر از پرتفویی که حقیقتاً به طور وسیعی متنوع باشد، استفاده می‌کنند. این استراتژی‌ها یک روش مدیریت پرتفوی و تخصیص سرمایه است که برای رسیدن به حداکثر بازده تلاش می‌کنند. این استراتژی را به این دلیل فعال نامیده‌اند که هدف آن رشد سرمایه، ارتقاء جایگاه سرمایه‌گذاران تهور طلب است؛ همچنین این استراتژی از حیث سرمایه‌گذاری این‌گونه است که سرمایه‌گذاران درصد بالاتری از دارایی های خود را در سهام به‌جای سرمایه‌گذاری در بدهی و اوراق بهادار مطمئن‌تر سرمایه‌گذاری می‌کنند. به‌این‌ترتیب، سرمایه‌گذاران تهور طلب پرتفویی را تشکیل می‌دهند که مستلزم پذیرش میزان نسبتاً بالایی از ریسک است؛ اما قبل از ارزیابی این استراتژی، سرمایه‌گذار باید تحمل خود و یا ریسک خود را

ارزیابی کند و مطمئن شود که او حداقل تا چند سال نیاز به منابع مالی، سرمایه‌گذاری شده ندارد (فارل، ۱۹۹۸).

۲.۲.۳.۲ چرخش بخشی[۸]

یکی از استراتژی‌های فعال شبیه به گزینش سهام، استراتژی چرخش بخشی یا گروهی است. استراتژی چرخش بخشی یک استراتژی فعال در زمینه مدیریت دارایی است که در آن وزن اوراق بهادار تشکیل‌دهنده پرتفوی با توجه به عملکرد مورد انتظار بخش‌های مختلف اقتصاد تعیین می‌شود؛ به‌عبارت‌دیگر، وزن اوراق بهادار تشکیل‌دهنده پرتفوی تغییر داده می‌شود تا بتوان از مزایای بخش‌های اقتصادی که انتظار می‌رود عملکردی بهتر از سایر بخش‌ها داشته باشند، استفاده شود.

سرمایه‌گذاران باید توجه داشته باشند که سهام موجود در بخش‌های مختلف اقتصادی با توجه به اینکه سهام از نوع ادواری، رشدی و با ارزشی باشند همیشه در حال تغییر وضعیت هستند؛ بنابراین در تجزیه و تحلیل بخشی، سهام همواره به چهار بخش عمده تقسیم می‌شوند: سهام حساس به نرخ بهره، سهام کالاهای مصرفی بادوام، سهام کالاهای سرمایه‌ای و سهام تدافعی. انتظار می‌رود که هر یک از این بخش‌ها در مراحل مختلفی که قرار دارند عملکرد متفاوتی داشته باشند. برای مثال، انتظار می‌رود سهام حساس به نرخ بهره در زمانی که نرخ بهره بالا باشد به طور معکوسی تحت تأثیر قرار گیرند و این‌چنین دوره‌هایی بیشتر در مراحل پایانی چرخه تجاری به وقوع می‌پیوندد. سهام تدافعی مستلزم ارائه توضیحاتی هستند. در این گروه شرکت‌های تولیدکننده مواد غذایی، محصولات دارویی و مواردی از این قبیل قرار دارند که تحت تأثیر شرایط نامناسب چرخه تجاری قرار نمی‌گیرند؛ چرا که محصولات این‌گونه شرکت‌ها از اقلام ضروری مثل نان، شیر و ... هستند که مردم در هر شرایطی اقدام به خرید آن‌ها می‌کنند. در شرایط بد

[۸] Sector Rotation

اقتصادی و یا در شرایطی که پیش‌بینی می‌شود وضعیت بد اقتصادی حاکم شود سرمایه‌گذاران برای حفاظت از سرمایه خود به این‌چنین سهم‌هایی رو می‌آورند. این سهام معمولاً در مراحل پایانی چرخه تجاری از عملکرد خوبی برخوردار هستند.

سرمایه‌گذاران احتمال دارد صنعت‌ها را در قالب بخش‌هایی مدنظر قرار داده و بر اساس آن عمل نمایند. برای مثال، اگر احتمال افت شدید نرخ بهره وجود داشته باشد ممکن است توجه زیادی به صنعت‌های حساس به نرخ بهره از قبیل بخش مسکن، بانکداری و مؤسسات وام و پس‌انداز شود.

بدیهی است که استراتژی‌های مؤثر مربوط به چرخش بخشی شدیداً به ارزیابی صحیح شرایط فعلی اقتصاد بستگی دارد؛ بنابراین داشتن دانش و فهم مراحل چرخه تجاری و همچنین فهم محیط سیاسی، روابط بین‌المللی بین اقتصادها و آگاهی به شرایط داخلی و بین‌المللی حائز اهمیت است. همچنین داشتن بینشی در خصوص عملکرد مورد انتظار صنایع و بخش‌های مختلف ضروری است (تهرانی و نوربخش، ۱۳۸۸، ۳۴۹).

بین دو استراتژی سنجش موقعیت بازار و گزینش سهام، استراتژی تمرکز بخشی (تمرکز بر بخش‌های خاص) وجود دارد. استراتژی تمرکز بخشی را چرخش در بین بخش‌ها یا انتخاب بخشی نیز می‌نامند. این روش مشابه استراتژی گزینش سهام می‌باشد، با این تفاوت که واحد مورد نظر به‌جای سهام صنعت یا بخش می‌باشد. در این استراتژی سهام موجود را می‌توان به روش‌های زیر به بخش‌های مختلف تفکیک نمود (رایلی و براوون، ۲۰۰۲).

۱. طبقه‌بندی کلی صنایع (مانند صنعتی، مالی، زیر بنایی و ...)؛

۲. طبقه‌بندی بر مبنای محصولات اصلی (مانند کالاهای مصرفی، کالاهای صنعتی و خدمات)؛

۳. ویژگی‌های رفتاری سهام (مانند رشدی، چرخه‌ای و باثبات یا بر مبنای اندازه، سود نقدی و کیفیت)؛

۴. برمبنای حساسیت به یک یا چند پدیده اقتصادی خاص (مانند سهام حساس به نرخ سود، نرخ ارز و ...).

به عنوان نتیجه‌گیری کلی می‌توان گفت که هرچه خوش‌بینی سرمایه‌گذار به آینده سهام بیشتر باشد، پول بیشتری در پرتفوی منفعل خواهد گذاشت و هرچه این خوش‌بینی کمتر باشد، به آینده سهام خاص باید امیدوار بود؛ بنابراین وقتی آینده روشن و شرایط تثبیت شده است، پرتفوی انتخابی باید از تنوع مناسب برخوردار باشد؛ برعکس زمانی که آینده بازار همراه با ریسک و عدم اطمینان است، باید در انتخاب سخت‌گیرتر و فعال‌تر بود.

۴.۲ گفتار سوم: معاملات الگوریتمی

مبدأ کلمه الگوریتم را می‌توان در سال ۸۲۰ میلادی در زمان خوارزمی، ریاضیدان ایرانی که در ازبکستان فعلی زندگی می‌کرده است، یافت. وی کتابی با عنوان «الجبروالمقاله» نوشت که می‌توان گفت سنگ بنای ریاضی امروز است. همچنین ریشه کلمه Algebra که از کلمه الجبر گرفته شده است و به معنی به هم پیوستن است را نیز به وی نسبت داده‌اند. بعد از تغییرات بسیار زیاد در قرن دوازدهم این کلمه تبدیل به الگوریتم شد. همین کلمه الگوریتم و مفهوم آن زیربنای بسیاری از رشته‌ها علمی و بنیان محاسبات و ساخت نرم‌افزارهای کامپیوتری را بنا کرده است.

در این پژوهش الگوریتم‌های مورد نظر الگوریتم‌هایی می‌باشـــند که برای راهبرد معاملاتی اوراق بهادار به کار می‌روند.

۱.۴.۲ آغاز معاملات الگوریتمی

مبدأ آنچه به عنوان اولین معاملات الگوریتمی خوانده می‌شود را می‌توان در اولین صندوق پوشش ریسک جهان که توسط آلفرد ویلون در سال ۱۹۴۹ راه‌اندازی شد، دنبال کرد. وی از یک راهبرد متوازن‌سازی

موقعیت‌های خرید و فروش اختیارات سهام به طور هم‌زمان با نسبت ۷۰ به ۳۰ استفاده کرده بود. در اوایل دهه ۶۰ با شروع دسترسی عموم به کامپیوترها، مشتاقانی وجود داشتند که از این کامپیوترها برای تحلیل نوسانات قیمت سهام در طولانی‌مدت (هفته‌ها و ماه‌ها) استفاده می‌کردند. یک دانشمند علوم هوافضا به نام پیتر هارلن در دهه ۶۰ از کامپیوتر موجود در آزمایشگاه موشک‌های فضایی، جایی که مسیر ماهواره‌های فضایی را مشخص می‌کنند، برای تحلیل داده‌های سهام استفاده می‌کرده است با ترکیب توانایی‌های تحلیل فنی، وی شروع به محاسبه میانگین متحرک نمایی در داده‌های سهام کرد و بعدها «گزارش سطوح معاملات[۹]» را به چاپ رساند. کامپیوترها در دهه ۱۹۷۰ به صورت عمده برای معامله توده سهام[۱۰] استفاده می‌شدند. توده سهام به معامله‌ای باارزش بیش از یک میلیون دلار و یا تعداد بیش از ۱۰۰۰۰ سهم گفته می‌شد.

شروع واقعی آنچه امروز تحت عنوان معاملات الگوریتمی خوانده می‌شود را در معاملات جفتی که در دهه ۱۹۸۰ توسط تیمی از پژوهش گران در شرکت جرارد بامبرگ راه‌اندازی شد، می‌توان یافت که بعدها تحت عنوان «آربیتراژ آماری» نیز از آن نام برده شد. معاملات جفتی به سرعت پرطرفدار و شدیداً سودآور شد و در وال‌استریت تبدیل به فرهنگ غالب شد. قدرت کامپیوترها به صورت معجزه‌آسایی بر اساس قانون موور (سرعت محاسباتی کامپیوترها هر ۱۸ ماه دو برابر می شود و هنوز نیز صادق است) افزایش پیدا کرد و کامپیوترها مجرای اصلی برای انجام معاملات الگوریتمی شدند. این پیشرفت با شروع دسترسی مستقیم افراد معمولی به بازار اوراق بهادار و امکان انجام معاملات افراد از طریق کارگزاری‌ها، بسیار شدت یافت. چیزی نگذشت که تمامی میزهای معاملاتی از الگوریتم‌های معاملاتی استفاده می‌کردند. به مرور شخصیت‌های بسیار والامقام معامله گران و کارگزاران به سوی فناوری حرکت کردند و جای خود را در پاره‌ای از موارد به سامانه‌های خودکار دادند.

---

[۹] Trade Level Reports

[۱۰] Block Trading

۲.۴.۲ مقدمه‌ای بر معاملات الگوریتمی

معاملات الگوریتمی به معنی اجرای ابزارهای مالی به صورت کامپیوتری است. این الگوریتم‌ها معاملات سهام، اوراق قرضه، ارز و حجم وسیعی از اوراق مشتقه را شامل می‌شوند؛ همچنین زیربنای اهداف سرمایه‌گذاری و معاملات را تشکیل می‌دهند. عصر جدید معاملات این امکان را به سرمایه‌گذاران می دهد که معاملات را به صورت کارآمدتر و با هزینه‌های معاملاتی کمتر انجام دهند که درنتیجه باعث بهبود عملکرد پرتفوی‌ها می‌شود. معاملات الگوریتمی را با نام‌های معاملات «خودکار»، «جعبه سیاه»، «روبو» نیز می‌شناسند.

به منظور انجام معاملات به صورت الگوریتمی، سرمایه‌گذاران باید ابتدا اهداف سرمایه‌گذاری و معاملاتی خود را در قالب دستورالعمل‌های ریاضی مشخص کنند. بر اساس نیاز سرمایه‌گذاران، دستورالعمل‌ها را می‌توان از حالت بسیار ساده تا بسیار پیچیده تغییر داد. بعدازاینکه دستورالعمل مورد نیاز مشخص شد، کامپیوترها بر اساس دستورالعمل‌های تجویز شده، معاملات را انجام می‌دهند. مدیران، معاملات الگوریتمی را در راستای اهداف متعددی استفاده می‌کنند. صندوق‌های مدیریت پولی[۱۱] (صندوق‌های سرمایه‌گذاری مشترک و شاخص محور، صندوق‌های بازنشستگی، صندوق‌های کمی و حتی صندوق‌های پوشش ریسک) برای تصمیمات سرمایه‌گذاری خود معاملات الگوریتمی را به کار می‌گیرند.

در چنین مواردی، این مدیران از شیوه‌های مختلف انتخاب سهام و تشکیل پرتفوی برای تصمیم در حالت مورد نظر خود استفاده می‌کنند، سپس از الگوریتم‌ها برای پیاده‌سازی این تصمیمات استفاده می‌کنند. الگوریتم‌ها بهترین حالت را برای تقسیم و اجرای معاملات و سفارش‌ها طی زمان‌های مختلف تعیین و در واقع قیمت، زمان و اندازه (حجم) مناسب سفارش‌ها را برای وارد کردن به بازار مشخص

[۱۱] Money Management Funds

می‌کنند. در بسیاری از مواقع تصمیمات مربوط به تمامی این مراحل توسط ماشین و بدون دخالت انسان گرفته می‌شود.

کارگزاران و بازارگردان‌ها نیز امروزه از الگوریتم‌های خودکار برای ایجاد نقدشوندگی در بازار استفاده می‌کنند؛ درست شبیه به رویکرد دستی بازارگردانی که امروزه دیگر منسوخ شده است. در همین راستا این نهادها امروزه قابلیت بازارگردانی طیف گسترده‌تری از اوراق بهادار را به صورت الکترونیکی به‌جای حالت دستی دارند که منجر به کاهش هزینه به‌کارگیری معامله گران می‌شود.

گذشته از افزایش نقدشوندگی در بازار، کارگزاران از الگوریتم برای ایجاد معاملات سرمایه‌گذاری مشتریان خود نیز استفاده می‌کنند. زمانی که تصمیمات لازم از طرف مدیران صندوق در مورد سفارش‌های مورد نیاز گرفته شد، میز معاملاتی طرف خرید، سفارش‌ها را به منظور اجرا توسط الگوریتم‌ها به کارگزار (طرف فروش) ارائه می‌دهد. طرف خرید ممکن است خود یکی از الگوریتم‌های کارگزار را برای انجام معاملات سفارش‌ها تکی یا پرتفوی انتخاب کند و یا ممکن است انتخاب الگوریتم مناسب و پارامترهایش را به تخصص خود کارگزار طرف فروش واگذار کند. نکته حائز اهمیت این است که طرف فروش با در نظر گرفتن هزینه‌های معاملاتی (معمولاً از طریق تحلیل قبل از معامله) و مسائل بالقوه که ممکن است رخ دهد، در مورد انتظارات آتی طرف خرید با وی به صورت کامل گفتگو کند. طرف خرید نیز باید اطمینان حاصل کند که اهداف منتج از پیاده‌سازی الگوریتم‌ها با اهداف سرمایه‌گذاری صندوق هم‌خوانی دارد. همچنین طرف خریدار باید تصمیمات لازم در راستای پیاده‌سازی آتی الگوریتم‌ها را نیز تعیین کند (معمولاً از طریق انجام تحلیل بعد از معامله) تا عملکرد کارگزار و الگوریتم‌ها تحت سناریوهای مختلف ارزیابی شوند. معامله گران کمی و آربیتراژ آماری، مدیران صندوق پوشش ریسک پیچیده و

دسته جدیدی به نام معامله گران با فرکانس بالا[۱۲] نیز قواعد خرید و فروش خود را به طور مستقیم از طریق الگوریتم‌های معاملاتی برنامه‌ریزی می‌کنند. قواعد برنامه‌ریزی به الگوریتم‌ها اجازه می‌دهد تا ابزار و نحوه خرید و فروش را تعیین کنند. این نوع از الگوریتم‌ها را تحت عنوان الگوریتم‌های «جعبه سیاه» یا «سود و زیان» نام می‌برند. تحقیقات مالی برای مدت طولانی بر روی قسمت سرمایه‌گذاری کسب و کارها متمرکز بود است. صندوق‌های سرمایه‌گذاری حجم عظیمی از پول و زمان تحقیقاتی را صرف فرصت‌های سرمایه‌گذاری عالی و روش‌های مدیریت ریسک کرده‌اند ولی تحقیق کافی در مورد نحوه پیاده‌سازی آن‌ها در بازار صورت نگرفته است. اگرچه در طول دهه گذشته توجه تحقیقات به سمت ارزش پنهان در حین پیاده‌سازی سفارش‌ها منعطف شده است. ترنور (۱۹۸۱)، پرولد (۱۹۸۸)، برکویتز و همکاران (۱۹۸۸) و گنر (۱۹۹۰) و ادوارد و همکاران (۱۹۹۳) جزء اولین افرادی بودند که میزان زیان منتج از ریسک آلفا (غیر سیستماتیک) در حین پیاده‌سازی ایده‌های سرمایه‌گذاری به دلیل وجود هزینه‌های معاملاتی را گزارش کردند. کمی بعد برتیماس و همکاران (۱۹۹۹)، ارمگرن و همکاران (۲۰۰۰)، کیسل (۲۰۰۶) چارچوبی برای کمینه کردن تأثیرات بازار و هزینه‌های معاملاتی و همچنین فرآیندی برای تعیین راهبرد پیاده‌سازی مناسب و بهینه، ارائه کردند. این تحقیقات به ایجاد رویکرد کارآمد پیاده‌سازی معاملات که امروزه به اسم معاملاتی الگوریتمی نام برده می‌شود، کمک شایانی کرده‌اند.

شواهد تجربی نشان داده است، زمانی که الگوریتم‌ها به‌درستی تعیین شوند، منجر به کاهش هزینه‌های معاملاتی می‌شوند؛ بااین‌حال این فرآیند مستلزم فعال بودن بیشتر سرمایه‌گذاران در حین پیاده‌سازی الگوریتم‌ها نسبت به زمانی است که اجرای معاملات به صورت دستی بوده است. الگوریتم‌ها باید قادر به مدیریت قیمت، حجم و زمان‌بندی معاملات هم‌زمان با واکنش پیوسته به تغییرات بازار باشند.

[۱۲] High Frequency Trading

۳.۴.۲ مزایا و معایب معاملات الگوریتمی

- **مزایا:**

۱. کاهش حق‌الزحمه: حق‌الزحمه‌ها معمولاً کمتر از حالت سنتی است، زیرا معاملات الگوریتمی تنها هزینه پیاده‌سازی و خدمات مرتبط با آن (مانند مدیریت ریسک و سایر موارد) را برای سرمایه‌گذار در پی دارد. حق‌الزحمه الگوریتم‌ها شامل پرداخت به منظور انجام تحقیقات تحلیلی توسط کارگزار نمی‌شود؛ اگرچه بعضی از صندوق‌ها برای دستیابی به تحقیقات تحلیلی حاضر به پرداخت هزینه بسیاری هستند.

۲. گمنامی: سفارش‌ها وارد سامانه‌ها شده و به صورت خودکار توسط کامپیوتر بین تمامی مکان‌های معاملاتی دادوستد می‌شوند. معامله‌گر طرف خریدار یا سفارش‌ها را در داخل نهاد خود مدیریت می‌کند یا از معامله‌گر طرف فروش می‌خواهد که معاملات را مدیریت کند. درواقع سفارش‌ها مثل قبل در سالن‌ها انجام نمی‌شوند.

۳. نظارت: معامله‌گر طرف خریدار بر سفارش‌ها نظارت کامل دارد. معامله گران، مکان معاملاتی (آشکار یا تاریک)، قواعد وارد کردن سفارش‌ها (مثل قیمت بازار یا قیمت معین)، مقدار هر سهم، زمان‌بندی بین سفارش‌ها و همچنین افزایش یا کاهش سرعت معاملات را بر اساس اهداف سرمایه‌گذاری صندوق و وضعیت حال حاضر بازار تعیین می‌کنند. معامله گران می‌توانند بلافاصله یک سفارش را لغو کنند یا دستورالعمل معاملات را تغییر دهند.

۴. کمترین حد افشای اطلاعات: افشای اطلاعات در کمترین حد ممکن است، زیرا کارگزاران مثل گذشته اطلاعات زیادی در مورد سفارش یا قصد معاملاتی سرمایه‌گذار ندارند. معامله‌گر طرف خرید به تنهایی می‌تواند، دستورالعمل‌های معاملاتی و نیازهای سرمایه‌گذاری خود را با انتخاب الگوریتم و تعیین پارامترهای مناسب تبیین کند.

۵. شفافیت: سرمایه‌گذاران سطح بالایی از شفافیت معاملات را لمس می‌کنند، زیرا محیط پیاده‌سازی سفارش‌ها را مشاهده می‌کنند. ازآنجایی‌که قواعد اصلی اجرای الگوریتم‌ها قبلاً در اختیار سرمایه‌گذاران قرار داده شده است، آن‌ها دقیقه می‌دانند که الگوریتم‌ها چگونه سفارش سهم‌ها را در بازار اجرا می‌کند، زیرا الگوریتم‌ها دقیقه همان کاری را انجام می‌دهند که برنامه‌ریزی شده‌اند.

۶. دسترسی: الگوریتم‌ها قادر به ارائه دسترسی سریع و کارآمد به بازارهای مختلف و بازارهای تاریک هستند. همچنین ارتباط سریع و نزدیک و بدون تأخیر، به هم را ارائه می‌دهد که منجر به دسترسی سریع سرمایه‌گذاران به ارتباطات با سرعت بالا می‌گردد.

۷. رقابت: تحول معاملات الگوریتمی باعث به وجود آمدن رقابت بین نهادهای حاضر در بازار نظیر فروشندگان مستقل، شرکت‌های نرم‌افزاری مدیریت و پیاده‌سازی سفارش‌ها، بورس‌های اوراق بهادار، تأمین‌کنندگان شخص ثالث، گروه‌های توسعه داخلی کارگزاری‌ها در کنار معامله گران طرف فروش کارگزاری شده است. سرمایه‌گذاران از این رقابت در قالب خدمات بهتر و ارزان‌تر برای پیاده‌سازی سفارش‌ها بهره می‌برند. سادگی و انعطاف در انتخاب و تغییر تأمین‌کنندگان این خدمات دست سرمایه‌گذاران را در انتخاب بسیار باز گذاشته است. از طرف دیگر تأمین‌کنندگان الگوریتم‌ها باید فعال‌تر باشند و به طور پیوسته در حال بهبود عملکرد و پیشنهادهای خود باشند.

۸. کاهش هزینه‌های معاملاتی: کامپیوترها در راستای واکنش نشان دادن به تغییر وضعیت بازار و رخدادهای پیش‌بینی‌نشده مجهزتر و سریع‌تر هستند. آن‌ها این توانایی را دارند که از تطابق بین تصمیمات سرمایه‌گذاری و دستورالعمل‌های معاملاتی اطمینان حاصل کنند که منجر به

کاهش تأثیرات منفی بازار و ریسک زمان‌بندی و افزایش درصد سفارش‌های انجام شده (کاهش هزینه فرصت‌های ازدست‌رفته) می‌شود.

معاملات الگوریتمی از سال ۲۰۰۰ روی کار آمده‌اند و در حال حاضر با سرعت شگفت‌آوری در حال نمو هستند.

- **معایب:**

متأسفانه این الگوریتم‌ها تمامی نیازهای سرمایه‌گذاران را برطرف نمی‌کنند و در کنار مزایا، معایب و محدودیت‌هایی را که در ذیل اشاره می‌کنیم دارا می‌باشند.

۱. این امکان وجود دارد که استفاده‌کنندگان از عملکرد الگوریتم خرسند شوند و همان الگوریتم را بدون توجه به خصوصیات سفارش پیش روی و وضعیت بازار و فقط به سبب آشنایی با این الگوریتم، مجدداً استفاده کنند.

۲. استفاده‌کنندگان باید همواره الگوریتم را آزمون و ارزیابی کنند تا اطمینان حاصل کنند که الگوریتم را به درستی به کار گرفته‌اند و الگوریتم آنچه در تبلیغات بیان شده است را به درستی انجام می‌دهد. آن‌ها باید عملکرد الگوریتم‌های کارگزار و شرایط بازار را باهم ارزیابی و بررسی کنند تا بتوانند بهترین الگوریتم را در محیط حال حاضر بازار تعیین کنند.

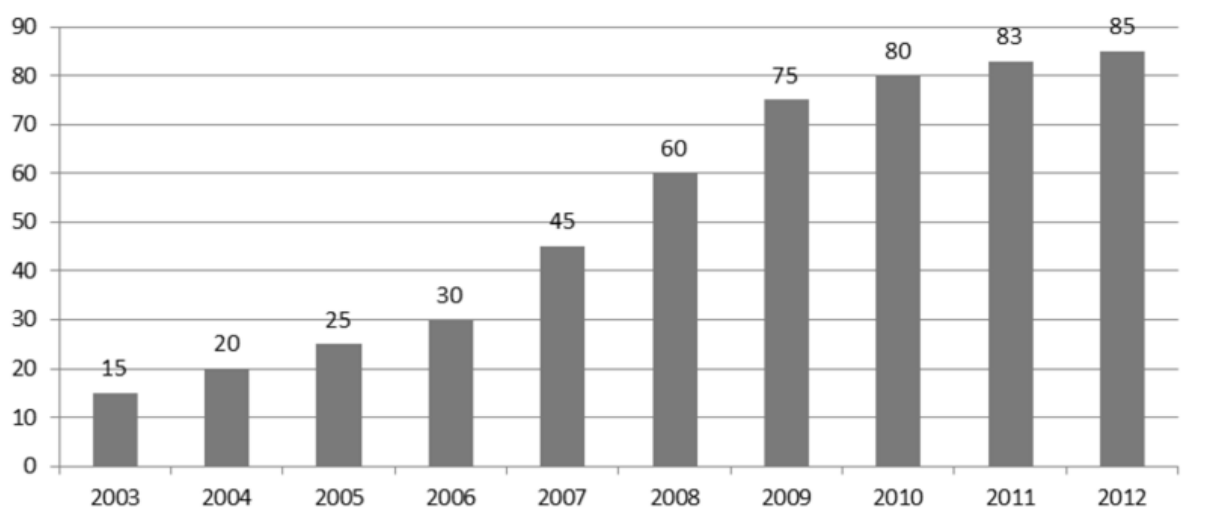
۳. الگوریتم‌ها دقیقاً همان‌طور که تعیین شده‌اند، عمل می‌کنند که این امر زمانی که محیط معاملاتی همان‌طوری است که انتظار می‌رود بسیار خوب است اگرچه زمانی که رخدادهای برنامه‌ریزی نشده پیش می‌آیند، الگوریتم ممکن است نتواند برای آن شرایط خاص بازار به طور مناسب برنامه‌ریزی و آموزش داده شود که منجر به عملکرد پایین‌تر از حد انتظار و افزایش هزینه‌ها می‌شود.

۴. استفاده‌کنندگان باید از هم‌خوانی الگوریتم با نیازهای سرمایه‌گذاری خود اطمینان حاصل کنند. اطمینان از هم‌خوانی زمانی که قواعد معاملاتی الگوریتم به حد کافی شفاف نیست یا اسم‌هایی که بر روی الگوریتم‌ها گذاشته می‌شود توصیف‌کننده نیستند و در مورد عملکرد الگوریتم هیچ دیدی به کاربر نمی‌دهند بسیار دشوار است.
۵. تعداد زیاد الگوریتم‌ها و اسامی آن‌ها، قیمت متوسط حجمی (VWAP) نام مناسبی است که تقریباً عملکرد الگوریتم را نیز توصیف می‌کند و بین کارگزارها متداول است، اما الگوریتم‌هایی مانند تارزان اصلاً توصیف‌کننده نیستند و دید لازم نسبت به نحوه عملکرد الگوریتم در معاملات روزانه نمی‌دهند. سرمایه‌گذاران باید تفاوت بین الگوریتم‌ها را تشخیص داده و درک کنند و تغییرات به وجود آمده در کد نویسی آن‌ها را دنبال کنند. برای مثال یک شرکت بزرگ ممکن است از بیست کارگزار مختلف استفاده کند که هرکدام با الگوریتم مختلف سروکار داشته باشند که حداقل نصف آن‌ها دارای نام توصیف‌کننده و مناسب نیستند.
۶. رشد الگوریتم‌ها و کاهش یافتن متخصصین سنتی و نقش بازارگردان‌ها منجر به سخت شدن فرایند تعیین قیمت منصفانه برای سهم‌ها شده است. الگوریتم‌ها به خوبی با به‌کارگیری قیمت سهم‌ها برای تعیین راهبرد مناسب تقسیم‌بندی سفارش‌ها آشنا هستند ولی هنوز به طور مناسب، آشنا با تعیین قیمت منصفانه در بازار برای یک اوراق بهادار نیستند.

۴.۴.۲ روند رشد معاملات الگوریتمی

سرمایه‌گذاران به منظور تطبیق هرچه بهتر با محیط در حال تغییر بازار، روی به معاملات الگوریتمی آورده‌اند. ازآنجایی‌که کامپیوترها در خلاصه کردن حجم عظیمی از داده‌ها و اطلاعات بسیار کارآمدتر،

در انجام محاسبات پیچیده ماهرتر و در واکنش سریع به شرایط در حال تغییر بهتر هستند، شدیداً برای انجام معاملات آنی در وضعیت چالش‌برانگیز بازار امروز مناسب به نظر می‌آیند. معاملات الگوریتمی در اوایل سال ۲۰۰۰ محبوبیت پیدا کردند و تا سال ۲۰۰۰ حدود ۲۵٪ حجم معاملات را در برمی‌گرفتند. بازارهای سرمایه با رشد شدید استفاده از معاملات الگوریتمی (همچنین تنوع الگوریتم‌های معاملاتی) روبرو شده و حجم استفاده از آن‌ها تا سال ۲۰۰۹ سه برابر یعنی ٪۷۵ معاملات کل بازار را تشکیل می داد. دلیل اصلی این افزایش دشواری سرمایه‌گذاران در اجرای سفارش‌ها به حالت سنتی بود. در زمان بحران مالی، اصلاً بعید نبود که قیمت یک سهم در طول یک روز بین پنج الی ده درصد نوسان داشته باشد که در حالت سنتی ریسک بالایی را برای سرمایه‌گذاران ایجاد می‌کرد که خود این امر نیز منجر به استفاده هرچه بیشتر از الگوریتم‌های معاملاتی شده است. روند تغییرات استفاده از معاملات الگوریتمی در شکل زیر نشان داده شده است.



شکل ۲-۱ سهم معاملات الگوریتمی از حجم معاملات بازار (Morton Glantz, Robert Klssell)

معاملات الگوریتمی در حال حاضر داغ‌ترین حوزه در مخارج سرمایه‌ای وال‌استریت است (هم در طرف خرید و هم در طرف فروش). اجلاس‌ها و سمینارهای بسیاری به معاملات الگوریتمی در سرتاسر آمریکا، اروپا، آ سیا و ا سترالیا اخت صاص داده شده ا ست. متأ سفانه مقدار مطالعات علمی به سرعت

اســـتفاده از این الگوریتم‌ها در عمل نرســـیده اســـت. بیشـــتر آگاهی موجود در بازارهای مالی در مورد معاملات الگوریتمی توسط کارگزاران و معامله گران ارائه شده است که استفاده شخصی داشته و هدف آن‌ها افزایش جریان سفارش‌ها و رونق کسب و کار بوده است. نیاز به تحقیقات علمی غیر جانب‌دارانه و روش شنا سی فرایند ت صمیم‌گیری شدیداً اح ساس می‌گردد. در این پژوهش به یکی از انواع رایج این معاملات به گونه‌ای کاربردی پرداخته شده ا ست. معاملات جفتی نیز یکی از انواع معاملات الگوریتمی می‌باشـد که پژوهش به مراحل و پیاده‌سـازی خارج از محیط برنامه‌نویسـی آن پرداخته که زیرسـاخت اصلی داشتن کد معاملاتی می‌باشد.

۵.۲ گفتار پنجم: معاملات جفتی

همان‌طور که در قسمت‌های قبل دیدیم، سیستم معاملات الگوریتمی، نوعی سیستم معاملاتی است که با بهره‌گیری از مدل‌های پیشرفته برای تصمیم‌گیری‌های معاملاتی در بازارهای مالی مورد استفاده قرار می‌گیرند. سیستم معاملات جفتی[۱۳] نیز نوعی از این سیستم‌ها می‌باشد. این سیستم یکی از قدیمی‌ترین سیستم‌های معاملات الگوریتمی است که کارایی و سودآوری آن در بسیاری از پژوهش‌هایی که تاکنون در بازارهای مالی مختلف صورت گرفته است، نشان داده شده است. در ادامه به بررسی بیشتر این نوع خاص از معاملات الگوریتمی پرداخته می‌شود. در این راستا ابتدا با فرضیه بازگشت به میانگین آشنا می شویم و بعد در مورد همبستگی صحبت می‌کنیم. در ادامه مفهوم فروش استقراضی و انواع طبقات دارایی بیان می‌گردد. درنهایت با مفهوم آربیتراژ آماری و معاملات جفتی که بحث اصلی این پژوهش است و روش‌های ایجاد شده و مورد آزمون قرارگرفته توسط افراد مختلف در سراسر جهان و بورس اوراق بهادار تهران و بورس کالا آشنا می‌شویم.

[۱۳] Pairs Trading

۱.۵.۲ بازگشت به میانگین

تصمیم‌گیری در مورد تعیین ویژگی قیمت سهام به عنوان گام تصادفی یا فرایند بازگشت به میانگین از اهمیت بالایی برخوردار است، زیرا اثر مهمی بر روی ارزش دارایی‌ها خواهد گذاشت. اگر قیمت سهام در طول زمان، گرایش به بازگشت به روند گذشته‌اش را داشته باشد، از خصیصه بازگشت به میانگین تبعیت می‌کند. سرمایه‌گذارها با توجه به این ویژگی سهام ممکن است قادر باشند بازگشت‌ها را در آینده از طریق اطلاعات موجود درگذشته بازگشت‌ها، بهتر پیش‌بینی کنند. از طرفی گام تصادفی یک فرایند بی حافظه است، یعنی چنانچه شوکی به قیمت سهامی که از یک فرایند گام تصادفی تبعیت می‌کند وارد شود، هیچ گرایشی به بازگشت به روند تاریخی خود در طول زمان در آن دیده نخواهد شد.

خصوصیت گام تصادفی همچنین نشان می‌دهد که نوسان قیمت سهام می‌تواند بدون محدودیت در طول زمان رشد کند. نوسان زیاد ارزش سهام را کاهش می‌دهد، بنابراین کاهش در نوسان به دلیل بازگشت به میانگین، سهام را باارزش خواهد کرد.

از دید معادلات ریاضی بازگشت به میانگین سری قیمت این‌گونه است که تغییر در سری قیمت در دوره بعدی متناسب با اختلاف بین میانگین قیمت و قیمت جاری است. این ویژگی به آزمون دیکی فولر تعمیم‌یافته امکان افزایش رد کردن فرض صفر که ضریب ثابت صفر است را می‌دهد.

پژوهش گران در حوزه مدیریت مالی همواره به تمایز میان این‌که قیمت‌های سهام می‌توانند فرایندهای گام تصادفی (ریشه واحد) باشند یا بازگشت به میانگین، علاقه نشان داده‌اند. گام تصادفی به این معناست که شوک‌های وارده به قیمت سهام اثر دائمی دارند و قیمت‌ها به مسیر روند قبلی خود برنمی‌گردند. علاوه بر این بر اساس فرایندهای گام تصادفی، نوسان پذیری قیمت سهام می‌تواند در بلندمدت بدون هیچ محدودیتی افزایش یابد. هیچ توافق جمعی بر این امر وجود ندارد که قیمت سهام یک فرایند گام تصادفی یا دارای خاصیت بازگشت به میانگین است. برای مثال می‌توان به مطالعه‌ی نارایان و پراساد

(۲۰۰۷) در مورد ۱۷ کشور اروپایی اشاره کرد. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که بازار سهام این کشورها با ریشه واحد توضیح داده می‌شود و در تطابق با نظریه‌ی بازار کارا است. از سوی دیگر چادهاری (۲۰۰۳) آن‌ها را واجد ویژگی بازگشت به میانگین یافت و فرضیه بازار کارا را در آن‌ها رد کرد؛ بنابراین می‌بینیم که عموماً در ادبیات حوزه سرمایه‌گذاری، بازگشت به میانگین در مقابل کارایی بازار قرار می‌گیرد و این بدین معنی است که آزمودن وجود یا عدم وجود بازگشت به میانگین یک راه آزمودن کارایی بازار است. علاوه بر این برگشت‌پذیری به میانگین نشان می‌دهد که آیا شوک‌ها اثر دائمی بر سیستم دارند یا موقتی هستند. اگر سهام واجد ویژگی بازگشت به میانگین باشد، یعنی فرایندها مانا باشند بایستی شوک‌های قیمتی اثری ناپایدار و موقت داشته باشند و قیمت‌ها طی زمان به مسیر روندی خود بازگردند. از دیدگاه سرمایه‌گذاری، این بدین معنی است که قیمت‌ها بر اساس رفتار قبلی قابلیت پیش‌بینی دارند و در غیر این صورت، اثر شوک‌ها دائمی خواهد بود و قیمت‌ها به تعادل جدیدی رسیده و بر اساس تحرکات تاریخی قابل پیش‌بینی نخواهد بود.

شیرکوند (۲۰۰۴) معتقد است که بسیاری از انواع بازگشت به میانگین، علامت ناکارایی بازار نیستند. او در مطالعات خود نشان داد که بازگشت به میانگین به اشکال بسیار متفاوتی در بازار ظهور می‌کند. به‌ویژه زمانی که توزیع بازده‌های آتی با ریسک گریزی طی زمان تغییر کند؛ بنابراین به‌طور مشخص ادبیات موضوعی از عدم قطعیت، در زمینه تمییز میان کارایی یا ناکارایی بازار یا توسل به ابزار بازگشت به میانگین در رنج است. با توجه به این‌که سرمایه‌گذاری‌ها بیشتر بر مبنای پیش‌بینی بازار توسط سرمایه‌گذاران از سوی تحلیل گران مالی پیگیری می‌شوند و با عنایت بر این‌که در صورت وجود این پدیده این پیش‌بینی مشکل و یا حتی غیرممکن است و هم‌چنین با توجه به این خاصیت، بازگشت به میانگین می‌تواند در تبیین کلی راهبردهای خرید و فروش در بازار سرمایه بسیار مؤثر باشد. ارائه تعریفی از بازگشت به میانگین امری دشوار است چراکه توافق جمعی در مورد یک تعریف جامع و مانع از بازگشت

به میانگین وجود ندارد. در حالت کلی، پژوهش‌هایی که به مطالعه‌ی وجود حباب یا بازگشت به میانگین پرداخته‌اند، فرض صفر این است که قیمت‌ها تابعی از قیمت‌های قبلی، یک جزء رانش و یک جزء اخلال مستقل دارای توزیع یکنواخت است. استقلال جزء اخلال بیان‌گر این امر است که قیمت یک فرآیند گام تصادفی دارای جزء رانش است. در یک گام تصادفی، کلیه‌ی توابع خطی و غیرخطی شوک‌های بازده، باید غیر همبسته باشند.

تعریف۱: یک مدل قیمت‌گذاری، زمانی بازگشت به میانگین است که قیمت دارایی‌ها در آن پس از رسیدن به حداکثر (حداقل)، کاهش (افزایش) یابد (سسچتی، لم، مارک، ۱۹۹۰).

این کلی‌ترین تعریف از بازگشت به میانگین است و یک قاعده‌ی ساده و سرانگشتی در بررسی تاریخی سری‌های زمانی است. بازگشت به میانگین پذیرش فرضیه‌ای بر مبنای تمایل قیمت سهام به حرکت به سمت میانگین قیمت در طول زمان می‌باشد. برای استفاده از بازگشت به میانگین در تجزیه و تحلیل قیمت سهام، نیاز به شناسایی روند معاملات تجاری برای یک سهم و محاسبه میانگین قیمت آن داریم. زمانی که قیمت جاری بازار سهام از میانگین قیمت کمتر است، با توجه به توقع بالا رفتن قیمت آن در آینده، برای خرید جذاب به نظر می‌رسد و زمانی که قیمت جاری بازار بالای میانگین قیمت است، انتظار سقوط قیمت وجود دارد (نارایان، ۲۰۰۷).

اشکال عمده این تعریف وسعت بیش‌ازاندازه آن است که بازار پس از رسیدن به حداکثر فرو خواهد ریخت چراکه یک حداکثر محلی الزاماً نسبت به مقادیر حول آن، مقدار بزرگ‌تری دارد. بدین ترتیب هر فرایندی می‌تواند دارای ویژگی بازگشت به میانگین باشد.

تعریف۲: یک مدل قیمت‌گذاری زمانی بازگشتی به میانگین است که سری بازده مانا باشد.

با توجه به مطالعات پیشین صورت پذیرفته در زمینه مدل گام تصادفی و فرضیه‌ی بازار کارا، مطالعه در زمینه‌ی ناهنجاری موجود در بازار سهام اهمیت زیادی برای کلیه پژوهش‌های متعاقب مرتبط با کارایی

بازار دارد. در یک بازار کارا، کلیه اطلاعات موجود در قیمت جاری سهام منعکس شده، به‌گونه‌ای که پیش‌بینی قیمت‌های آتی امکان‌پذیر نیست. هرچند وجود رویدادهای اصلی قابل‌مشاهده مسائل مالی از قبیل اثرات فصلی، اثرات آخر هفته، اثرات شروع سال جدید و تلاطم خوشه‌ای، تخمین قیمت‌های سهام و بزرگی تغییرات آن را تا حدودی ممکن ساخته‌اند ولی تخمین قیمت‌ها از منظر یکی از جنبه‌های بسیار مهم در زمینه درآمد غیرعادی بازده سهام، مطالعه روی ناهنجاری بازار سهام را به عنوان موضوع بااهمیتی برای پژوهش‌ها شکل داده‌اند. برخی از پژوهش‌های اولیه در زمینه ناهنجاری بازار سهام، نشان داده‌اند که تغییرات بزرگ در قیمت یک دارایی، اغلب تمایل به تغییرات بزرگ دیگر و تغییرات کوچک، اغلب تمایل به تغییرات کوچک دیگر دارد و بدین معنی است که تغییرات قیمت دوره بعدی با تغییرات قیمت دوره جاری مرتبط است (مل، ۲۰۰۷).

بازگشت به میانگین جزء طبیعت قیمت کالا در نظر گرفته می‌شود. طبق نظریه اساسی اقتصاد خرد، در بلندمدت، قیمت کالا به هزینه تولید حاشیه‌ای آن میل خواهد کرد. به طور مثال اگرچه قیمت‌های فروش نفت نوسان معقولی دارند اما تمایلی به سمت بازگشت به فروش نرمال و متوازن وجود دارد. چندین مدرک برای اثبات خصوصیت بازگشت به میانگین از قبیل آزمون‌های اقتصادی پیلیپوویک (۱۹۹۸) در قیمت نفت وجود دارد. پیندیک و رابینفیلد (۲۰۰۰) با استفاده از آزمون ریشه واحد دیکی فولر فرضیه گام تصادفی را برای یک سری زمانی بلندمدت (بیشتر از صد سال) رد کردند؛ اما آن‌ها اشاره می‌کنند که بازگشت قیمت نفت به یک سطح تعادلی در درازمدت احتمالاً به آهستگی انجام می‌شود.

در ادامه رابطه بین بازگشت به میانگین و معاملات جفتی بسط داده می‌شود.

۲.۵.۲ فروش استقراضی

در علم مالی، فروش استقراضی عمل فروختن دارایی و معمولاً اوراق بهاداری است که از شخص ثالثی (معمولاً یک کارگزار) و با هدف خریدن مشابه همان دارایی در آینده جهت پس دادن آن به قرض دهنده، قرض گرفته می‌شوند. فروشندگان استقراضی امیدوارند که از کاهش قیمت آن دارایی پس از فروش و تا قبل از خرید مجدد آن سود کنند. همچنین درصورتی‌که قیمت افزایش یابد، فروشنده استقراضی متحمل ضرر می‌شود چراکه مجبور است آن دارایی را در قیمتی بالاتر ازآنچه فروخته خریداری کند. این ضرر محدود به کل بهای دارایی فروخته شده است. از دید ریاضی، فروش استقراضی برابر با خرید دارایی با حجم منفی است. فروش استقراضی همواره محدود به دارایی‌هایی است که در بازارهای اوراق بهادار، کالا و ارز مبادله می‌شوند و حجم ورود و خروج این دارایی‌ها در آن بازار تا خرید مجدد دارایی قرض گرفته‌شده، در هر زمان قابل کنترل می‌باشد (سلان، رابرت، ۲۰۰۹).

- فروشنده استقراضی سهام را معمولاً از کارگزاری قرض می‌گیرد. ازآنجایی‌که کارگزار همواره تعداد زیادی اوراق بهادار قابل جایگزین را نگه‌داری می‌کند، قرض دهنده از حق فروش اوراق بهادار خود مادامی‌که آن‌ها را قرض داده است، محروم نمی‌ماند. هر زمان که فروشنده استقراضی مناسب دید و یا هنگامی‌که قرض دهنده تقاضای برگشت سهام خود را داشته باشد، فروشنده استقراضی، معادل سهام را تهیه و به قرض دهنده بازمی‌گرداند. در این پژوهش فرض شده که فروش استقراضی به صورت تئوری وجود دارد تا استراتژی معاملات جفتی به صورت دقیق و درست قابلیت اجرا داشته باشد.درواقع اعمال این مدل در بورس اوراق بهادار تهران شامل محدودیت‌هایی می‌شود. یکی از آن‌ها عملیاتی نبودن فروش استقراضی در این بازار است، که هنوز بستر و شرایط لازم مهیا نیست؛ که شنیده‌ها خوشبختانه حکایت از شروع این اتفاق مالی در سالیان پیش رو می‌باشد.

۱.۲.۵.۲ ریسک‌های موجود در فروش استقراضی

عموماً به فروش استقراضی به عنوان یک استراتژی سرمایه‌گذاری با درآمد منفی نگاه می‌شود؛ زیرا هیچ پتانسیلی برای دریافت سود تقسیمی ندارد. سهام فقط در یک دوره نسبتاً طولانی نگهداری می‌شود تا مطابق با قرارداد فروخته شود و بنابراین بازده آن فقط به بازگشت سرمایه محدود می‌شود که به عنوان درآمد عادی به آن مالیات تعلق می‌گیرد. به همین دلیل خریدن سهام یک نمودار، ریسک بسیار متفاوتی با فروش استقراضی دارد. علاوه بر آن زیان خرید محدود می‌شود؛ زیرا قیمت برخلاف بهره فقط می‌تواند به سمت صفر برود. همان‌طور که هیچ محدودیتی در تئوری برای بالا رفتن قیمت وجود ندارد. از طرف دیگر، بهره ممکن فروشنده فروش استقراضی با در نظر گرفتن این موضوع که پتانسیل زیان از نظر تئوری محدودیتی ندارد، به قیمت اصلی سهام که فقط می‌تواند به سمت صفر کاهش یابد محدود می شود.

برخی فروشنده‌های استقراضی پس از فروش سهام استقراضی به کارگزار دستور توقف[۱۴] می‌دهند. این دستور به منظور پوشش موقعیت، جهت محدود کردن زیان درصورتی‌که قیمت سهام بالا رود، استفاده می‌گردد. چنانچه قیمت سهام به سرعت بالا رود، کارگزار ممکن است تصمیم بگیرد موقعیت فروشنده استقراضی را بلافاصله و بدون موافقت او پوشش دهد.

فروشنده استقراضی، اوراق بهادار استقراض شده را درنهایت به کارگزار تحویل می‌دهد و برای خرید آن‌ها به پول نیاز دارد، بنابراین کارگزار متحمل ریسک اعتباری خواهد شد. به منظور مدیریت ریسک، فروشنده استقراضی ملزم به نگه‌داری حساب حاشیه‌ای در نزد کارگزاری می‌باشد و بهره‌ای بر مبنای

[۱۴] Stop order

مبلغ درگیر شده، هزینه کند. به‌علاوه، معامله‌گر هزینه‌های دیگری در فروش استقراضی متحمل می گردد:

- هزینه قرض گرفتن[۱۵]؛ عبارتست از مزد پرداخت شده به قرض دهنده اوراق بهادار جهت قرض گرفتن اوراق بهادار. هزینه قرض گرفتن سهام معمولاً در مقایسه با اجرت پرداختی به کارگزار و سود تعلق گرفته ناچیز است.
- کارمزد؛ عبارتست از مبلغی که به کارگزار به دلیل تسهیل فروش استقراضی توسط مشتری دریافت کننده این سرویس معادل با کمیسیون خرید همان سهام پرداخت می‌گردد (آولیون، ۲۰۰۲).

۳.۵.۲ سرمایه‌گذاری بازار خنثی

معاملات جفتی به عنوان استراتژی بازار خنثی مطرح می‌شود. نیکولاس در کتاب «سرمایه‌گذاری بازار خنثی: استراتژی خرید/ فروش در صندوق‌های تأمینی[۱۶]» نوشته است: گروهی از استراتژی‌های سرمایه‌گذاری که به منظور خنثی کردن ریسک‌های بازار، موقعیت‌های خرید و فروش در ابزارهای مالی را اتخاذ می‌کنند، سرمایه‌گذاری بازار خنثی تلقی می‌شوند. این رویکردها به دنبال محدود کردن ریسک‌های سیستماتیک ناشی از تغییر در متغیرهای اقتصاد کلان و یا تمایلات بازار، می‌باشند.

استراتژی‌های بی‌شمار بازار خنثی شامل موارد زیر است:

- آربیتراژ اوراق بهادار قابل تبدیل[۱۷]

---

[۱۵] Borrow Cost

[۱۶] Market Neutral Investing: Long/ Short Hedge Fund Strategies

[۱۷] Convertible Arbitrage

- سهام بازار خنثی[۱۸]
- آربیتراژ اوراق با درآمد ثابت[۱۹]
- آربیتراژ ادغامی[۲۰]
- آربیتراژ اوراق قرضه با پشتوانه رهنی[۲۱]
- آربیتراژ ارزش نسبی[۲۲]
- آربیتراژ آماری[۲۳]

استراتژی‌های بازار خنثی، در انواع مختلف دارایی سرمایه‌گذاری می‌کنند. برای مثال آربیتراژ اوراق بهادار قابل تبدیل، بر روی اوراق بهادار قابل تبدیل موقعیت خرید و بر روی سهام عمومی موقعیت فروش استقراضی می‌گیرد. یا به عنوان مثالی دیگر آربیتراژ ادغامی موقعیت خرید و فروش استقراضی را بر روی سهام شرکت‌هایی که درگیر ادغام هستند، می‌گیرد. بازار خنثی، می‌تواند هم در سرمایه‌گذاری در سطح تک دارایی و هم در سطح پرتفوی ایجاد شود. باوجوداینکه استراتژی‌ها چه از نظر ترکیب دارایی و چه از نظر متدولوژی اختلاف زیادی دارند، اما همگی به دلیل دریافت بازده از طریق رابطه بین خرید و فروش استقراضی به صورت هم‌زمان، تحت استراتژی بازار خنثی می‌باشند.

[۱۸] Equity Market Neutral

[۱۹] Fixed Income Arbitrage

[۲۰] Merger Arbitrage

[۲۱] Mortgage Backed Securities Arbitrage

[۲۲] Relative Value Arbitrage

[۲۳] Statistical Arbitrage

۱.۳.۵.۲ آربیتراژ آماری

بهترین نوع سرمایه‌گذاری بدین صورت تعریف می‌شود: «ارزان بخرید و گران بفروشید». اگر شخصی بتواند هر دو جنبه این جمله را پیاده‌سازی کند - خریدن و فروختن - بدون این‌که ذره‌ای سرمایه از دست بدهد، آربیتراژ خالص[۲۴] را شناسایی کرده و از آن بهره برده است که به عنوان آربیتراژ بدون ریسک شناخته می‌شود. شناسایی آربیتراژ، فعالیتی بسیار طاقت‌فرسا است؛ خریدن یک کالا یا سهم پایین ارزش قیمتی، خود باعث می‌شود که تقاضا برای آن بالا رود و به‌تبع آن، قیمتش نیز به سمت بالا حرکت کند؛ درحالی‌که فروش کالا یا سهم بالای ارزش قیمتی، عرضه را زیاد می‌کند و به‌تبع آن، قیمتش پایین می آید.

علت افزودن واژه «آماری» به آربیتراژ به این دلیل است که روابط آربیتراژ آماری بسیار شایع‌تر از فرصت‌های آربیتراژ خالص می‌باشد. در استراتژی‌های آربیتراژ آماری با اطمینان از اتفاقات آینده خبر نداریم؛ بنابراین، دیدگاه‌های احتمالی را درباره آنچه ممکن است اتفاق بیفتد، ایجاد می‌کنیم. آربیتراژ آماری همچنین به استفاده از آمار در تشخیص فرصت‌های آربیتراژی ارجاع داده می‌شود.

۲.۳.۵.۲ ارتباط بازار خنثی به معاملات جفتی

هنگامی‌که یک موقعیت هم‌زمان در ارتباط با موقعیت دیگر گرفته می‌شود تا در معرض ریسک مستقیم قرار نگیرد، استراتژی بازار خنثی اغلب پوششی را در مقابل ریسک بازار فراهم می‌کند. این بدین معنی نیست که سرمایه‌گذاری بازار خنثی، ریسک خنثی یا حتی بدون ریسک می‌باشد. به‌هرحال ریسک‌ها با حالتی که مستقیماً به سرمایه‌گذاری خرید مرتبط هستند متفاوت می‌شوند.

---

[۲۴] Pure Arbitrage

معامله گران جفتی، ریسک مستقیم را از طریق گرفتن موقعیت خرید روی یک دارایی در یک صنعت خاص و گرفتن موقعیت هم‌زمان فروش استقراضی با یک مقدار دلار برابر در یک دارایی دیگر عموماً مرتبط در همان صنعت، محدود می‌کنند. برای مثال خرید ۱۰۰۰۰ دلار روی سهام A و فروش استقراضی ۱۰۰۰۰ دلار روی سهام B. سود نسبت به اختلاف قیمت بین دو دارایی و صرف‌نظر از جهت بازار تغییر می‌کند.

یکی از تازه‌ترین و رایج‌ترین فرم‌های استفاده شده آربیتراژ آماری، بحث معاملات جفتی است. معاملات جفتی از زمانی که سهام بوده، وجود داشته است و به عنوان پایه بسیاری از استراتژی‌های تجاری به خدمت گرفته شده است. معاملات جفتی استراتژی محسوب می‌شود که در آن سرمایه‌گذار به طور هم‌زمان، یک سهام را می‌خرد و سهامی دیگر را می‌فروشد تا از شکاف میان آن دو سود کسب کند. سرمایه‌گذار امیدوار است که دارایی که او خریده است متناسب با دارایی که او فروش استقراضی کرده است، بالا برود. آنچه اهمیت دارد، جهش متناسب و مرتبط قیمت‌ها است نه جهش قطعی قیمت‌ها. معاملات جفتی همچنین یک استراتژی بازار خنثی است که یک موقعیت خرید با یک موقعیت فروش در ابزارهای همبسته از قبیل دو سهام، صندوق‌های قابل معامله در بورس، ارز و کالا را مطابقت می‌دهد. معامله‌گر جفتی منتظر ضعیف شدن همبستگی می‌ماند، سپس خرید را بر روی دارایی با عملکرد ضعیف‌تر و هم‌زمان فروش استقراضی را بر روی دارایی با عملکرد بهتر انجام می‌دهد و موقعیت‌ها را به هنگام برگشت رابطه به حالت نرمال آماری خود می‌بندد. برای معامله گران بازار امکان‌پذیر است که از طریق شرایط متغیر بازار شامل پریودهایی که بازار صعودی یا نزولی می‌شود و همچنین پریودهایی که نوسان قیمت بالا یا پایین است سود کسب کند (بارونیاز، سنر، ۲۰۱۰).

۴.۵.۲ ریسک‌های موجود در معاملات جفتی

اگرچه آربیتراژ خالص یک استراتژی فاقد ریسک است اما معاملات جفتی درگیر ریسک‌های مخصوصی می‌شوند که شامل ریسک مدل و ریسک اجرا می‌باشد.

معامله گران جفتی در معرض ریسک مدل می‌باشند. هنگامی‌که مدل انتخاب شده برای استراتژی، انتظارات را برآورده نمی‌کند این نوع ریسک اتفاق می‌افتد. ریسک مدل می‌تواند به علت تعدادی از عوامل از جمله تحقیقات بدون دقت و منطق یا محاسبات ناقص ایجاد شده باشد. حتی بیشتر مدل‌هایی که با دقت انجام می‌شوند هم می‌توانند به دلایل تغییر شرایط محیط و تفسیر غلط نتایج، دچار عیب گردند.

ریسک اجرا عامل دیگری است که می‌تواند اثر منفی بر روی بازده معاملات جفتی بگذارد. ریسک اجرا به این امکان که استراتژی به‌مانند آنچه برنامه‌ریزی شده اجرا نخواهد شد، ارجاع داده می‌شود.

جدا از ریسک‌های مرتبط با معاملات جفتی، این تکنیک سرمایه‌گذاری دارای هزینه‌هایی است که معامله گران باید از آن‌ها آگاه باشند. بدیهی‌ترین هزینه برای هر معامله، کمیسیون یا کارمزد کارگزار است. اگر یک سرمایه‌گذار بخواهد به‌سادگی خرید کند باید یک کمیسیون برای ورود و یک کمسیون برای خروج از معامله پرداخت کند. درصورتی‌که معامله‌گر جفتی باید دو کمیسیون برای ورود و دو کمیسیون برای خروج از هر معامله پرداخت کند. مقدار کمیسیون هم باید در مدل‌ها اعمال شود تا مشخص گردد استراتژی در واقعیت هم می‌تواند سودآور باشد (برگ، ۲۰۱۳).

۵.۵.۲ مزایای معاملات جفتی

ریسک کنترل‌شده: تمرکز معاملات جفتی، تطبیق یک موقعیت خرید با یک موقعیت فروش در دارایی های همبسته است. این مورد ضرورتاً باعث ایجاد پوشش ریسک خواهد شد. مثالی را در معاملات جفتی

در نظر بگیرید که در آن معامله‌گر در سهام ABC خریدار و در سهام XYZ فروشنده استقراضی است. زمانی که دو سهام همبسته باشند، اگر به بازار ضربه‌ای وارد شود ممکن است قیمت برای هر دو سهام سقوط کند. در این مثال هرگونه کاهشی که از طریق موقعیت خرید تحمل می‌شود به وسیله سودی که در موقعیت فروش به دست می‌آید جبران می‌شود.

سود علی‌رغم جهت بازار: از دیگر موارد جذاب معاملات جفتی توانایی آن در ایجاد سود است خواه بازار صعودی یا نزولی باشد. برای یک معامله‌گر جفتی جهت بازار مهم نیست بلکه عملکرد نسبی دو دارایی نسبت به یکدیگر مهم است.

فقدان ریسک مستقیم: ریسک مستقیم بر روی جهت حرکت قیمت اعمال می‌شود. برای مثال یک موقعیت خرید در معرض ریسک پایین آمدن قیمت سهام قرار می‌گیرد. درحالی‌که در معاملات جفتی یک دارایی به عنوان پو شش ریسک در مقابل دارایی دیگر عمل می‌کند که باعث از بین رفتن ریسک مستقیم می‌گردد (برگ، ۲۰۱۳).

۶.۲ پیشینه پژوهشی

تاکنون معاملات جفتی در سراسر جهان توسط انواع مدل‌های گوناگون مورد بررسی قرار گرفته است. این مطالعات بیشتر از جهت روش‌های متفاوت انتخاب جفت سهم بوده است. اکنون پیدایش این استراتژی را همراه با مدل‌های متنوع آن بیان می‌کنیم.

- الیوت، ون در هوک و مالکوم (۲۰۰۵)، در مقاله «معاملات جفتی» با استفاده از زنجیره مارکوف گوسی بازگردانده به میانگین اختلاف قیمت را مدل کردند و تصمیم‌گیری برای اجرای معاملات جفتی را با استفاده از الگوریتم ای ام اجرا کردند. درنهایت با استفاده از شبیه‌سازی نشان دادند که سود قابل ملاحظه‌ای می‌توان از این مدل در معاملات جفتی حاصل کرد.

- گاتو (۲۰۰۶)، در مقاله «معاملات جفتی: عملکرد ضابطه آربیتراژ ارزش نسبی» سودآوری و عملکرد استراتژی معاملات جفتی تحت روش کمترین فاصله برای انتخاب جفت‌ها و آستانه سازی برای انجام معاملات بر روی بازار آمریکا از سال ۱۹۶۲ تا سال ۲۰۰۲ را بررسی کرده و دریافت که با وجود اعمال هزینه معاملات و عوامل ریسک، بازده ۱۱٪ سالانه ایجاد می‌شود. به‌علاوه، دریافت که سود مورد نظر از معاملات جفتی، حاصل از قیمت‌گذاری‌های اشتباه موقت در هر یک از جفت‌ها ست و این خود حاکی از وجود آربیتراژ آماری می‌باشد.
- پاپاداکیس (۲۰۰۷)، در مقاله «معاملات جفتی و حسابداری» تأثیر وقایع اطلاعات حسابداری بر روی سودآوری این استراتژی را با استفاده از مدل ارائه شده در مقاله گاتو (۲۰۰۶) بر روی سهام آمریکا از سال ۱۹۸۱ تا سال ۲۰۰۶، بررسی کرد. نتایج نشان داد، جفت‌ها به دفعات بیشتر در زمان وقایع اطلاعات حسابداری باز می‌شوند تا در حالت عادی. علاوه به راین، جفت‌هایی که بلافاصله بعدازاین وقایع باز می‌شوند، سودآوری کمتری نسبت به دیگر جفت‌ها دارند. همچنین، چنانچه بستن موقعیت‌های باز با تأخیر به بعد از وقایع موکول شوند، سود بالاتری عاید خواهد شد. به‌طورکلی نتایج نشان می‌دهد که وجود شیفت در قیمت سهام به علت وقایع اطلاعات حسابداری، تأثیر به سزایی بر روی سودآوری معاملات خواهد داشت.
- هاک (۲۰۰۹)، در مقاله «انتخاب و برتری جفت‌ها: برنامه‌ای شاخص S&P100» سودآوری مدل ارائه شده تحت روش استفاده از پیش‌بینی چندگانه و تصمیم‌گیری چند معیاره به منظور رسیدن به یک رتبه‌بندی برای انتخاب سهام و استفاده از ماتریس تصمیم و شبکه عصبی را برای مدل کردن اختلاف قیمت‌ها بر روی سهام موجود در شاخص S&P100 بررسی کرد و نتایج حاکی از کسب بازده بالا بود. به‌علاوه، نشان داد این روش پتانسیل بالایی برای شناسایی سهام با قیمت بالا و یا زیر ارزش واقعی بازار خود را دارد.

- بارونیان، بادوروگلو و سنر (۲۰۱۰)، در مقاله «بررسی استراتژی‌های معاملات جفتی تصادفی تحت رژیم نوسانات مختلف» مدل‌هایی را به منظور انتخاب بهینه جفت سهم‌ها به شکل ترکیبی از روش آزمون دیکی فولر، آزمون علیت گرنجری دوطرفه و آزمون نرخ عوامل بازار ارائه دادند و در ادامه معاملات را با استفاده از مدل واسیسک و آستانه سازی دو انحراف معیار بر روی داده‌های هفتگی سهام موجود در شاخص داو جونز از سال ۱۹۹۹ تا سال ۲۰۰۶ پیش بردند و نتیجه هر یک از آن‌ها سود قابل‌ملاحظه‌ای بود که حاصل گردید. به‌علاوه، بهترین نتیجه کسب شده به دوره بحران و پرنوسان در سال ۲۰۰۸ اشاره شده است.
- دو و فاف (۲۰۱۰)، در پژوهش «آیا سودآوری معاملات جفتی از هزینه‌های معاملاتی‌اش بیشتر است؟» کار گاتو را گسترش دادند و نشان دادند، اگرچه سودآوری معاملات جفتی به‌طورکلی کاهش یافته است، استراتژی مورد نظر در طول دوره زمانی آشوب، مثل بحران مالی اخیر، عملکرد قابل‌توجهی داشته است.
- تورین و یان (۲۰۱۱)، در مقاله «معاملات جفتی پویا با استفاده از رویکرد کنترل تصادفی» کارایی و سودآوری در یک دوره زمانی ثابت را در مدل پویای معاملات جفتی بر پایه تئوری کنترل آماری بهینه بر روی پرتفوی متشکل از دو سهم همبسته و یک دارایی بدون ریسک (حساب بانکی) از طریق معادله همیلتون جاکوبی بلمن نشان دادند. به‌علاوه، موقعیت‌های بهینه در دو دارایی را برای رسیدن به بالاترین بازده تعیین می‌کنند.
- ژانگ (۲۰۱۲)، در مقاله «تحقیق بر روی اثرات مدرن معاملات جفتی» به نوعی تأثیر آستانه‌های متفاوت در مدل فاصله و زمان‌های متفاوت در دوره شکل‌گیری برای انتخاب سهام را بر سودآوری استراتژی معاملات جفتی بر روی دو جفت همبسته دلخواه بررسی کرد و نتایج حاکی

از این بود که رابطه بین سودآوری و اندازه آستانه به شرایط اقتصادی دوره شکل‌گیری مورد بررسی بستگی دارد.

- لیندبرگ (۲۰۱۲)، در مقاله «معاملات جفتی با هزینه فرصت» اختلاف قیمت بین دو سهم را از طریق فرایند اورشتاین او هلنبک مدل کرد و با اعمال هزینه فرصت و محدودیت توقف ضرر، سود قابل‌ملاحظه‌ای را مشاهده نمود. به‌علاوه، در این مقاله استراتژی نقدینگی بهینه به منظور دستیابی به بهینه‌ترین سود موجود در هزینه فرصت مطالعه شده است و نتایج حاصل آن نمایش داده شده است.
- ژنگ کین زنگ و چای لی (۲۰۱۲)، در مقاله «معاملات جفتی: آستانه مطلوب و سودآوری» به دنبال پیدا کردن یک آستانه بهینه برای پارامترهای فرایند اورشتاین اوهلنبک به منظور افزایش متوسط سود معاملات در بلندمدت، دو سهام کوکاکولا و پپسی را از سال ۲۰۰۹ تا سال ۲۰۱۲ مورد بررسی قرار دادند و درنهایت آستانه‌ای نزدیک به میانگین باقی‌مانده‌های اختلاف قیمت دو سهم دست یافتند.
- بروسارد و وایهکوسکی (۲۰۱۲)، در مقاله «سودآوری استراتژی معاملات جفتی در یک بازار غیر نقدی با طبقه‌بندی چندگانه سهم» سودآوری این استراتژی را بر اساس مدل پیشنهاد شده در مقاله گاتو (۲۰۰۶) در بازار فنلاند از سال ۱۹۸۷ تا سال ۲۰۰۸ تحت ساختارهای وزن دهی متفاوت و محدودیت‌های اولیه معاملات بررسی کردند و نتایج بازگوکننده سود قابل‌ملاحظه‌ی ۱۲٪ سالانه حتی با یک روز تأخیر بعد از مشاهده سیگنال برای ورود بود. درنهایت به سودآوری بیشتر معاملات در صورت پایین آوردن آستانه‌های ورود به معامله و رسیدن به آلفای مثبت در جریان معاملات پی بردند.

- پیزاتیلو (۲۰۱۳)، در پژوهش «یک نکته در مورد اثربخشی معاملات جفتی برای سرمایه‌گذاران فردی» با در نظر گرفتن تمام محدودیت‌های فروش استقراضی، هزینه معاملاتی، هزینه بهره و تضمین نقدی در معاملات جفتی که قابل اجرا برای سرمایه‌گذار حقیقی باشد، تحت روش کمترین فاصله برای انتخاب جفت‌ها و آستانه سازی برای انجام معاملات و با بررسی بازار ایتالیا از سال ۲۰۰۲ تا سال ۲۰۰۴، شواهدی قوی مبنی بر سودآوری ارائه داد.
- هاک در سال (۲۰۱۳)، در مقاله «حساسیت بالای بازده معاملات جفتی» روش کمترین فاصله را بر روی سهام اس اند پی ۵۰۰ آزمون نمود و حساسیت بازده نسبت به تغییرات طول دوره شکل‌گیری را بررسی نمود. نتایج نشان داد که تغییر منطقی در این پارامتر می‌تواند منجر به بازده مثبت بالایی گردد.
- بوگومولو (۲۰۱۳)، در مقاله «معاملات جفتی برپایه تغییرات آماری فرایند اسپرد» بر اساس یک روش غیر پارامتری جدید برپایه محدودیت‌های رنکو و کاگی که توسط پاستوخو به دنیای آکادمیک معرفی گشته‌اند عملکرد معاملات را بر روی داده روزانه سهام بازار آمریکا و استرالیا مورد آزمون قرار داد. در این روش تنها فرض، ثبات معنادار ویژگی‌های آماری (نوسان پذیری) اختلاف قیمت جفت موردنظر در طول زمان می‌باشد و با توجه به نتایج، میانگین بازده ۳,۶٪ ماهانه و نسبت شارپ ۳,۴ سالانه را شاهد بوده است.
- هاک (۲۰۱۴)، در مقاله «استراتژی معاملات جفتی در بازار بورس DHAKA: اجرا و تجزیه و تحلیل سودآوری» بر روی بازار کشور جهان سوم بنگلادش، مدل سودمندی را به این مضمون ارائه داد: برای انتخاب جفت سهام از آزمون جانسون[۲۵] استفاده می‌کند. سپس جفت سهام را با

[۲۵] Johanson Test

استفاده از مدل تصحیح بردار خطا[۲۶] مدل می‌کند و درنهایت با استفاده از باقی‌مانده‌های مدل تخمین زده شده معاملات جفتی را انجام می‌دهد. این مدل را بر روی ۲۰ سهم بازار بنگلادش اجرا گردید و درنهایت بر روی ۳ جفت منتخب، دوره معاملات را با داده‌های آنلاین و داده‌های تاریخی مدل شد و در هر دو حالت سود بالایی حاصل گشت. با توجه به نتایج کسب شده، بازار بنگلادش را از جهت نوسانات مکرر، برای معاملات جفتی مناسب معرفی کردند.

- هاک و افاوبو (۲۰۱۴)، در مقاله «معاملات جفتی و انتخاب روش: هم انباشتگی بهترین است؟» عملکرد و سودآوری روش‌های مختلف انتخاب سهام در معاملات جفتی (روش کمترین فاصله، هم انباشتگی و آزمون دیکی فولر) را بر روی شاخص اس اند پی ۵۰۰ بررسی کردند و نتایج حاصله این‌گونه بود که روش کمترین فاصله عملکرد ضعیفی دارد، آزمون دیکی فولر بعد از اعمال هزینه معاملات سود چندانی ایجاد نمی‌کند و روش هم انباشتگی حتی بعد از اعمال هزینه معاملات و عوامل ریسک، سود قابل‌ملاحظه‌ای به وجود می‌آورد.
- کالداس و مورا (۲۰۱۴)، در مقاله «آیا معاملات جفتی حساس به استراتژی هستند؟» عملکرد و سودآوری استراتژی معاملات جفتی را در کشورهای آمریکا، برزیل و اروپا و تحت دو روش فاصله و هم انباشتگی برای انتخاب جفت سهام، مقایسه و بررسی کردند. نتایج مقاله نشان می دهد که روش هم انباشتگی در برزیل با ۲۳٪ سالانه و در اروپا با ۱۳,۷۳٪ سالانه بدون هیچ‌گونه همبستگی با جریان بازار عملکرد بهتری داشته، درحالی‌که در آمریکا روش فاصله با ۱۰,۴۷٪ سالانه سود بهتری حاصل کرده است.
- لی، چوی و لیانگ لی (۲۰۱۴)، در مقاله «آیا معاملات جفتی در بازار سهام چین سودآور است؟» از طریق نرخ شارپ و ارزش در معرض ریسک، عملکرد استراتژی معاملات جفتی تحت روش

[۲۶] Vector Error Correction Model

تصحیح خطا را بر روی ۳۸ سهام موجود در بورس لیست دوگانه کشور چین و بورس هنگ کنگ از سال ۲۰۰۹ تا سال ۲۰۱۳ بررسی کردند. نتایج نشان می‌دهد که بعد از تعدیل ریسک سیستماتیک به بازده ۱۷,۶٪ سالانه رسیده‌اند.

- شو یو چن و ماکس چن (۲۰۱۴)، در مقاله «معاملات جفتی با مدل‌های سه رژیمه اتورگرسیو GARCH» اختلاف قیمت بین دو سهم را از طریق تارگارچ سه رژیمه[۲۷] مدل کردند و رژیم‌های بالا و پایین را به عنوان سیگنال‌های ورود و خروج در نظر گرفتند. سپس با استفاده از مونت‌کارلو زنجیره مارکوف[۲۸] مدل را تخمین زدند. این روش ترکیبی را بر روی سهام موجود در شاخص داو جونز از سال ۲۰۰۶ تا سال ۲۰۱۳ آزمون کردند و آن را سودآور یافتند.
- جون، لیو و زو (۲۰۱۴)، در مقاله «معاملات جفتی با کاپولا» از تکنیک کاپولا برای به دست آوردن رابطه خطی و غیرخطی بین جفت‌ها استفاده کردند و با استفاده از یک جفت منتخب در لیست بورس نیویورک، نشان دادند در مقایسه با روش فاصله، سود بالاتری ایجاد می‌کند.
- ژاکوبس و وبر (۲۰۱۴)، در مقاله «عوامل تعیین‌کننده روی سودآوری معاملات جفتی» بر روی ۳۴ بازار بین‌المللی سهام با استفاده از روش کمترین فاصله، معاملات جفتی را مورد آزمون قراردادند و بر اساس نتایج تجربی، در تمام بازارها بازده‌های غیرطبیعی و بالا به دست آوردند. به‌علاوه بر روی بازار آمریکا تجزیه‌وتحلیلی بر مبنای پی بردن به دلایل سودآوری این استراتژی انجام دادند. یافته‌ها حاکی از تأثیر انواع اخبار مالی و زمان انتشار آن در مورد سهام موردنظر، میزان توجه سرمایه‌گذاران به موقعیت‌های پیش‌آمده برای معاملات در طول زمان و شدت

[۲۷] Three Regime TAR-GARCH

[۲۸] Markov Chain Monte Carlo

محدودیت‌های اعمال‌شده بر روی آربیتراژ آماری که همگی در طول زمان متغیر بوده‌اند، بر روی عملکرد متفاوت این استراتژی در طول زمان بوده است.

- چیو او ونگ (۲۰۱۵)، در مقاله «همبستگی پویا معاملات جفتی: استراتژی‌های سازگار با میانگین واریانس زمانی» با استفاده از روش کلاسیک میانگین واریانس، معادلات دینامیک بهینه بر روی دارایی‌های همبسته را بررسی کردند و به‌منظور رسیدن به راه‌حل از معادلات غیرخطی همیلتون جا کوبی بلمن استفاده کردند. این محاسبات ثابت می‌کند که همبستگی بین دو دارایی می‌تواند فرصتی برای آربیتراژ آماری به وجود بیاورد. به عبارتی، پایه‌ای تئوری برای سرمایه‌گذارانی که به معاملات جفتی بر اساس همبستگی اعتقاددارند ایجاد می‌کند.
- خو و لی (۲۰۱۵)، در مقاله «آربیتراژ پرهزینه از طریق معاملات جفتی» سهام موجود در لیست دوگانه کشور چین را بر اساس مقاله گاتو در سال (۲۰۰۶) و با در نظر گرفتن هزینه معاملات به‌منظور رسیدن به یک سطح توقف بهینه در معاملات، موردبررسی قراردادند. نتایج کسب‌شده مهر تأییدی بر کارا بودن مطالعات صورت گرفته بودند.
- یانگ، تیسای، شیو و پانگ (۲۰۱۵)، در مقاله «معاملات جفتی: عملکرد یک مدل اسپرد تصادفی با شواهدی از رژیم سوئیچینگ S&P500» از طریق ترکیب مدل تعویض رژیم مارکو و مدل واسیسک برای اجرای معاملات جفتی، عملکرد آن را با عملکرد روش کمترین فاصله بر روی سهام موجود در شاخص S&P500 از ژانویه ۲۰۰۶ تا سپتامبر ۲۰۱۲ مورد مقایسه قراردادند. نتایج تجربی گواهی بر عملکرد بهتر مدل ارائه‌شده بودند. به‌علاوه، نشان می‌دهند که دوره معاملات کوتاه‌تر نتایج بهتری کسب می‌کنند و هر دو مدل در دوره بحران مالی سال ۲۰۰۸ تا ۲۰۰۹ عملکرد رضایت‌بخش‌تری داشته‌اند.

- هاک (۲۰۱۵)، در پژوهش «معاملات جفتی: آیا نوسانات زمانی مهم است؟» با استفاده از سهام دو شاخص S&P500 و NIKKEI225 عملکرد معاملات جفتی را بر اساس روش‌های مختلف انتخاب (روش کمترین فاصله، روش هم انباشتگی و روش ایستا[۲۹]) در طول ۱۰ سال مورد آزمون قرار داد. نتایج نشان می‌داد در هر دو بازار، روش هم انباشتگی بهترین عملکرد را داشته است و در هر دو بازار، تمامی استراتژی‌ها در طول دوره رکود مالی عملکرد تأثیرگذاری به نمایش گذاشته‌اند. در این مقاله سعی بر آزمون ارتباط بین زمان نوسانات و عملکرد معاملات بوده است و نشان داده می‌شود که هیچ‌گونه ارتباط منطقی وجود ندارد.
- انگو و فام (۲۰۱۶)، در پژوهش «سوئیچینگ بهینه برای قانون معاملات جفتی: رویکرد راه‌حل‌های ویسکوزیته» که به دنبال دست‌یابی به قواعد بهینه دوره معاملات به‌منظور کسب سود بالاتری بودند با استفاده از دو دارایی همبسته که اختلاف قیمت آن دو از خاصیت بازگشت به میانگین تبعیت می‌کند از طریق روش تعویض مشکل بین سه رژیم بهینه (موقعیت بدون نگه‌داری سهام، موقعیت یک سهام خرید و دیگری فروش استقراضی، موقعیت یک سهام فروش استقراضی و دیگری خرید)، قواعد معامله را مدل کردند. به‌علاوه، کارمزد معاملات را نیز در نظر گرفتند. سپس با استفاده از روش ویسکوزیته، معادلات را تجزیه‌وتحلیل نمودند و به نتایج موردنظر دست یافتند.
- راد، لو و فاف (۲۰۱۶)، در مقاله «سودآوری استراتژی معاملات جفتی: روش‌های فاصله، هم انباشتگی و کاپولا» عملکرد سه استراتژی معاملات جفتی (روش فاصله، روش هم انباشتگی و مدل کاپولا) را بر روی بازار سهام آمریکا از سال ۱۹۶۲ تا ۲۰۱۴ بامنظور کردن هزینه معاملات، بررسی کردند. بر اساس نتایج، روش فاصله ۰,۳۸٪، روش هم انباشتگی ۰,۳۳٪ و روش کاپولا

[۲۹] Stationary

۰٫۰۵٪ بازده ماهانه را به دست آوردند و هر ۳ استراتژی ازلحاظ بررسی ریسک، آلفای مثبتی را کسب کردند. با در نظر گرفتن ثبات سود در طول زمان، روش فاصله و روش هم انباشتگی دچار سیر نزولی شدند، درحالی‌که روش کاپولا دست‌خوش تغییری نگردید. به‌علاوه هر سه استراتژی در دوران نوسان و آشوب بهترین عملکرد را از خود به نمایش گذاشتند.

- کراس (۲۰۱۶)، در مقاله «آربیتراژ آماری استراتژی معاملات جفتی: بررسی و چشم‌انداز» حوزه معاملات جفتی را از نظر چارچوب و ادبیات کار شده مرور می‌کند. در ۵ گروه کلی این معاملات را تقسیم‌بندی می‌کند که در روش کمترین فاصله، روش هم انباشتگی، روش سری زمانی، روش کنترل تصادفی و مورد آخر هم سایر روش‌ها خلاصه می‌شوند. درنهایت به ارزیابی هر روش بر اساس سودآوری و قدرت و ضعف هر یک می‌پردازد.
- لو و همکارانش (۲۰۱۷)، در مقاله «رویکرد تک‌مرحله‌ای برای معاملات جفتی بر پایه هم انباشتگی» در طی یک دوره ۱۰ ساله ۲۰۰۷-۲۰۱۶ به مقایسه عملکرد رویکرد دنباله‌ای با رویکرد تک‌مرحله‌ای ADF با توجه به نسبت‌های کالمر و شارپ پرداختند؛ و یک رویکرد تک‌مرحله‌ای جدید ارائه کردند که سود بالقوه را حفظ و از ریسک‌های معاملات حفظ می‌شود. این رویکرد بر مبنای آمار قوی با کنترل ریسک و حداکثرسازی بازده می‌باشد؛ که نتیجه آن نیز بازده بالاتر از روش سنتی در نسبت‌های کالمر و شارپ بود.
- هانگ و مارتین (۲۰۱۷)، در مقاله «استراتژی‌های معاملات جفتی بهینه در چارچوب هم انباشتگی» از رویکرد هم انباشتگی و ECM و DCC و GARCH برای ساخت ۹۸ جفت از ۱۵۲ سهم سه ارز استفاده کردند. سه استراتژی درصد، انحراف استاندارد پسماندهای بلندمدت هم انباشتگی و بولینگر باند (انحراف استاندارد پویا) مقایسه کردند؛ و نتایج آن‌ها نشان

می‌دهد که استراتژی بولینگر باند عامل سود را بهینه‌سازی می‌کند و بالاترین بازده سالانه را نشان می‌دهد.

- چیو و وانگ (۲۰۱۸)، در مقاله «معاملات جفتی پویای قوی با هم‌انباشتگی» به بررسی معاملات جفتی قوی بهینه با استفاده از مفهوم معیار سودآوری و یک تابع خطا در تخمین پارامترها می پردازند. آن‌ها قوانین معاملات جفتی قوی را با همتایان ضعیف آن‌ها با استفاده از شبیه‌سازی داده‌های واقعی مقایسه می‌کنند؛ که نتیجه می‌گیرند، استراتژی قوی از لحاظ تجربی باثبات‌تر و کم خطاتر می‌باشد.
- فرتی و همکارانش (۲۰۱۸)، در مقاله «معاملات جفتی و ثبات اسپرد در بازار سهام اروپا» در چارچوب عرضه و تقاضا کار قبلی خود در سال ۲۰۱۰ برای نشان دادن حرکت و پویایی معاملات جفتی تحقیق کرده‌اند. آن‌ها روی فرایندهایی با انعطاف‌پذیری مناسب تقاضا برای معاملات اسپرد که سرعت بازگشت به میانگین و سودآوری را تعیین می‌کند توجه دارند. استراتژی آن‌ها از هدایت قیمت‌ها برای اهداف تکثیر پرتفو استفاده می‌کندو در ادامه نسبت شارپ را ارائه می‌دهند که در این حالت شاخص بهتری ارائه می‌کند. درنهایت نتیجه‌گیری می‌کنند که عملکرد پرتفو و بازگشت به میانگین پس از اعمال عوامل بنیادی مطرح افزایش می‌یابد.
- ژانگ و آرکوهارت (۲۰۱۸)، در مقاله «معاملات جفتی در بازارهای سهام چین و هنگ‌کنگ» به سودآوری معاملات جفتی را در سرزمین اصلی چین و هنگ‌کنگ از ژانویه ۱۹۹۶ تا جولای ۲۰۱۷ پرداختند. سه نتیجه حاصل از این پژوهش عبارت‌اند از: اول این‌که محدود شدن معاملات جفتی به هر بازار بازده غیرعادی قابل‌توجهی تولید نمی‌کند، بااین‌حال اگر سرمایه‌گذاران بخواهند در بازار اصلی چین و هنگ‌کنگ سرمایه‌گذاری کنند معاملات جفتی پس از کسر هزینه‌های معاملاتی و هزینه‌های ریسک سودآور خواهد بود. دوم این‌که با استفاده از رگرسیون

پنجره رولی سودآوری استراتژی متغیر با زمان خواهد بود. سوم این‌که سودآوری این استراتژی در موقعیت‌های تلاطمی بازار بهتر است. به‌طورکلی فرضیه بازار این است که انباشتگی بازارهای مالی و موقعیت‌های بازار سطح کارایی بازار را تعیین می‌کنند.

- گوپتا و کاترجی (۲۰۱۹)، در مقاله «انتخاب جفت سهام برای معاملات جفتی همراه با روابط تقدم و تأخر» این مطالعه یک معیار فاصله‌ای جدید را که روابط تقدم و تأخر در آن دخیل می شود، معرفی و بهترین جفت‌ها را برای معامله انتخاب می‌کند. علاوه بر ارزش تقدم و تأخر بین سهم‌ها مجاز است به طور پیوسته در طول زمان تغیر کند. اهمیت معیارهای پیشنهادی از طریق آزمایش روی سری داده‌های یک شرکت هندی و یک شرکت آمریکایی بررسی گردید. هنگامی‌که معیار پیشنهادی با معیار حداقل فاصله مرتبط گردید، یعنی زمانی که جفت‌ها از طریق بهینه‌سازی هر دو روش انتخاب شدند، در این صورت به طور مداوم بهترین سود در مقایسه با سایر روش‌ها ایجاد می‌گردد.
- ناکاراتو و همکارانش (۲۰۱۹)، در مقاله «بهینه‌سازی پرتفوی ماکوییتز از طریق استراتژی هم انباشتگی معاملات جفتی در سرمایه‌گذاری بلندمدت»
- فروش باستانی و قاسمی (۱۳۹۱)، در پژوهش «رویکرد کنترل تصادفی برای معاملات جفتی بهینه» با استفاده از معادله هامیلتون ژاکوبی بلمن، یک نوع کنترل تصادفی به منظور کاهش ضرر، بر روی نتایج فرایند اورشتاین اوهلنیک اعمال کرد.
- پاکیزه، اخوان چایچی و صالحی (۱۳۹۱)، در پژوهش «کاربرد استراتژی معاملات جفتی در بازار قراردادهای آتی سکه طلای بهار آزادی» کاربرد معاملات جفتی در بازار قراردادهای آتی سکه در ایران را مورد بررسی قرار دادند و نتایج حاصل، مهر تأییدی بر سودآوری این استراتژی بود.

- عسگری و ابو (۱۳۹۱)، در مقاله «بررسی اثربخشی استراتژی معاملات جفتی بر روی قراردادهای آتی سکه با ترکیب رویکردهای تصادفی و هم انباشتگی» سودآوری معاملات جفتی در بازار قراردادهای آتی سکه در ایران تحت روش فرایند تصادفی اورنشتاین اوهلنبک را نشان دادند.
- جلیلیان و عسگری (۱۳۹۴)، در مقاله «طراحی و اجرای نرم‌افزار استراتژی معاملات جفتی برای استفاده در بازار سرمایه» به طراحی نرم‌افزار با زبان C# و بررسی قابلیت اجرای استراتژی معاملات جفتی در بازار سهام ایران پرداختند و برای این بررسی دو شرکت وبانک و وبیمه را انتخاب نمودند و نتایج حاکی از امکان قابل اجرا بودن این استراتژی برای خرید و فروش این سهام است.
- عزیززاده و عبادی (۱۳۹۶)، در مقاله «انتخاب استراتژی معاملات جفتی بهینه تحت تغییرات آماری فرایند اسپرد» استراتژی معاملات جفتی و یک روش غیرپارامتری جدید بر پایه ترسیمات رنکو و کاگی که دو اندیکاتور ژاپنی هستند برای معاملات ارائه شده‌اند. روش پیشنهادی آن‌ها از اطلاعاتی در مورد تغییرات فرایند اسپرد بهره می‌برد و در آن یک میانگین ثابت بلندمدت برای فرایند اسپرد به دست نمی‌آید اما معامله مانند سایر روش‌های معاملات جفتی انجام می گردد. در این پژوهش ابتدا سودآوری روش پیشنهادی برای فرایند بازگشت به میانگین با تلاطم تصادفی به صورت تئوری اثبات شده و سپس معاملات جفتی براساس این رویکرد روی داده‌های منتخب از بازار بورس اوراق بهادار اجراشده‌اند.

۷.۲ جمع‌بندی مرور مطالعات

روش‌های کمی مختلفی برای توسعه و به‌کارگیری استراتژی معاملات جفتی بیان گردید؛ که مهم‌ترین آن‌ها عبارت‌اند از: رویکرد فاصله‌ای، رویکرد هم انباشتگی، رویکرد کنترل تصادفی و همبستگی. همه این

رویکردها تنها در اندازه‌گیری اسپرد و میزان بازگشت به میانگین با هم متفاوت‌اند، بااین‌حال ایده اصلی ورود به یک موقعیت، زمانی است که انحراف میانگین اسپرد به حد کافی قوی باشد و بستن موقعیت نیز زمانی است که اسپرد نزدیک به میانگینش باشد، رفتار مشترک همه رویکردها است.

یکی از پرکاربردترین این رویکردها، رویکرد هم انباشتگی می‌باشد. در این پژوهش نیز از این رویکرد برای اجرای استراتژی معاملات جفتی، انتخاب زوج سهام، تخمین پارامترها و تعیین معادله اسپرد استفاده شده است. مطابق گاتو (۲۰۰۶) در معادلات جفتی با رویکرد هم انباشتگی معامله‌گر هنگام مشاهده ضعف در روابط تعادلی بلندمدت بین دو دارایی با ایجاد پرتفویی با یک جفت اقدام به موقعیت خرید در دارایی ارزان‌تر و فروش استقراضی در سهم گران‌تر می‌نماید. طبق مفهوم بازگشت به میانگین که توسط هیلرباند (۲۰۰۳) بیان شد هنگام بازگشت دو دارایی به تعادل بلندمدت خود با اتخاذ موقعیت معاملاتی معکوس معامله را تکمیل می‌کنیم. سود این استراتژی از تفاوت بین تغییرات قیمت دو دارایی نتیجه می‌گردد (ویدیامورثی، ۲۰۰۴).

بیشتر تحقیقاتی که در زمینه معاملات جفتی صورت گرفته است بر روی کارایی و عملکرد این استراتژی در بازارهای خارجی متمرکز بوده است. تعدادی از نمونه‌های داخلی که به این استراتژی پرداخته‌اند نیز در قسمت قبل بیان کردیم؛ که هر دو گروه پژوهشی چه داخلی و یا خارجی برای آزمون از اطلاعات روزانه یا بین روزی بازده سهام استفاده کرده‌اند.

ما با بررسی ادبیات و کارهای گذشته تصمیم به مقایسه استراتژی جفتی از نوع رویکرد هم انباشتگی در بازار داخل کشور با استراتژی معاملاتی منفعل گرفتیم؛ که در ادامه و در فصل سوم اقدام به بیان و توضیح مفصل‌تر موضوع پژوهش و معرفی روش مدل می‌کنیم.

۳ فصل سوم

روش‌شناسی پژوهش

۱.۳ مقدمه

می‌توان پذیرفت که هیچ علمی فاقد روش نیست و دست‌آوردهای هر پژوهش علمی در صورتی دارای ارزش هستند که با روش‌های درست اخذ شده باشند. روش‌های متفاوت تحقیق، دانش متفاوتی درباره پدیده مورد مطالعه تولید می‌کنند. یک محقق پس از انتخاب موضوع باید به دنبال تعیین روش تحقیق باشد. انتخاب روش تحقیق به هدف‌ها و ماهیت موضوع پژوهش و امکانات اجرایی آن بستگی دارد، بنابراین هنگامی می‌توان در مورد روش بررسی و انجام یک تحقیق تصمیم گرفت که ماهیت موضوع و اهداف آن مشخص باشد؛ به‌عبارت‌دیگر، هدف از انتخاب روش تحقیق آن است که محقق مشخص نماید چه شیوه و روشی را آغاز کند تا او را هر چه دقیق‌تر و آسان‌تر در دست‌یابی به پاسخ یا پاسخ‌هایی که برای پرسش تحقیق در نظر گرفته‌شده، یاری نماید (صالحی، ۱۳۹۵).

روش پژوهش، یک فرآیند جست وجوی منظم برای مشخص ساختن یک موقعیت نامعین است و انتخاب روش متناسب با تحقیق به بررسی اهداف، سؤالات و فرضیات تحقیق وابسته می‌باشد. درنهایت می‌توان بیان کرد دست‌یابی به اهداف علم یا شناخت علمی میسر نخواهد شد مگر زمانی که با روش‌شناسی درست صورت پذیرد.

معاملات جفتی از زمانی که بورس‌های اولیه راه‌اندازی شده‌اند وجود داشته است و به عنوان پایه‌ای برای اکثر استراتژی‌های معاملات شناخته می‌شود. با توجه به تشریح مفصل معاملات جفتی در فصل پیش، در این فصل مدل‌های انتخاب جفت تشکیل‌دهنده پرتفوی بر روی سهام با استفاده از روابط ریا ضی معرفی می شوند. به‌علاوه نحوه اجرای آزمون‌ها و فر ضیه‌های آماری به منظور تعیین معناداری پارامترهای تخمین زده شده در هر یک از مدل‌ها به طور کامل بیان می‌گردد.

روش استفاده شده در این مطالعه به دو بخش تقسیم می‌شود. بخش اول به فرایند انتخاب جفت معاملاتی می‌پردازد. بحث مفصلی در ارتباط با هم‌انباشتگی و آزمایش‌های مختلفی که ما برای شناسایی روابط هم انباشتگی بین متغیرهای سری زمانی استفاده می‌کنیم در ادامه ارائه می‌گردد. همچنین فرایند مدل‌سازی یک مدل تصحیح خطا برداری (VCEM) معرفی می‌کنیم و اینکه چگونه با وجود هم‌انبا شتگی تعادل ضرورتاً وجود دارد (تئوری گرنجر). این بخش را با بحث در مورد رو شی که ما برای به دست آوردن اسپرد استفاده می‌کنیم به پایان می‌رسانیم.

جزء دوم این مطالعه به شناسایی و تخمین مدل ما و این که چگونه به مسائل اندازه‌گیری بیش از حد در مدل تصحیح خطا برداری غلبه کنیم، می‌پردازد.

۲.۳ معاملات جفتی

یکی از تازه‌ترین و رایج‌ترین مدل‌های استفاده شده آربیتراژ آماری، مبحث معاملات جفتی است. معاملات جفتی از زمانی که سهام بوده، وجود داشته است و به عنوان پایه بسیاری از استراتژی‌های تجاری به خدمت گرفته شده است.

تاکنون معاملات جفتی در سراسر جهان توسط انواع مدل‌های گوناگون مورد بررسی قرار گرفته است. این مطالعات بیشتر از جهت روش‌های متفاوت انتخاب جفت سهام بوده است؛ که در این مطالعه روش هم انباشتگی برای انتخاب جفت‌ها بررسی گردیده است.

۳.۳ جامعه آماری پژوهش

هیچ قانون استانداردی برای تعیین دوره تشکیل و دوره معامله ما وجود ندارد؛ اما به هر حال دوره‌های آزمایشی ما باید به حد کافی طولانی باشد به‌گونه‌ای که ما مطمئن گردیم آیا یک رابطه هم انباشتگی حقیقتاً وجود دارد یا خیر. این بازه زمانی نباید به اندازه ای طولانی شود که اطلاعات کافی برای خروج از دوره معامله وجود نداشته باشد. دوره باید در حدی باشد که فرصت باز و بسته شدن معاملات و آزمون استراتژی وجود داشته باشد. در این پژوهش بورس اوراق بهادار تهران مورد آزمون قرار گرفته است. با توجه به روابط مطرح شده در بخش‌های گذشته ما به یک نوع داده نیاز داریم. به‌طورکلی برای انتخاب هر زوج از میان n سهم موجود در بازار $\binom{n}{2}$ حالت را می‌توان تصور شد. قطعاً بررسی و انجام تست هم‌انباشتگی بر روی تمامی حالت موجود در بازار گزینه مناسبی محسوب نمی‌گردد. ما در بررسی خود

با اعمال فیلترهایی بر اساس اطلاعات روندهای گذشته اقدام به انتخاب می‌کنیم. ازآنجاکه احتمال وجود رابطه هم انباشتگی بین دو سهم از یک صنعت مشترک بیشتر می‌باشد، ما از بین سهم‌های موجود در یک صنعت و با اعمال معیارهایی مانند میزان نقدشوندگی، میزان سرعت معاملات و حجم معاملات به انتخاب پرداختیم. در این پژوهش با بررسی‌های صورت گرفته از اطلاعات قیمتی گروه‌های قندی، سرمایه‌گذاری و خودرویی استفاده کردیم. این داده‌ها برای شرکت‌ها و کالای پذیرفته شده از فروردین ۱۳۹۱ تا اسفند ۱۳۹۶ استخراج گردیده‌اند، به این فاصله خود متشکل از یک دوره شکل‌گیری ۳۶ ماهه و یک دوره معامله ۳۶ ماهه می‌باشد. دوره شکل‌گیری از ۵ فروردین ۱۳۹۱ شروع و تا ۲۷ اسفند ۱۳۹۳ و دوره معامله از ۵ فروردین ۱۳۹۴ شروع و تا ۲۸ اسفند ۱۳۹۶ را شامل می‌گردند. داده‌های مورد نظری که باید استخراج شوند، عبارت‌اند از قیمت سهام، ه با استفاده از تی اس ای کلاینت[۱] که در سایت شرکت مدیریت فناوری بورس تهران موجود است، استخراج گردیده است.

۴.۳ هم انباشتگی

رویکرد هم انباشتگی طراحی شده توسط ودیامورثی (۲۰۰۴) تلاشی برای پارامتری کردن معاملات جفتی با جست و جو احتمال هم انباشتگی می‌باشد (انگل و گرنجر، ۱۹۸۷). هم انباشتگی یک رابطه آماری است که دو سری زمانی که هر دو همبستگی از یک مرتبه مشابه d می‌توانند به صورت خطی ترکیب شوند تا یک سری زمانی واحد که از مرتبه $d-b$ ($b>0$) هم انباشته است، به وجود آورد. کاربردش در معاملات جفتی، به موردی که سری قیمتی سهام برای به وجود آوردن مانایی از مرتبه ۱، $I(1)$، یا سری زمانی پرتفو $I(0)$ ترکیب می‌شوند. این چشم‌انداز پیش‌بینی، زمانی مطلوب است که رگرسیون متغیرهای ناپایا منجر به رگرسیون کاذب شوند (لیم و مارتین، ۱۹۹۵). هم انباشتگی بازگشت

[۱] TSE Client

به میانگین را به یک چهارچوب معاملات جفتی که تنها مهم‌ترین رابطه آماری مورد نیاز برای موفقیت می‌باشد، مرتبط می‌کند. اگر ارزش پرتفو با نوسان پیرامون مقدار تعادلیش شناخته شود سپس هر انحراف از این مقدار می‌تواند منجر به معامله گردد. سری‌های زمانی هم انباشته می‌توانند به طور معادل با یک مدل تصحیح خطا برداری[1] («تئوری نمایش گرنجر») که حرکت یک سری زمانی به عنوان تابعی از وقفه‌هایش و یک جزء تصحیح خطا که انحراف از رابطه تعادلی در دوره قبل را تصحیح می‌کند، نمایش داده شوند. مقصود پیش‌بینی‌هایی می‌باشد که می‌توان بر اساس اطلاعات تاریخی انجام داد.

برای آزمون هم انباشتگی ویدیامورثی (۲۰۰۴) رویکرد دومرحله‌ای انگل و گرنجر (انگل و گرنجر، ۱۹۸۷) اتخاذ می‌کند که قیمت سهام A ابتدا در مقابل قیمت سهام B رگرسیون گرفته می‌شود که به معادله هم انباشتگی ارجاع می‌دهیم:

$$p_t^A - \beta p_t^B = \mu + \varepsilon_t$$ رابطه ۱

در حال که β ضریب هم انباشتگی و جزء ثابت μ مفهوم صرف سهام A در مقابل سهام B می‌گیرد. سری پسماندهای تخمینی سپس برای پایایی توسط آزمون دیکی فولر تعمیم‌یافته (ADF) مورد آزمون قرار می‌گیرند. به عنوان مثال اگر به‌جای p_t^B رگرسیون از p_t^A گرفته شود، یک سری پسماند متفاوت از همان نمونه برآورد می‌شود. این مسئله با استفاده از آماره t انگل و یوهانسن قابل حل می‌باشد.

معادله قبل بیان می‌کند که یک پرتفو شامل خرید ۱ واحد از سهام A و فروش استقراضی β واحد سهام B یک مقدار بلندمدت μ دارد و هرگونه انحراف از این مقدار صرفاً نوسانات موقتی (ε_t) است. پرتفو همواره به مقدار تعادلی‌اش از ε_t که با فرایند $I(0)$ شناخته می‌شود، برمی‌گردد. ویدیامورثی(۲۰۰۴) استراتژی‌های معاملاتی را بر اساس پویایی و حرکت پرتفو توسعه می‌دهد. ای اولیه معاملاتی، باز شدن

[1] Vector Error Correction Model

یک موقعیت خرید[۱] در پرتفو، زمانی که به اندازه کافی کمتر از تعادل بلندمدتش($\mu-\Delta$) و به طور مشابه فروش استقراضی[۲] پرتفو زمانی که بالاتر از ارزش بلندمدتش($\mu+\Delta$) می‌باشد. زمانی که پرتفو بازگشت به میانگین به ارزش تعادل بلندمدتش اتفاق می‌افتد، موقعیت‌ها بسته می‌شوند و سودی معادل با Δ ریال در هر معامله عاید می‌گردد. سؤال کلیدی هنگام تدوین استراتژی معاملاتی این است که ارزش Δ برای حداکثر سازی عملکرد سود چیست. ویدیامورثی (۲۰۰۴) هر دو رویکرد پارامتری و رویکرد تجربی غیر پارامتری برای انجام این تحلیل ارائه می‌کند. رویکرد اول پسماندها یا باقی‌مانده‌ها را به عنوان یک فرایند میانگین متحرک خود همبسته[۳] مدل می‌کند و سپس از فرمول رایس(۱۹۴۵) برای محاسبه نرخ عبور صفر و سطح عبور برای مقادیر مختلف Δ به منظور ترسیم عملکرد سود استفاده می‌کند. مقدار Δ عملکرد سود را حداکثر می‌کند به عنوان محرک معامله انتخاب می‌شود. روش غیر پارامتری جایگزین توزیع تجربی از تقاطع صفر و سطح بر اساس نمونه برآوردی ایجاد می‌کند. Δ بهینه به‌این‌ترتیب انتخاب می‌شود که حداکثر عملکرد سود را از نمونه تخمینی به دست آورد. این مقدار سپس در ساخت پرتفو در زمان واقعی اعمال می‌شود. فرض بنیادی این رویکرد غیر پارامتری برای تعیین Δ این است که حرکت مشاهده شده ε_t تا آینده ادامه دارد.

به نظر می‌رسد این روش به دلیل سادگی و اجتناب از مشخصات اشتباه مدل توسط ویدیامورثی(۲۰۰۴) مورد توجه واقع شده است.

جدای از این که نسبتاً موقتی است، رویکرد ویدیامورثی ممکن است در معرض خطاهای ناشی از به‌کارگیری تکنیک‌های اقتصادسنجی باشد. اولاً، فرایند دومرحله‌ای هم انباشتگی در ارائه نتایج به ترتیب

---

[۱] Long Position

[۲] Short Sell

[۳] AutoRegressive Moving Average (ARMA)

متغیرها حساس می‌باشد، بنابراین باقی‌مانده‌ها ممکن ست مجموعه‌ای متفاوت از خصوصیات آماری داشته باشد. ثانیاً، اگر سری‌های دومتغیره هم انباشته نشوند معادله هم انباشتگی منجر به برآوردهای کاذب می‌گردد(لیم و مارتین، ۱۹۹۵). این امر می‌تواند اثر هرگونه تحلیل بازگشت به میانگین غیرقابل اعتماد داشته باشد.برای غلبه به این مسائل این مطالعه از آزمایش‌های جدی‌تر یوهانسن برای هم انباشتگی بر پایه یک مدل تصحیح خطا برداری (VECM) استفاده می‌کند.

۱.۴.۳ فرایند انتخاب جفت‌های معاملاتی – معرفی هم انباشتگی و تخصیص VECM

اولین و مهم‌ترین تصمیم در استراتژی معاملات جفتی انتخاب جفت‌های قابل معامله می‌باشد. ویژگی بنیادی در هر استراتژی معاملاتی خرید و فروش استقراضی وجود یک رابطه بازگشت به میانگین آماری مشخص بین دارایی‌های قابل معامله است. این مطالعه از قانون هم انباشتگی برای انتخاب جفت سهم استفاده می‌کند. هم انباشتگی اولین بار به کارهای انگل و گرنجر (۱۹۸۷) نسبت داده شد که به دریافت جایزه نوبل در سال ۲۰۰۳ برای آمار منجر گردید.

هم انباشتگی از آن زمان تاکنون کاربردهای بسیاری در تجزیه و تحلیل اقتصاد کلان و اخیراً نقش برجسته و فزاینده‌ای در مدیریت صندوق‌ها و ساخت پرتفو ایفا کرده است. این خصوصیات آماری که هم انباشتگی ارائه می‌کند آن را در طیف وسیعی از برنامه‌ها برای دانشگاهیان و پزشکان به یک اندازه جذب می‌کند.

حال به معرفی هم انباشتگی و دلیل انتخاب ما برای این مطالعه می‌پردازیم.

یک مجموعه از متغیرهای اقتصادی با هم‌زمانی رابطه بلندمدت دارند که:

$$\beta_1 X_{1t} + \beta_2 X_{2t} + \cdots + \beta_n X_{nt} = 0$$ رابطه ۲

برای ساده‌سازی نمادها یک تعادل بلندمدت می‌تواند در یک ماتریس به فرم زیر نمایش داده شود:

$$\tilde{\beta}\tilde{X}_t = 0$$ رابطه ۳

که :

رابطه ۴ $$\tilde{\beta} = (\beta_1, \beta_2, \beta_3, \dots, \beta_n)$$

رابطه ۵ $$\tilde{X}_t = (X_{1t}, X_{2t}, \dots, X_{nt})$$

خطای تعادل انحراف از تعادل بلندمدت است و به فرم زیر ارائه می‌شود:

رابطه ۶ $$\tilde{e}_t = \tilde{\beta}\tilde{X}_t$$

تعادل زمانی بامعنا است که سری‌های باقی‌مانده ($\tilde{e}_t$) پایا باشد.

۱.۱.۴.۳ پایایی

سری زمانی $\{y_t\}$ یک سری زمانی پایا است اگر میانگین، واریانس و خودهمبستگی با میانگین به‌اندازه کافی بلندمدت بر اساس یک مجموعه حقایق تخمین زده شود. هنگامی‌که در این مطالعه از پایایی صحبت می شود این‌گونه تف سیر می شود که کوواریانس سری زمانی ثابت و پایا ا ست. پایایی کوواریانس به این معنا است سری زمانی داده شده، میانگین و واریانس و اتوکواریانسش تحت تأثیر تغییر در منشأ زمانی قرار نمی‌گیرند. این‌ها با شرایط زیر می‌تواند خلاصه شود:

رابطه ۷ $$E(y_t) = E(y_{t-s}) = \mu$$

رابطه ۸ $$E(y_t - \mu)^2 = E(y_{t-s} - \mu)^2 = \sigma_y^2$$

رابطه ۹ $$E(y_t - \mu)(y_{t-s} - \mu) = E(y_{t-j} - \mu)(y_{t-j-s} - \mu) = \delta_s$$

که μ و σ_y^2 و δ_s همگی ثابت هستند.

۲.۱.۴.۳ تعریف هم انباشتگی

ما می‌گوییم که اجزای بردار $\widetilde{X_t}$ هم انباشته از مرتبه d,b است که به فرم $\widetilde{X_t} \sim CI(d, b)$، اگر:

- اگر همه اجزای $\widetilde{X_t}$ همبسته از مرتبه d باشند.
- یک بردار $\tilde{\beta}$ که ترکیب خطی آن مطابق زیر وجود داشته باشد و همبسته از مرتبه (d-b) شوند، که b>0 و $\tilde{\beta}$ بردار هم انباشتگی (CV) است.

رابطه ۱۰ $$\tilde{\beta}\widetilde{X_t} = \beta_1 X_{1t} + \beta_2 X_{2t} + \cdots + \beta_n X_{nt}$$

- برخی جنبه‌های هم انباشتگی

۱.هم انباشتگی به ترکیب خطی متغیرهای ناپایا برمی‌گردد. بردار هم انباشتگی واحد نیست. برای مثال اگر $(\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n)$ یک بردار هم انباشتگی باشد، سپس برای λ غیر صفر همچنین $(\lambda\beta_1, \lambda\beta_2, \dots, \lambda\beta_n)$ یک بردار هم انباشتگی است. عمدتاً بردار هم انباشتگی با توجه به X_{1t} با انتخاب $\lambda = 1/\beta_n$ نرمال می‌شود.

۲.همه متغیرها باید همبسته از مرتبه یکسان باشند. این مسئله یک شرط اصلی برای رابطه هم انباشتگی می‌باشد. معکوس این قضیه صادق نیست، به این معنا که همه متغیرهای همبسته‌ی مشابه لزوماً هم انباشته نیستند.

۳ .اگر بردار $\widetilde{X_t}$ دارای n جزء باشد، ممکن است به تعداد (n-1) بردار هم انباشتگی مستقل خطی داشته باشیم. به عنوان مثال اگر n=2 باشد، حداکثر یک بردار هم انباشتگی مستقل وجود دارد.

اجازه دهید مورد (۳) را ثابت نماییم، مدل بردار خودهمبستگی (VAR) ساده را در نظر بگیرید

رابطه ۱۱ $$y_t = a_{11} y_{t-1} + a_{12} z_{t-1} + \varepsilon_{yt}$$

طول وقفه را برای ساده سازی به یک محدود کرده‌ایم، اما در عمل باید طول وقفه طوری تنظیم شود

رابطه ۱۲ $$z_t = a_{21}y_{t-1} + a_{22}z_{t-1} + \varepsilon_{zt}$$

که مؤلفه‌های خطا فرایند نویز سفید باشد. توجه به این نکته ضروری است که همبستگی بین این مؤلفه‌های خطا مجاز است.

با اعمال عملگر وقفه و تغییر مجدد داریم:

رابطه ۱۳ $$(1 - a_{11}L)y_t - a_{21}Lz_t = \varepsilon_{yt}$$

رابطه ۱۴ $$-a_{21}Ly_t + (1 - a_{22}L)z_t = \varepsilon_{zt}$$

که فرم ماتریسی آن به صورت زیر می‌باشد:

رابطه ۱۵ $$\begin{bmatrix}(1 - a_{11}L) & -a_{12} \\ -a_{21} & (1 - a_{22}L)\end{bmatrix}\begin{pmatrix}y_t \\ z_t\end{pmatrix} = \begin{pmatrix}\varepsilon_{yt} \\ \varepsilon_{zt}\end{pmatrix}$$

با استفاده از دستور کرامر یا ماتریس معکوس داریم:

رابطه ۱۶ $$y_t = \frac{\left[(1 - a_{22}L)\varepsilon_{yt} + a_{12}L\varepsilon_{zt}\right]}{\left[(1 - a_{11}L)(1 - a_{22}L) - a_{12}a_{21}L_2\right]}$$

رابطه ۱۷ $$z_t = \frac{\left[a_{21}L\varepsilon_{yt} + (1 - a_{11}L)\varepsilon_{zt}\right]}{\left[(1 - a_{11}L)(1 - a_{22}) - a_{12}a_{21}L_2\right]}$$

سیستم مرتبه اول دومتغیره تبدیل به دو متغیر واحد با معادله تفاضل مرتبه دوم می شوند که هر دو معادله مشخصه معکوس یکسان دارند. به این معنا که:

رابطه ۱۸ $(1 - a_{11}L)(1 - a_{22}L) - a_{12}a_{21}L_2 = 0$ و $\lambda = {}^{1}/_{\lambda}$

سپس این دلالت دارد که:

رابطه ۱۹ $\lambda_2 - (a_{11}a_{22})\lambda + (a_{11}a_{22} - a_{12}a_{21}) = 0$

به موجب آن‌که ریشه‌های مشخصه λ_2 و λ_1 مسیرهای زمانی هر دو متغیر را مشخص می‌کنند.

۱.اگر (λ_1, λ_2) درون دایره واحد قرار گیرند سپس راه‌حل‌های پایدار برای سری‌های $\{y_t\}$ و $\{z_t\}$ وجود دارد و متغیرها پایا هستند. پیامد مهمش این است که هم انباشته از مرتبه (۱,1) نمی‌توانند شوند.

۲.اگر هر ریشه خارج دایره واحد قرار داشته باشد، راه‌حل‌هایی که استخراج می‌شوند:

رابطه ۲۰ $$y_t = \frac{\left[(1 - a_{22}L)\varepsilon_{yt} + a_{12}L\varepsilon_{zt} + a_{12}L\varepsilon_{zt}\right]}{\left[(1 - a_{11}L)(1 - a_{22}L) - a_{12}a_{21}L_2\right]}$$

$$= \frac{\left[(1 - a_{22}L)\varepsilon_{yt} + a_{12}L\varepsilon_{zt}\right]}{(1 - \lambda_1 L)(1 - \lambda_2 L)}$$

ریشه‌های معادله مشخصه:

رابطه ۲۱ $(1 - \lambda_1 L)(1 - \lambda_2 L) = 0 \rightarrow \lambda_1$ و λ_2

اگر $|\lambda_i|<1$، i = 1, 2 سپس راه‌حل پایدار است، بااین‌وجود اگر حداقل یک $|\lambda_i| > 1$ برای i = 1, 2 یا اگر هر دو ریشه خارج دایره واحد باشد سپس سیستم ناپایدار است. هیچ‌یک از متغیرهای تفاضل ثابت نیستند که بیانگر عدم توانایی هم انباشتگی از مرتبه (1,1) می‌باشد.

۳.اگر $a_{12} = a_{21} = 0$ سپس:

رابطه ۲۲ $y_t = a_{11}y_{t-1} + \varepsilon_{yt}$

رابطه۲۳ $$z_t = a_{22} z_{t-1} + \varepsilon_{zt}$$

و جواب جزئی و ناچیز است. اگر $a_{11} = a_{22} = 1$ آنگاه $\{y_t\}$ و $\{z_t\}$ فرایندهای ریشه واحد هستند. اشاره به $\lambda_1 = \lambda_2 = 1$ و

رابطه ۲۴ $$y_t = y_{t-1} + a_{12} z_{t-1} + \varepsilon_{yt}$$

به این معنا که دو متغیر بدون هیچ‌گونه رابطه تعادلی بلندمدت نتیجه می‌شوند.

۴.برای $\{y_t\}$ و $\{z_t\}$ با CI(1,1) باشند، لازم است که یک ریشه واحد داشته باشند و دیگری کمتر از مقدار قدر مطلق واحد باشد. در این مورد هر متغیر دارای روند تصادفی یکسان خواهد داشت و تفاضل مرتبه اولشان پایا خواهد بود. برای مثال اگر $\lambda_i = 1$ ، سپس:

رابطه ۲۴ $$y_1 = \frac{\left[(1 - a_{22}L)\varepsilon_{yt} + a_{12}L\varepsilon_{zt}\right)}{[(1 - L)(1 - \lambda_2 L)]}$$

که اگر $|\lambda_2|<1$ پایا است.

رابطه ۲۵ $$(1 - \lambda)y_1 = \Delta y_t = \frac{\left[(1 - a_{22}L)\varepsilon_{yt} + a_{12}L\varepsilon_{zt}\right]}{(1 - \lambda_1 L)}$$

بنابراین برای اطمینان از این‌که متغیرها CI(1,1) هستند، ما باید یکی از مشخصه‌های ریشه را معادل با مقدار واحد و دیگری را کمتر از مقدار واحد ارزش قدر مطلق تنظیم کنیم.

برای این‌که مقدار بزرگ‌تر دو ریشه در این مورد واحد شود:

رابطه ۲۶ $$0.5(a_{11} + a_{22}) + 0.5\sqrt{(a_{11} + a_{22} - 2a_{11}a_{22} + 4a_{12}a_{21}} = 1 \rightarrow a_{11} = \frac{[(1 - a_{22}) - a_{12}a_{21}]}{(1 - a_{22})}$$

اکنون ریشه مشخصه دوم را در نظر بگیرید، ازآنجایی‌که a_{21} و a_{12} باید مخالف صفر باشند، اگر متغیرها هم انباشته شوند:

رابطه ۲۷ $$|\lambda_2| <\rightarrow a_{22} > -1 \;\&\; a_{12}a_{21} + a_{22} < 1$$

حال ببینیم این محدودیت‌های ضرایب چه تأثیری بر ماهیت راه‌حل دارند. مدل VAR ساده را به خاطر بیاورید:

رابطه ۲۸ $$y_t = a_{11}y_{t-1} + a_{12}z_{t-1} + \varepsilon_{yt}$$

رابطه ۲۹ $$z_t = a_{21}y_{t-1} + a_{22}z_{t-1} + \varepsilon_{zt}$$

با انجام تفاضل گیری

رابطه ۳۰ $$y_t - y_{t-1} = (a_{11} - 1)y_{t-1} + a_{12}z_{t-1} + \varepsilon_{yt}$$

رابطه ۳۱ $$z_t - z_{t-1} = a_{21}y_{t-1} + (a_{22} - 1)z_{t-1} + \varepsilon_{zt}$$

که فرم ماتریسی آن به صورت زیر می‌باشد:

رابطه ۳۲ $$\begin{pmatrix}\Delta y_t \\ \Delta z_t\end{pmatrix} = \begin{bmatrix}(a_{11} - 1) & a_{12} \\ a_{21} & (a_{22} - 1)\end{bmatrix}\begin{pmatrix}y_{t-1} \\ z_{t-1}\end{pmatrix} + \begin{pmatrix}\varepsilon_{yt} \\ \varepsilon_{zt}\end{pmatrix}$$

اکنون $a_{11} - 1 = \frac{-a_{12}a_{21}}{(1-a_{22})}$

بنابراین

رابطه ۳۳ $$\Delta y_t = [-a_{12}a_{21}/(1-a_{22})]y_{t-1} + a_{12}z_{t-1} + \varepsilon_{yt}$$

رابطه ۳۴ $$\Delta z_t = a_{21}y_{t-1} - (1-a_{22})z_{t-1} + \varepsilon_{zt}$$

اگر $a_{12} \neq 0$ و $a_{21} \neq 0$ ما می‌توانیم بردار هم انباشتگی را با توجه به هر دو متغیر نرمال کنیم. بنابراین نرمال‌سازی با توجه به y_{t-1} :

رابطه ۳۵ $$\Delta y_t = \alpha_y(y_{t-1} - \beta z_{t-1}) + \varepsilon_{yt}$$

رابطه ۳۶ $$\Delta z_t = \alpha_z(y_{t-1} - \beta z_{t-1}) + \varepsilon_{zt}$$

درحالی‌که

رابطه ۳۷ $$\alpha_y = \frac{-a_{12}a_{21}}{(1-a_{22})}$$

رابطه ۳۸ $$a_z = a_{21}$$

$$\beta = \frac{(1-a_{22})}{a_{21}}$$

این به مدل تصحیح خطا (ECM) ارجاع داده می‌شود، $\{y_t\}$ و $\{z_t\}$ در پاسخ به انحراف دوره‌های قبل از تعادل بلندمدت تغییر می‌کنند: $y_{t-1} - \beta z_{t-1}$.

اگر $y_{t-1} = \beta z_{t-1}$ باشد، سپس هر دو $\{y_t\}$ و $\{z_t\}$ تنها در پاسخ به شوک‌های ε_{yt} و ε_{zt} تغییر می‌کنند.

اگر $\alpha_y < 0$ و $\alpha_x > 0$، سپس $\{y_t\}$ و $\{z_t\}$ در پاسخ به انحراف مثبت از تعادل بلندمدت به ترتیب کاهش و افزایش می‌یابند.

شرایط $a_{22} > -1$ و $a_{12}a_{21} + a_{22} < 1$ اطمینان می‌دهند که $\beta \neq 0$ است. حداقل یکی از پارامترهای سرعت تنظیم (α_z و α_y) باید به طور چشمگیری متفاوت از صفر باشند.

یک مورد خاص زمانی به وجود می‌آید که a_{12} یا a_{21} برابر صفر باشند. برای روشن‌سازی، $a_{12} = 0$ تنظیم می‌کنیم تا α_y شود. زمانی که این اتفاق افتاد جزء خطا کاملاً از بین می‌رود و $\{y_t\}$ تنها در پاسخ شوک‌ها به سیستم (ε_t) از $\Delta y_t = \varepsilon_{yt}$ تغییر می‌کند. دنباله $\{z_t\}$ تمام اصلاحات را انجام می دهد تا هرگونه انحراف از تعادل بلندمدت را از بین ببرد.

اکنون برخی از پیامدهای مهم این مدل ساده را در نظر خواهیم گرفت:

۱.محدودیت‌های ضروری برای اطمینان از اینکه متغیرها CI(1,1) هستند، وجود یک مدل تصحیح خطا را تضمین می‌کنند.

سری‌های $\{y_t\}$ و $\{z_t\}$ یک فرایند ریشه واحد هستند، اما ترکیب خطی آن‌ها $y_t - \beta z_t$ با نرمال‌سازی بردار هم انباشتگی به دست آمده از $[1, \frac{-(1-a_{22})}{a_{21}}]$ پایا می‌باشد. متغیرها دارای یک تصحیح خطا با سرعت ضریب تعدیل شده $\alpha_y = (-a_{12}a_{21})/(1 - a_{22})$ و $\alpha_z = a_{21}$ می باشند.

ما همچنین نشان داده‌ایم که یک مدل تصحیح خطا برای متغیرهای I(1) لزوماً اشاره به هم انباشتگی دارد. این با تئوری گرنجر تصریح می‌شود که هر مجموعه‌ای از متغیرهای I(1)، تصحیح خطا و هم انباشتگی نمایش‌های معادل هم هستند.

۲.هم انباشتگی محدودیت ضرایب در مدل VAR ایجاب می‌کند.

مدل VAR ساده را به خاطر بیاورید:

رابطه ۳۹ $$y_t = a_{11}y_{t-1} + a_{12}z_{t-1} + \varepsilon_{yt}$$

رابطه ۴۰ $$z_t = a_{21}y_{t-1} + a_{22}z_{t-1} + \varepsilon_{zt}$$

که به فرم ماتریسی زیر می‌تواند نوشته شود:

رابطه ۴۱ $$\begin{pmatrix}\Delta y_t \\ \Delta z_t\end{pmatrix} = \begin{bmatrix}(a_{11}-1) & a_{12} \\ a_{21} & (a_{22}-1)\end{bmatrix}\begin{pmatrix}y_{t-1} \\ z_{t-1}\end{pmatrix} + \begin{pmatrix}\varepsilon_{yt} \\ \varepsilon_{zt}\end{pmatrix}$$

یا

رابطه ۴۲ $$\Delta\tilde{X}_t = \tilde{\Pi}\tilde{X}_{t-1} + \tilde{\varepsilon}_t$$

تخمین VAR متغیرهای هم انباشته تنها با استفاده از تفاضل مرتبه اول مناسب است. تخمین رابطه ۴۲ با $\tilde{\Pi}\tilde{X}_{t-1}$ اجزا تصحیح خطا را از مدل حذف می‌کند.

همچنین اگر متغیرها هم انباشته شوند ردیف‌های $\tilde{\Pi}$ از نظر خطی مستقل نیستند، ضرب ردیف اول با $\frac{-(1-a_{22})}{a_{21}}$ اجزای ردیف دوم را نتیجه می‌دهد. این بیانگر دیدگاه‌های بسیار مهم یوهانسون (۱۹۸۸) و استاک و واتسون (۱۹۸۸) می‌باشد که می‌گویند رتبه $\mathbf{\Pi}$ می‌تواند در تعیین این‌که آیا دو متغیر $\{y_t\}$ و $\{z_t\}$ هم انباشته هستند یا خیر مورد استفاده قرار گیرد.

۳.ضرورت تفسیر مجدد علیت گرنجر در یک سیستم هم انباشته

در مورد دو متغیر ساده $\{y_t\}$ و $\{z_t\}$ علیت گرنجر مشخص می‌کند که چه مقدار از ارزش فعلی y_t را می‌توان باارزش گذشته y_t توضیح داد، و اینکه آیا مقدار وقفه z_t توضیح را بهبود می‌بخشد. برای تصریح VAR ساده با اختلاف را در نظر بگیرید:

$$\Delta y_t = b_{11}\Delta y_{t-1} + b_{12}\Delta z_{t-1} + \acute{\varepsilon}_{yt}$$ رابطه ۴۳

$$\Delta z_t = b_{21}\Delta y_{t-1} + b_{22}\Delta z_{t-1} + \acute{\varepsilon}_{zt}$$ رابطه ۴۴

تفسیر جدید: $\{z_t\}$ علت گرنجر $\{y_t\}$ نیست اگر مقدار وقفه Δz_{t-1} در معادله Δy_t وارد نشود؛ مثلاً، $b_{12} = 0$.

اکنون اگر $\{y_t\}$ و $\{z_t\}$ هم انباشته شوند، با تئوری گرنجر مدل VAR مطابق با مدل تصحیح خطا برداری (VECM) می‌گردد.

$$\Delta y_t = \alpha_y(z_{t-1} - \beta y_{t-1}) + c_{11}\Delta y_{t-1} + c_{12}\Delta z_{t-1} + \varepsilon_{yt}$$ رابطه ۴۵

$$\Delta z_t = \alpha_z(z_{t-1} - \beta y_{t-1}) + c_{21}\Delta y_{t-1} + c_{22}\Delta z_{t-1} + \varepsilon_{zt}$$ رابطه ۴۶

۳.۱.۴.۳ روش آزمون دیکی فولر تعمیم‌یافته

در علم آمار و اقتصادسنجی، آزمون دیکی فولر آزمونی برای وجود ریشه واحد در یک نمونه سری زمانی یا به عبارتی تعیین مانایی آن است. آزمون دیکی فولر تعمیم‌یافته نسخه تکمیل شده از آزمون دیکی فولر برای مدل‌های سری زمانی بزرگ‌تر و پیچیده‌تر می‌باشد.

چنانچه سری زمانی مانا باشد، گرایشی به بازگشت به میانگین ثابت خود دارد. بنابراین مقادیر بزرگ تمایل خواهند داشت که توسط مقادیر کوچک‌تر (تغییرات منفی) و مقادیر کوچک‌تر به وسیله مقادیر بزرگ‌تر (تغییرات مثبت) دنبال شوند. بنابراین ویژگی بازگشت به میانگین در معاملات جفتی را از این طریق می‌توان برآورد کرد.

ریشه واحد معادل با $\emptyset = 1$ در هر یک از مدل‌های زیر است:

رابطه ۴۷ $$Y_t = \emptyset Y_{t-1} + u_t$$

رابطه ۴۸ $$Y_t = \mu + \emptyset Y_{t-1} + u_t$$

رابطه ۴۹ $$Y_t = \mu + \beta t + \emptyset Y_{t-1} + u_t$$

و فرضیه ریشه واحد را به صورت زیر بیان می‌کنیم:

ریشه واحد وجود دارد و متغیر مورد نظر نامانا ست. $H_0: \emptyset = 1$

ریشه واحد وجود ندارد و متغیر مورد نظر مانا ست. $H_1: \emptyset < 1$

اما آزمون‌های کاربردی معادلات بالا را به صورت زیر بازنویسی می‌کنیم:

رابطه ۵۰ $$\Delta Y_t = \theta Y_{t-1} + u_t \qquad \theta = \emptyset - 1$$

رابطه ۵۱ $$\Delta Y_t = \alpha_0 + \theta Y_{t-1} + u_t$$

رابطه ۵۲ $$\Delta Y_T = \alpha_0 + \alpha_1 t + \theta Y_{t-1} + u_t$$

بنابراین آزمون ریشه واحد معادل $\theta = 0$ است. لذا فرضیه به صورت زیر بازنویسی می‌شود:

ریشه واحد وجود دارد و متغیر مورد نظر نامانا ست. $H_0: \theta = 0$

ریشه واحد وجود ندارد و متغیر مورد نظر مانا ست. $H_1: \theta < 0$

برای آزمون ریشه واحد، آماره t را با مقدار بحرانی مقایسه کرده و نتیجه‌گیری می‌کنیم. آماره t برای آزمون فرضیه $\theta = 0$ عبارت است از:

رابطه ۵۳ $$t = \frac{\hat{\theta}}{SE(\hat{\theta})}$$

رابطه ۵۴

$$\Delta Y_t = \alpha_0 + \alpha_1 t + \theta Y_{t-1} + \sum_{i=1}^{p} \gamma_i \Delta Y_{t-i} + u_t$$

برای تعیین مقادیر بحرانی t نمی‌توان از جدول توزیع t استفاده کرد، زیرا این مقادیر براساس فرض مانایی به‌دست‌آمده‌اند. در اینجا تحت فرضیه H_0، Y_t نامانا است و لذا این توزیع به توزیع t و در حد به توزیع نرمال گرایش ندارد. به همین دلیل مقادیر بحرانی دیگری برای آن محاسبه شده است. بااین‌وجود اگر آماره آزمون کمتر از ارزش بحرانی آن باشد، فرض صفر پذیرفته نمی‌شود و ریشه واحد وجود نخواهد داشت.

آزمون فوق معروف به آزمون دیکی فولر است. از طرف دیگر، این آزمون زمانی معتبر است که u_t خودهمبستگی نداشته باشد و اگر u_t دارای خودهمبستگی باشد، برای رفع خودهمبستگی، متغیر وابسته تأخیری را به سمت راست رگرسیون اضافه می‌کنند. بنابراین معادلات بالا به صورت زیر بازنویسی می‌شوند:

در این صورت آزمون ریشه واحد به آزمون دیکی فولر تعمیم‌یافته تبدیل می‌شود. که در آن α_0 یک مقدار ثابت، α_1 ضریب روند زمان و p مرتبه تأخیرهای[۱] فرایند خودرگرسیونی[۲] می‌باشد (سوری، ۱۳۹۲).

قبل از انجام آزمون، باید درجه مرتبه p تعیین گردد. یکی از روش‌های ممکن، انجام تست به ترتیب از مرتبه‌های بالا به پایین و آزمایش t-value بر روی ضریب‌ها به ازای هر مرتبه می‌باشد.

[۱] Lag

[۲] Autoregressive

تحت روش آزمون دیکی فولر تعمیم‌یافته، به منظور انتخاب جفت مورد نظر در معاملات جفتی، نرخ قیمت بین دو دارایی باید یک میانگین و نوسان ثابت در طول زمان داشته باشد و بر طبق خاصیت بازگشت به میانگین، یک انحراف از حالت تعادلی در نرخ قیمت می‌تواند به عنوان یک فرصت معامله در نظر گرفته شود. بنابراین، فرض صفر ریشه واحد، $H_0: \emptyset = 1$ را با استفاده از فرمول شماره ۵۳ ارزیابی می‌کنیم.

در ابتدا دارایی‌هایی که فرض صفر را رد می‌کنند وارد لیست می‌کنیم. تا در مرحله بعد آزمون علیت گرنجری به منظور وجود همبستگی در جفت دارایی انتخاب شده اجرا گردد (بارونیاز، سنر، ۲۰۱۰).

۴.۱.۴.۳ آزمون علیت گرنجر

آزمون علیت گرنجری یک آزمون فرضیه آماری است و اولین بار در سال ۱۹۶۹ مطرح شد. انگل و گرنجر (۱۹۸۷) یک آزمون مستقیم برای تعیین این‌که آیا دو سری زمانی داده شده هم انباشته از مرتبه $\mathrm{CI}(1,1)$ هستند یا خیر پیشنهاد کردند. متأسفانه اشکالات فراوانی به این رویکرد وارد است که در قسمت‌های بعد به آن اشاره می‌شود، به همین دلیل این مطالعه از آزمون جایگزین، یوهانسن (۱۹۸۸) برای غلبه به آن اشکالات استفاده می‌کند. برای درک مزایای یوهانسن، درک روش انگل و گرنجر بسیار مهم است.

۱.گام اول، آزمون هر سری به تنهایی برای مرتبه همبستگی‌اش می‌باشد. آزمون دیکی فولر تعمیم‌یافته می‌تواند وجود ریشه واحد و اینکه سری‌های آیا پایا هستند یا خیر را، بررسی کند. اگر هر سری به تنهایی همبسته از مرتبه‌های متفاوت باشد به طور قطع نتیجه می‌گیریم که دو سری هم انباشتگی نخواهند داشت. رابطه هم انباشتگی تنها بین متغیرهای همبسته از مرتبه یکسان وجود دارد.

۲.گام دوم، تخمین رابطه تعادلی بلندمدت بین سری‌های زمانی می‌باشد. اگر $\{y_t\}$ و $\{z_t\}$ هر دو از مرتبه $I(1)$ همبسته باشند، سپس رابطه بلندمدت به فرم زیر دارند:

$$y_t = \beta_0 + \beta_1 z_t + e_t$$ رابطه ۵۴

اگر متغیرها حقیقتاً هم انباشته باشند سپس رگرسیون OLS تخمین‌های فوق‌العاده سازگاری از پارامترهای β_0 و β_1 ارائه می‌دهد. با استفاده از سهام (۱۹۸۷) نشان داده شده است که ضریب OLS همگرایی را سریع‌تر به سمت مقادیر پارامترهایش در حضور رابطه هم انباشتگی در مقایسه با رگرسیون متغیرهای ثابت، تخمین می‌زند. اگر انحراف از تعادل بلندمدت $\{e_t\}$ پایا باشد و $I(0)$ ، سپس دنباله‌های $\{y_t\}$ و $\{z_t\}$ هم انباشته از مرتبه (1,1) هستند. دیکی فولر تعمیم‌یافته برای تعیین پایایی سری‌های پسماند $\{e_t\}$ استفاده می‌شود.

رویکرد انگل و گرنجر نسبتاً مستقیم است و به آسانی در عمل اجرا می‌گردد. به همین دلیل به عنوان منبع ثانویه وجود هرگونه رابطه هم انباشتگی بین سری‌های زمانی مفید واقع می‌شود. با این‌حال، این مطالعه از اشکالات مهم رویکرد انگل و گرنجر را بیان می‌کند و از یک روش جایگزین برای شناسایی رابطه هم انباشتگی استفاده می‌کند. از روش انگل و گرنجر فقط برای تشخیص جهت رابطه بین متغیرها استفاده می‌نماییم.

گرنجر معمولاً رگرسیون همبستگی‌های محض را بازتاب می‌دهد اما گرنجر ادعا کرد که علیت در اقتصاد می‌تواند به‌وسیله اندازه‌گیری توانایی پیش‌گویی مقادیر آینده یک سری زمانی با استفاده از مقادیر پیشین دیگر سری‌های زمانی آزمون شود.

بنابراین اگر z و y سری زمانی مانا باشند، برای تست فرض صفر یا همان فقدان علیت گرنجری، مدل VAR زیر تخمین زده می‌شود:

$$y_t = \alpha_0 + \alpha_1 y_{t-1} + \cdots + \alpha_p y_{t-p} + b_1 z_{t-1} + \cdots + b_p z_{t-p} + u_t$$ رابطه ۵۵

رابطه ۵۶ $$z_t = c_0 + c_1 z_{t-1} + \cdots + c_p z_{t-p} + d_1 y_{t-1} + \cdots + d_p y_{t-p} + v_t$$

که اگر $H_0: b_1 = b_2 = \cdots = b_p = 0$ در مقابل $H_1: Not\ H_0$ باشد، همان "تست z علیت گرنجری y نیست" می‌باشد.

و به طور مقابل، اگر $H_0: d_1 = d_2 = \cdots = d_p = 0$ در مقابل $H_1: Not\ H_0$ باشد، همان "تست y علیت گرنجری z نیست" می‌باشد.

و در هر دو حالت، نپذیرفتن فرض صفر به معنای وجود علیت گرنجری می‌باشد (سوری،۱۳۹۲).

به منظور آزمون علیت گرنجری، معادله شماره (۳-۱۱) بین قیمت دارایی‌های منتخب تشکیل می‌شود و با روش حداقل مربعات تخمین زده می‌شود. سپس آماره F برای فرض صفر با تخمین معادله زیر به دست می‌آید:

رابطه ۵۷ $$y_t = c + \sum_{i=1}^{p} \gamma_i\, y_{t-i} + \varepsilon_t$$

رابطه ۵۸ $$RSS_\mu = \sum_{t=1}^{T} \mu_t^2\ ,RSS_\varepsilon = \sum_{t=1}^{T} \varepsilon_t^2$$

چنانچه آماره آزمون $s = \frac{(RSS_\varepsilon - RSS_\mu)/p}{RSS_\mu/(T-2p-1)}$ کوچک‌تر از ارزش بحرانی مشخص شده باشد، فرض صفر یعنی $\beta_i = 0$ رد نمی‌شود، به‌طوری‌که x_t علیت گرنجری y_t می‌باشد.

درنهایت از بین جفت‌های انتخاب شده در آزمون علیت گرنجری، جفت‌های با حداقل مجموع P-value در آزمون دیکی فولر انتخاب می‌شوند (بارونیاز، سنر، ۲۰۱۰).

اشکالات اصلی این روش را می‌توان به شرح زیر خلاصه کرد:

۱.آزمون علیت انگل و گرنجر برای هم انباشتگی از پسماندهای هر دو معادله تعادلی استفاده می‌کند.

$$y_t = \beta_{10} + \beta_{11} z_t + e_{1t}$$ رابطه ۵۹

$$z_t = \beta_{20} + \beta_{21} y_t + e_{2t}$$ رابطه ۶۰

از آنجا که اندازه نمونه به طور نامحدود افزایش می‌یابد، به طور هم تراز ریشه واحد $\{e_{1t}\}$ معادل با $\{e_{2t}\}$ می‌باشد. این مسئله در مورد نمونه‌های با اندازه کوچک‌تر صادق نمی‌باشد.

۲.مشکل اصلی فرایند انگل و گرنجر این است که به یک روند برآورد دومرحله‌ای تکیه دارد.

گام اول: تولید سری‌های باقی‌مانده از یکی از معادله‌های تعادلی $\{e_t\}$.

گام دوم: استفاده از خطاهای به دست آمده برای تخمین رگرسیون مطابق زیر:

$$\Delta\widehat{e_t} = b_1 \Delta\hat{e}_{t-1} + b_2 \Delta\hat{e}_{t-2} + \cdots + b_n \Delta\hat{e}_{t-n} + u_t$$ رابطه ۶۱

ضریب b_1 با رگرسیون پسماندها از رگرسیون دیگر روی تفاوت وقفه‌های خودش به دست می‌آید. این تست دومرحله‌ای به این معنا است که هر خطایی که در مرحله اول وارد شده، اکنون به مرحله دوم منتقل می‌شود. اساساً این روش تحت دو برابر خطای تخمین می‌باشد.

۵.۱.۴.۳ رویکرد آزمون یوهانسن برای هم انباشتگی

این مطالعه از آزمون یوهانسن (۱۹۸۸) برای شناسایی روابط هم انباشتگی بین سری‌های قیمت سهم‌ها استفاده می‌کند. تخمین گرهای حداکثر احتمال استوک و واتسون و یوهانسن از تخمین گرهای دومرحله‌ای جلوگیری می‌کند و با این کار از اشکالاتی که انگل و گرنجر با آن روبرو هستند جلوگیری می‌کنند. در عوض یوهانسن (۱۹۸۸) به شدت به رابطه بین درجه ماتریس و ریشه‌های مشخصه‌اش

متکی می‌باشد. یک توضیح شهودی نشان می‌دهد که روش یوهانسن چیزی بیش از یک تعمیم چند متغیره از آزمون دیکی فولر نیست. اکنون استدلال پشت رویکرد یوهانسن را تصریح خواهیم کرد.

یک مورد تک متغیره را در نظر بگیرید:

رابطه ۶۲ $$y_t = a_1 y_{t-1} + \varepsilon_t$$

رابطه ۶۳ $$\Delta y_t = (a_1 - 1) y_{t-1} + \varepsilon_t$$

اگر $(a_1 - 1) = 0$ سپس نتیجه می‌گیریم که $\{y_t\}$ دارای یک ریشه واحد ست،که می‌دانیم ناپایا است. اگر

$(a_1 - 1) \neq 0$ سپس $\{y_t\}$ یک فرایند پایا است.

تعمیم به مورد دومتغیره:

رابطه ۶۴ $$\begin{Bmatrix} y_t = a_{11} y_{t-1} + a_{12} z_{t-1} + \varepsilon_{yt} \\ z_t = a_{21} y_{t-1} + a_{22} z_{t-1} + \varepsilon_{zt} \end{Bmatrix}$$

یا

رابطه ۶۵ $$\Delta \tilde{X}_t = \tilde{X}_{t-1} + \tilde{\varepsilon}_t$$

درحالی‌که

رابطه ۶۶ $$\Delta \tilde{X}_t = \begin{pmatrix} \Delta y_t \\ \Delta z_t \end{pmatrix} \quad X_{t-1} = \begin{pmatrix} y_{t-1} \\ z_{t-1} \end{pmatrix} \quad \tilde{\Pi} = \begin{bmatrix} (a_{11} - 1) & a_{12} \\ a_{21} & (1 - a_{22}) \end{bmatrix}$$

از صحبت‌های قبل به خاطر بیاورید که ردیف‌های $\boldsymbol{\Pi}$، اگر متغیرها هم انباشته شوند مستقل خطی نیستند. حال این فرض را بررسی می‌کنیم که ماتریس $\boldsymbol{\Pi}$ دو ردیف داشته باشد.

۱.اگر ماتریس $\widetilde{\Pi}$، ماتریس مرتبه کامل باشد سپس مرتبه‌اش معادل تعداد ردیف‌های مستقل خطی ست و برابر تعداد ردیف‌ها می‌باشد (به عنوان مثال ۲).

فرض کنید $\widetilde{\Pi}$ مرتبه کامل باشد. سپس راه حل بلندمدت برای رابطه ۶۴

رابطه ۶۷

$$\begin{bmatrix} y_t = y_{t-1} = \cdots = \tilde{y} \\ z_t = z_{t-1} = \cdots = \tilde{z} \\ \varepsilon_{yt} = \varepsilon_{yt-1} = \cdots = 0 \\ \varepsilon_{zt} = \varepsilon_{zt-1} = \cdots = 0 \end{bmatrix}$$

با دو معادله مستقل داده می‌شود،

رابطه ۶۸

$$(1 - a_{11})\tilde{y} + a_{12}\tilde{z} = 0$$

رابطه ۶۹

$$a_{21}\tilde{y} + (1 - a_{22}) = 0$$

یا به طور جایگزین،

رابطه ۷۰

$$\Pi_{11}\tilde{y} + \Pi_{12}\tilde{z} = 0$$

رابطه ۷۱

$$\Pi_{21}\tilde{y} + \Pi_{22}\tilde{z} = 0$$

هر یک از معادلات فوق محدودیتی مستقل برای راه‌حل طولانی‌مدت متغیرها است:

- دو متغیر سیستم با دو محدودیت بلندمدت روبرو هستند.
- دو متغیر موجود در $\tilde{X}_t$ باید با مقادیر بلندمدت داده شده معادلات مستقل بالا پایا شوند.

۲.اگر مرتبه $\widetilde{\Pi}$ صفر باشد، سپس اجزای $\widetilde{\Pi}$ باید صفر باشند. این بدان معنی است که :

- $\Delta\tilde{X}_t = \tilde{e}_t$

- Δy_t و Δz_t هر دو هم‌مرتبه $I(0)$ هستند.

معادله $dX_t = k(\theta - X)d_t + \sigma dB_t$ می‌شود:

رابطه ۷۲ $$y_t = y_{t-1+}\varepsilon_{yt}(a_{11} - 1) = 0 \rightarrow a_{11} = 1$$

رابطه ۷۳ $$z_t = z_{t-1} + \varepsilon_{zt}(a_{22} - 1) = 0 \rightarrow a_{22} = 1$$

رابطه ۷۴ $$a_{12} = a_{21} = 0$$

$\{y_t\}$ و $\{z_t\}$ هر دو فرایند ریشه واحد با ترکیب غیرخطی پایا هستند.

۳.اگر رتبه $\widetilde{\Pi}$، r باشد در حالی که $r=1$ ردیف‌های $\widetilde{\Pi}$ مستقل خطی نیستند. یک بردار هم انباشتگی واحد با هر ردیف ماتریس $\widetilde{\Pi}$ وجود دارد. هر دنباله $\{X_{it}\}$ می‌تواند به فرم تصحیح خطا نوشته شود. به عنوان مثال،

رابطه ۷۵ $$\boldsymbol{\Delta} y_t = n_{11}y_{t-1} + n_{12}z_{t-1} + \varepsilon_{yt}$$

نرمال‌سازی با توجه به y_{t-1}، ما می‌توانیم $\alpha_1 = n_{11}$ و $\beta_{12} = \frac{n_{12}}{n_{11}}$ فرض کنیم تا بیابیم:

رابطه ۷۶ $$\boldsymbol{\Delta} y_t = \alpha_1(y_{t-1} + \beta_{12}z_{t-1}) + \varepsilon_{yt}$$

در بلندمدت سری $\{X_{it}\}$ رابطه را ارضا خواهد کرد

رابطه ۷۷ $$y_{t-1} + \beta_{12}z_{t-1} = 0$$

بردار نرمال شده هم انباشتگی با $(1,\beta_{12})$ و سرعت تنظیم پارامتر α_1 داده می‌شود.

۶.۱.۴.۳ مدل‌سازی فرایند

هنگامی‌که ما اطمینان نداریم که یک متغیر واقعاً برون‌زا ست، تعمیم تحلیل تابع انتقال، رفتاری است که هر متغیر به صورت متقارن انجام می‌دهد. در استراتژی معاملات جفتی که شامل دو متغیر است ما

می‌توانیم مسیر زمانی Δy_t تابعی از تفاوت وقفه‌های y_t قرار دهیم، که با دنباله Δz_t گذشته و حال ترکیب شده است. دینامیک دنباله Δz_t به سادگی یک تصویر آیینه‌ای ست که برای دنباله Δy_t توصیف شده است. این می‌تواند با سیستم نشان داده شده زیر توصیف گردد، که وقفه‌ها برای سادگی یک فرض شده:

رابطه ۷۸
$$\Delta y_t = b_{10} - b_{12}\Delta z_t + \gamma_{11}\Delta y_{t-1} + \gamma_{12}\Delta z_{t-1} + \varepsilon_{yt}$$

رابطه ۷۹
$$\Delta z_t = b_{20} - b_{21}\Delta y_t + \gamma_{21}\Delta y_{t-1} + \gamma_{22}\Delta z_{t-1} + \varepsilon_{zt}$$

توجه کنید که برای جلوگیری از رگرسیون‌های کاذب و عجیب و غریب، تفاوت‌ها را به جای سطوح مدل‌سازی می‌کنیم. رگرسیون‌های کاذب زمانی اتفاق می‌افتد که متغیرهای غیر پایا را برای مدل‌سازی استفاده کنیم. زمانی که سری‌های قیمتی ما هم انباشته از مرتبه یک می‌شوند، سپس ما می‌توانیم با دقت مناسب یک مدل را مشخص کنیم.

مدل VAR دومتغیره همچنین فرض می‌کند که مؤلفه‌های خطا ($\varepsilon_{yt}, \varepsilon_{zt}$) فرایندهای نویز سفید به ترتیب با انحراف معیار σ_z و σ_y هستند. فرض شده آن‌ها غیر همبسته با یکدیگر هستند.

دو معادله فوق یک مدل VAR مرتبه اول با طول وقفه واحد را تشکیل می‌دهند. ما استفاده از این مدل ساده را برای تصریح مسائلی که در تخمین مدل با آن مواجه می‌شویم، ادامه خواهیم داد. باید به خاطر داشته باشیم ما در حقیقت یک مدل $VECM$ در این مطالعه تخمین می‌زنیم که یک جزء تصحیح خطا را برای محاسبه وجود رابطه هم انباشتگی ادغام می‌کند. بااین‌حال برای ساده‌سازی این VAR ساده برای تصریح ایده‌های این مطالعه کافی می‌باشد.

برای شروع، توجه به این نکته مهم است که ساختار سیستم، بازخورد را در برمی‌گیرد زیرا Δy_t و Δz_t مجاز به تأثیرگذاری بر یکدیگر هستند. برای مثال $-b_{12}$ اثر هم‌زمان یک واحد تغییر در Δz_t بر Δy_t و γ_{21} اثر یک واحد تغییر در Δy_{t-1} روی Δz_t می‌باشند. مؤلفه‌های خطا ε_{yt} و ε_{zt} به ترتیب نوآوری های خالص (یا شوک) در دنباله‌های y_t و z_t هستند. علاوه بر این، بدیهی است که وقتی b_{21} به طور قابل‌توجهی متفاوت از صفر است، ε_{yt} اثر هم‌زمان غیرمستقیم روی Δz_t دارد و اگر b_{12} به طور قابل‌توجهی متفاوت از صفر باشد ε_{zt} نیز همچنین یک اثر هم‌زمان غیرمستقیم روی Δy_t دارد. بسیار قابل قبول است که از چنین سیستمی می‌توان برای توصیف پویایی قیمت سهام در این مطالعه استفاده کرد.

معادلات ۱۷ و ۱۸ معادلات فرم کاهش یافته نیستند، زیرا Δy_t یک اثر هم‌زمان روی Δz_t و Δz_t یک اثر هم‌زمان روی Δy_t دارد. هم‌زمانی خاصی وجود دارد که تخمین مستقیم واریانس دومتغیره را به شکل ساختاری‌اش مهار می‌کند. خوشبختانه می‌توان سیستم معادلات را به شکل قابل‌استفاده‌تری تبدیل کرد. سیستم موجود می‌تواند به فرم ماتریسی زیر ارائه گردد:

رابطه ۸۰
$$\begin{bmatrix} 1 & b_{12} \\ b_{21} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta y_t \\ \Delta z_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_{10} \\ b_{20} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \gamma_{11} & \gamma_{12} \\ \gamma_{21} & \gamma_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta y_{t-1} \\ \Delta z_{t-1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_{yt} \\ \varepsilon_{zt} \end{bmatrix}$$

یا

رابطه ۸۱
$$BX_t = \Gamma_0 + \Gamma_1 X_{t-1} + \varepsilon_t$$

که

$$\boldsymbol{B} = \begin{bmatrix} 1 & b_{12} \\ b_{21} & 1 \end{bmatrix}, \Gamma_0 = \begin{bmatrix} b_{10} \\ b_{20} \end{bmatrix}, \Gamma_1 = \begin{bmatrix} \gamma_{11} & \gamma_{12} \\ \gamma_{21} & \gamma_{22} \end{bmatrix}, X_t = \begin{bmatrix} \Delta y_t \\ \Delta z_t \end{bmatrix}, \varepsilon_t = \begin{bmatrix} \varepsilon_{yt} \\ \varepsilon_{zt} \end{bmatrix}$$

با ضرب معکوس ماتریس B (B^{-1}) بردار خودرگرسیونی مدل VAR به فرم استاندارد را به وجود می آورد:

رابطه ۸۲
$$\begin{bmatrix} 1 & b_{12} \\ b_{21} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta y_t \\ \Delta z_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_{10} \\ b_{20} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \gamma_{11} & \gamma_{12} \\ \gamma_{21} & \gamma_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta y_{t-1} \\ \Delta z_{t-1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_{yt} \\ \varepsilon_{zt} \end{bmatrix}$$

رابطه ۸۳
$$x_t = A_0 + A_1 x_{t-1} + e_t$$

که

$$A_0 = B^{-1}\Gamma_0$$

$$A_1 = B^{-1}\Gamma_1$$

$$e_t = B^{-1}\varepsilon_t$$

برای مفاهیم نمادی، ما a_{i0} را می‌توانیم به عنوان عنصر i بردار A_0 ، a_{ij} به عنوان جزء ردیف i و ستون j ماتریس A_1 و e_{it} عنصر iم بردار e_t تعریف کنیم. با استفاده از نشانه‌گذاری‌های جدید ما رابطه قبل با فرمت زیر بازنویسی می‌کنیم:

رابطه ۸۴
$$\Delta y_t = a_{10} + a_{11}\Delta y_{t-1} + a_{12}\Delta z_{t-1} + e_{1t}$$

رابطه ۸۵
$$\Delta z_t = a_{20} + a_{21}\Delta y_{t-1} + a_{22}\Delta z_{t-1} + e_{2t}$$

برای تمایز بین بازنمایی‌های مختلف، ما به سیستم اولیه رابطه ۷۸ و ۷۹ به عنوان ساختار واریانس سیستم ابتدایی اشاره خواهیم کرد، درحالی‌که سیستم جدید به وجود آمده بالا فرم واریانس استاندارد نامیده می‌شود. لازم به ذکر است که مؤلفه‌های خطا (مثلاً، e_{2t} و e_{1t}) در واریانس استاندارد، ترکیب دو شوک (ε_{zt} و ε_{yt}) ناشی از سیستم ابتدایی هستند. از آنجا که $e_t = B^{-1}\varepsilon_t$ می‌باشد، ما می‌توانیم e_{2t} و e_{1t} مطابق زیر محاسبه کنیم:

رابطه ۸۶
$$e_{1t} = (\varepsilon_{yt} - b_{12}\varepsilon_{zt})/(1 - b_{12}b_{21})$$

$$e_{2t} = (\varepsilon_{zt} - b_{21}\varepsilon_{yt})/(1 - b_{12}b_{21})$$ رابطه ۸۷

از آنجا که ترم‌های خطای جدید ترکیب خطی ترم‌های خطا واریانس ساختاری هستند، ویژگی‌های آماری مشابهی از یکدیگر به اشتراک می‌گذارند. با توجه به این‌که پسماندهای سیستم ابتدایی فرایند نویز سفید هستند، نتیجه می‌گیریم که هر دو e_{1t} و e_{2t} میانگین صفر، واریانس ثابت و از لحاظ سریالی غیر همبسته هستند. این مهم است که اذعان کنیم با وجود اینکه e_{1t} و e_{2t} فرایندهای پایا هستند، همبستگی نیز دارند. کوواریانس دو مؤلفه مطابق زیر می‌باشد:

رابطه ۸۸

$$Ee_{1t}e_{2t} = \frac{E[(\varepsilon_{yt} - b_{12}\varepsilon_{zt})(\varepsilon_{zt} - b_{21}\varepsilon_{yt})]}{(1 - b_{12}b_{21})^2}$$
$$= \frac{-(b_{21}\sigma_y^2 + b_{12}\sigma_z^2)}{(1 - b_{12}b_{21})^2}$$

به طور کلی می‌توان انتظار داشت مؤلفه کوواریانس صفر نباشد، به دلیل اینکه دو شوک همبسته‌اند. در موارد خاصی که $b_{12} = b_{21} = 0$ (مثلاً اگر اثر هم‌زمانی Δy_t روی Δz_t و Δz_t روی Δy_t نباشد) شوک‌ها ناهمبسته خواهند بود.

۷.۱.۴.۳ مبحث شناسایی

در این بخش در مورد موضوعاتی که هنگام تخمین واریانس با آن‌ها مواجه می‌شویم و همچنین تکنیک‌های آماری که می‌توانیم برای غلبه به این مسائل استفاده کنیم، بحث می‌کنیم. برای سادگی، از فرم ساختاری معادله واریانس دومتغیره ۷۸ و ۷۹ که قبل‌تر برای کمک به بحث معرفی شده است، استفاده می‌کنیم. سیستم اولیه را به خاطر بیاورید، مدلی که ما سعی در تخمین آن داریم:

$$\Delta y_t = b_{10} - b_{12}\Delta z_t + \gamma_{11}\Delta y_{t-1} + \gamma_{12}\Delta z_{t-1} + \varepsilon_{yt}$$ رابطه ۷۸

$$\Delta z_t = b_{20} - b_{21}\Delta y_t + \gamma_{21}\Delta y_{t-1} + \gamma_{22}\Delta z_{t-1} + \varepsilon_{zt}$$ رابطه ۷۹

با توجه به بازخورد ذاتی در سیستم، این معادلات نمی‌توانند به طور مستقیم با OLS تخمین زده شوند. دلیل این امر این است Δz_t با مؤلفه خطا ε_{yt} و Δy_t با مؤلفه ε_{zt} همبستگی دارد. یکی از فرض‌های بنیادی مدل رگرسیون خطی کلاسیک (CLRM) این است که متغیرهای توضیح داده شده مستقل از مؤلفه‌های خطا می‌باشند. توجه داشته باشید که هیچ مسئله‌ای در تخمین سیستم واریانس به فرم ارائه شده در (a/b۵,۵) وجود ندارد. OLS می‌تواند تخمین‌هایی از دو جزء A_0 و چهار جزء A_1 داشته باشد. علاوه بر این با به دست آوردن سری‌های باقی‌مانده $\{e_1\}$ و $\{e_2\}$ از رگرسیون ما می‌توانیم تخمین $\mathrm{var}(e_1)$ و $\mathrm{var}(e_2)$ و $\mathrm{cov}(e_1 e_2)$ را محاسبه کنیم. مسئله این است که آیا می‌توان تمام اطلاعات موجود در فرم ساختاری واریانس را از اطلاعات تخمین زده شده فرم استاندارد بازیابی کرد. به‌عبارت‌دیگر، فرم اولیه با توجه به برآورد OLS از فرم استاندارد مدل واریانس که توسط معادلات (a۵,۵) و (5.5b) مشخص شده، قابل شناسایی است؟

از نظر ارزش، پاسخ به این سؤال به وضوح خیر است!

برای این‌که این سیستم قابل شناسایی باشد باید یکی از ضرایب موجود در سیستم اولیه را به طور مناسب محدود کنیم. برای درک این موضوع اجازه دهید تعدادی از ضرایب مورد نیاز هر سیستم را با یکدیگر مقایسه کنیم. با استفاده از OLS برای تخمین سیستم استاندارد ارائه شده توسط معادلات ۱۷و ۱۸ شش پارامتر تخمینی $(a_{10}, a_{20}, a_{11}, a_{12}, a_{21}, a_{22})$ و مقادیر محاسبه شده $\mathrm{var}(e_{1t})$ و $\mathrm{var}(e_{2t})$ و $\mathrm{cov}(e_{1t}e_{2t})$ به دست می‌آید. با این حال سیستم ابتدایی نشان داده شده توسط معادلات ۱۷ و ۱۸ شامل ده پارامتر تخمینی است. علاوه بر دو ضریب عرض از مبدأ (b_{10}, b_{20})، چهار ضریب خود رگرسیونی $(\gamma_{22}, \gamma_{11}, \gamma_{21}$ و $\gamma_{12})$، و دو ضریب بازخورد هم‌زمانی (b_{12}, b_{21}) و دو انحراف معیار تخمینی (σ_z, σ_y) وجود دارد. در کل سیستم اولیه نیاز به شناسایی ده ضریب تخمینی

دارد درحالی که تخمین واریانس استاندارد تنها نه پارامتر به دست می‌دهد. مگر در مواردی که یک پارامتر محدود شده باشد، شناسایی سیستم اولیه محتمل نیست؛ می‌گوییم شکل اولیه واریانس کم هویت است.

برای اطمینان از این که سیستم ما به درستی شناسایی شده، ما از نوعی سیستم بازگشتی که توسط سیمز (۱۹۸۰) پیشنهاد شده است استفاده می‌کنیم. در اصل ما باید برای محدودسازی یک پارامتر سیستم ابتدایی را معادل صفر در نظر بگیریم. برای مثال فرض کنید ما محدودیت $b_{21} = 0$ در نظر بگیریم. نوشتن روابط 17 و 18 با اعمال این محدودیت می‌شود:

$$\Delta y_t = b_{10} - b_{12}\Delta y_t + \gamma_{11}\Delta y_{t-1} + \gamma_{12}\Delta z_{t-1} + \varepsilon_{yt} \qquad \text{رابطه ۸۹}$$

$$\Delta z_t = b_{20} + \gamma_{21}\Delta z_{t-1} + \gamma_{22}\Delta z_{t-1} + \varepsilon_{yt} \qquad \text{رابطه ۹۰}$$

با توجه به محدودیت واضح است که Δz_t یک اثر هم‌زمانی روی Δy_t دارد، اما Δy_t فقط با یک پاسخ تأخیری روی Δz_t مؤثر است، یعنی هیچ اثر هم‌زمانی Δy_t روی Δz_t ندارد. اعمال محدودیت $b_{21} = 0$ بدین معنا است که B^{-1} داده شود:

$$B^{-1} = \begin{bmatrix} 1 & -b_{12} \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

اکنون با پیش ضرب سیستم اولیه در B^{-1} داریم:

$$\begin{bmatrix} y_t \\ z_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & -b_{12} \\ 0 & 1 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} b_{10} \\ b_{20} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 & -b_{12} \\ 0 & 1 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} \gamma_{11} & \gamma_{12} \\ \gamma_{21} & \gamma_{22} \end{bmatrix}\begin{bmatrix} y_{t-1} \\ z_{t-1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 & -b_{12} \\ 0 & 1 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} \varepsilon_{yt} \\ \varepsilon_{zt} \end{bmatrix} \qquad \text{رابطه ۹۱}$$

یا

رابطه ۹۲
$$\begin{bmatrix} y_t \\ z_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_{10} - b_{12}b_{20} \\ b_{20} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \gamma_{11} - b_{12}\gamma_{21} & \gamma_{12} - b_{12}\gamma_{22} \\ \gamma_{21} & \gamma_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_{t-1} \\ z_{t-1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_{yt} - b_{12}\varepsilon_{zt} \\ \varepsilon_{zt} \end{bmatrix}$$

تخمین سیستم با استفاده از OLS برآورد پارامتر تئوری را نشان می‌دهد:

رابطه ۹۳
$$y_t = a_{10} + a_{11}y_{t-1} + a_{12}z_{t-1} + e_{1t}$$

رابطه ۹۴
$$z_t = a_{20} + a_{21}y_{t-1} + a_{22}z_{t-1} + e_{2t}$$

که

$$a_{10} = b_{10} - b_{12}b_{20}$$

$$a_{11} = \gamma_{11} - b_{12}\gamma_{21}$$

$$a_{12} = \gamma_{12} - b_{12}\gamma_{22}$$

$$a_{20} = b_{20}$$

$$a_{21} = \gamma_{21}$$

$$a_{22} = \gamma_{22}$$

ازآنجایی‌که $e_{1t} = \varepsilon_{yt} - b_{12}\varepsilon_{zt}$ و $e_{2t} = \varepsilon_{zt}$ ما می‌توانیم پارامترهای ماتریس واریانس و کوواریانس را مطابق زیر محاسبه نماییم:

رابطه ۹۵
$$Var(e_1) = \sigma_y^2 + b_{12}^2\sigma_z^2$$

رابطه ۹۶
$$Var(e_2) = \sigma_z^2$$

رابطه ۹۷
$$Cov(e_1, e_2) = -b_{12}^2\sigma_z^2$$

بنابراین ما نه پارامتر $a_{10}، a_{11}، a_{12}، a_{20}، a_{21}، a_{22}، var(e_1)، var(e_2)$ و $\text{cov}(e_1 e_2)$ تخمین می‌زنیم که می‌توانیم با نه معادله بالا جایگزین شود تا به طور هم‌زمان $b_{10}، b_{12}، \gamma_{11}، \gamma_{12}، b_{20}، \gamma_{21}، \gamma_{22}، \sigma_y^2$ و σ_z^2حل شوند.

همچنین توجه کنید که تخمین دنباله‌های $\{\varepsilon_{zt}\}$ و $\{\varepsilon_{yt}\}$ می‌تواند بهبود یابد. پسماندهای معادله دوم(مثلاً دنباله $\{e_{2t}\}$) از تخمین دنباله $\{\varepsilon_{zt}\}$ می‌باشند. ترکیب این برآوردها به همراه راه‌حل برای b_{12} به ما این امکان را می‌دهد که یک برآورد از دنباله $\{\varepsilon_{yt}\}$ با استفاده از رابطه $e_{1t} = \varepsilon_{yt} - b_{12}\varepsilon_{zt}$ محاسبه کنیم.

اکنون برخی از پیامدهای عملی این محدودیت را برای تفسیر از دینامیک این مدل را بررسی می‌کنیم. در رابطه ۹۰ محدودیت $b_{12} = 0$ به این معنا ست که Δy_t اثر هم‌زمانی روی Δz_t ندارد. مقدار مشاهده شده e_{2t} کاملاً با شوک‌های خالص دنباله $\{\Delta z_t\}$ جایگزین می‌شوند. تجزیه پسماندها در این شکل مثلثی به عنوان تجزیه چولسکی یاد می‌گردد.

سؤال واضح این است که چگونه تصمیم‌گیری اینکه کدام پارامتر را در سیستم اولیه محدود کنیم انجام می‌شود؟ تصمیم ما مبتنی بر نتایج آزمون علیت گرنجر است که قبل‌تر انجام شده است. این آزمون‌ها به ما می‌گوید که دنباله قیمت سهام در این جفت منجر به دنباله قیمت سهام دیگر است. ضریب بازخورد در سیستم اولیه که برای هر تشریحی در مدل پاسخگو نمی‌باشد، برابر صفر می‌گردد. برای مثال، اگر مشخص شد که Δz_t می‌تواند به طور قابل‌توجهی به توضیح حرکت Δy_t کمک کند، اما ارزش Δy_t نمی‌تواند به توضیح مقدار Δz_t کمک کند، سپس ما نتیجه می‌گیریم Δz_t منجر به Δy_t می‌شود و این رابطه یک‌طرفه است. در سیستم اولیه ما این امر را با محدود کردن b_{21} به صفر نشان می‌دهیم.

۸.۱.۴.۳ انتخاب طول وقفه بهینه: معیار اطلاعاتی آکائیکه[۱]

معیار اطلاعاتی آکائیکه (AIC) روشی است که برای تعیین طول وقفه بهینه در مدل‌های تخمینی این مطالعه مورد استفاده قرار می‌گیرد. می‌توان آن را به عنوان معیار انتخاب بین مدل‌های رقابتی تفسیر کرد. در هنگام انتخاب یک مدل خاص، هدف معمولاً حداکثر کردن میزان انطباق (R^2) نمونه است که با حداقل سازی مجموع مربع باقی‌مانده‌ها (RSS) انجام می‌شود. معیار اطلاعاتی آکائیکه می‌گوید که علاوه بر منطبق بودن، درصورتی‌که مدل همه کاره نیز باشد مفید است. بنابراین آکائیکه به جای تلاش برای حداقل سازی RSS، مجازاتی برای شامل شدن رگرسورها در مدل اعمال می‌کند که قدرت توضیحی مدل را به طور چشمگیری بهبود نمی‌دهد. هدف آکائیکه این است که آمار معیار اطلاعاتی خود را به حداقل برساند:

$$AIC = e^{2k/n}\frac{RSS}{n}$$

که K تعداد رگرسورها (شامل مؤلفه عرض از مبدأ) و n تعداد مشاهدات می‌باشد.

۵.۳ دوره معاملات

μ_t را میانگین متحرک و s_t را انحراف استاندارد متحرک تاریخی اختلاف قیمت دو سری قیمت[۲] در زمان t می‌گیرند. همان‌طور که در گاتو (۲۰۰۶) توضیح داده شده از قانون دو انحراف استاندارد برای ورود به معاملات جفتی استفاده می‌کنند.

[۱] Akaike Information Criterion

[۲] Spread

این ایده به این‌گونه است که وقتی اختلاف دو قیمت افزایش یا کاهش می‌یابد و آستانه ۲ انحراف استاندارد را می‌گذراند، موقعیت باز می‌شود و قیمت پایین‌تر را خرید می‌شود و در قیمت بالاتر موقعیت فروش استقراضی اتخاذ می‌گردد؛ وقتی اختلاف دو قیمت به میانگین متحرک آن برمی‌گردد، موقعیت‌ها بسته می‌شوند؛ به عبارتی دارایی خریداری شده فروخته و دارایی فروخته شده نیز مجدد خریداری می گردد (گاتو، ۲۰۰۶).

۶.۳ نسبت شارپ

نسبت شارپ برابر است با تفاوت بازده یک سرمایه‌گذاری با بازده بدون ریسک تقسیم بر ریسک سرمایه‌گذاری مورد نظر که به صورت زیر می‌باشد:

نسبت شارپ = ریسک سهم / (بازده بدون ریسک – بازده سهم)

نسبت شارپ مفهومی مشابه نسبت بازده به ریسک دارد با این تفاوت که بازده بدون ریسک در طی دوره مورد نظر از بازده انتظاری کسر می‌گردد. نکته دیگری که از نسبت شارپ می‌توان استخراج کرد، به‌صرفه بودن سرمایه‌گذاری در شرکت مورد نظر در مقایسه با سرمایه‌گذاری بدون ریسک یک ساله در اوراق مشارکت می‌باشد. بدین معنا که منفی بودن نسبت شارپ نشان می‌دهد که بازده انتظاری سهم مورد نظر از بازده بدون ریسک اوراق مشارکت کمتر بوده و لذا سرمایه‌گذاری در آن توجیه‌پذیر نمی باشد.

در ایران بازده سرمایه‌گذاری بدون ریسک را نرخ بازده ۱۸ ٪ سالیانه اوراق مشارکت در نظر می‌گیرند. بدیهی می‌باشد که هر مقدار نسبت شارپ یک سرمایه‌گذاری بیشتر باشد، آن سرمایه‌گذاری از مطلوبیت بالاتری برخوردار است. بدین ترتیب به منظور محاسبه ریسک در معاملات جفتی نسبت شارپ محاسبه خواهد شد.

۷.۳ آزمون مقایسه میانگین t

یکی از روش‌های تجزیه و تحلیل آماری، استنباط آماری است که به واسطه اطلاعاتی که یک نمونه از جامعه آماری در اختیارمان می‌گذارد به یک تصمیم در مورد جامعه آماری می‌رسیم.

استنباط آماری هنر تصمیم‌گیری در مورد توزیع داده‌ها است. یک تحلیل‌گر داده با استفاده از تکنیک آزمون فرض آماری دست به قضاوت زده و بر اساس داده‌های حاصل از نمونه، تصمیم می‌گیرد که یکی از فرض‌های آزمون آماری را رد کند. یکی از روش‌های آزمون فرض آماری در مورد میانگین جامعه، آزمون تی (T-test) یا آزمون تی استیودنت (T-student) است.

برای مقایسه میانگین دو جامعه مستقل از آزمون تی استفاده می‌کنیم، که اگر سایز نمونه کمتر از ۳۰ باشد آماره تی و اگر سایز نمونه بزرگ‌تر از ۳۰ باشد از آماره z حاصل از نمودار توزیع نرمال استفاده می‌شود. می‌دانیم هر جمعیت یک میانگین و یک انحراف استاندارد معین دارد. به دلیل اینکه در این مطالعه ما می‌خواهیم بررسی کنیم آیا بازده استراتژی معاملات جفتی از بازده استراتژی شاخص بیشتر یا کمتر است، از آزمون تی یک‌طرفه استفاده می‌کنیم. آزمایش یک‌طرفه قدرت بیشتری برای مقایسه میانگین در این مطالعه فراهم می‌کند. به دلیل استفاده از سطح معناداری ۰,۰۵ همه آلفا را در آزمایش به یک سمت اختصاص می‌دهد؛ بدین معنا که ۰,۰۵ در یک سوی آزمون آماری قرار دارد. و اگر آماره آزمون در ۰,۰۵ بالای توزیع احتمال و یا در ۰,۰۵ پایین توزیع احتمال باشد سطح معناداری ما کمتر از ۰,۰۵ می‌شود.

با مقایسه میانگین نمونه اول با مقدار معین μ_1 و میانگین نمونه دوم با مقدار معین μ_2 آزمون را انجام می‌دهیم. جامعه اول دارای میانگین μ_1 و انحراف استاندارد σ_1 و جامعه دوم میانگین μ_2 و انحراف استاندارد σ_2 می‌باشد. برای تصمیم‌گیری ابتدا فرضیات را تعریف و آماره آزمون را محاسبه می‌کنیم:

$$\begin{cases} H_0: \mu_1 \leq \mu_2 \\ H_1: \mu_1 > \mu_2 \end{cases} \rightarrow z < -z_\alpha$$

$$Z = \frac{\overline{R_2} - \overline{R_1}}{\sigma_{(\overline{R_2} - \overline{R_1})}} \quad , \quad \sigma_{(\overline{X_2} - \overline{X_1})} = \sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}}$$

H_0: یعنی تفاوت میانگین نمونه اول و دوم کمتر مساوی صفر است.

H_1: یعنی تفاوت میانگین نمونه اول و دوم بزرگ‌تر از صفر است.

حال تصمیم‌گیری به این‌گونه است که تی نمونه‌ها را با نرم‌افزار SPSS محاسبه و مقدار زد یا همان تی بحرانی در سطح ۰,۰۵ برای درجه آزادی نمونه از جدول توزیع نرمال استخراج می‌کنیم. با مشخص شدن ناحیه بحرانی و مقایسه تی با تی بحرانی اگر تی در ناحیه رد فرض قرار گیرد فرضیه صفر را رد می‌کنیم والا می‌پذیریم.

۸.۳ نتیجه‌گیری

در این فصل اقدام به توضیح روش تحقیق و معرفی ابزار مورد استفاده در پیاده‌سازی مدل مسئله گردید. ساختار و مراحل پیاده‌سازی مدل انتخاب جفت در معاملات جفتی به صورت کامل شرح داده شد. و آزمون‌های آماری به منظور راستی آزمایی نتایج به دست آمده از مدل انتخاب جفت اشاره گردید. در ادامه در فصل بعد داده‌های زمانی مورد نظر در فاصله زمانی فروردین ۱۳۹۱ تا پایان سال ۱۳۹۶اجرا می‌شوند و نتایج آورده می‌شوند.

۴ فصل چهارم

تجزیه و تحلیل داده‌ها

۱.۴ مقدمه

در فصول پیش به تفصیل در مورد معاملات جفتی، آزمون دیکی فولر، آزمون علیت گرنجری، روش رگرسیون خطی، روش باقی‌مانده‌های همبسته و نحوه مدل‌سازی آن‌ها صحبت کردیم. لازم به ذکر است که با توجه به مقاله کراس (۲۰۱۶) و تقسیم‌بندی حوزه معاملات جفتی در چندین دسته کلی، در تحقیق پیش رو فقط دسته هم انباشتگی مورد مطالعه قرار گرفته است؛ که شامل آزمون‌ها و مفاهیم مرتبط با اقتصادسنجی می‌شود. روش آزمون دیکی فولر تعمیم‌یافته و آزمون علیت گرنجری و روش رگرسیون خطی در این دسته جای می‌گیرند.

در این فصل جامعه آماری و داده‌های مورد نیاز را بیان می‌کنیم. سپس بر اساس روش انتخاب جفت موردنظر، نحوه‌ی تشکیل پرتفو را شرح می‌دهیم و نحوه برخورد با پرتفو در دوره معامله را بیان می‌کنیم. در آخر نتایج بازده بیان می‌گردد و طی مقایسه بین نتایج و اجرای آزمون‌های آماری، روش‌هایی که موفق به فرصت آربیتراژ شوند، مشخص می‌گردند.

۲.۴ نحوه پیاده‌سازی مدل به صورت گام به گام

در مباحث پیشین تمامی روابط مورد نیاز محاسبات تعریف و تبیین شد. اکنون گام به گام مراحل اجرای مدل ابتدا به منظور انتخاب جفت و ایجاد پرتفو داده‌های مورد نظر استخراج و درنهایت محاسبه بازده انجام می‌شود؛ و در ادامه هر کدام به اختصار توضیح داده می‌شود و تفسیر هر کدام به همراه نتایج و تحلیل آن‌ها خوانده می‌شود.

درنهایت نتایج مربوط به دوره معاملات به همراه بازده‌های به دست آمده قابل مشاهده خواهد بود و هر کدام از آن‌ها به صورت جامع مورد بحث واقع می‌شوند.

۳.۴ تحلیل نتایج انتخاب جفت‌ها

۱.۳.۴ آزمون دیکی فولر تعمیم‌یافته

در فصول قبل روش محاسبه پایایی هر یک از سهم‌های موجود در مطالعه بیان گردید. درنتیجه با آزمون دیکی فولر تعمیم‌یافته با استفاده از نرم‌افزار ایویوز ۹ پایایی داده‌های موجود را بررسی می‌نماییم. بر اساس فرضیه‌های موجود درصورتی‌که سطح معناداری کوچک‌تر از ۰,۰۵ باشد، فرض پایا بودن متغیر پذیرفته می‌شود. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده همه سهم‌های موردمطالعه پس از یک‌بار تفاضل گیری مانا شدند، درنتیجه مرتبه هم انباشتگی همه جفت‌ها از درجه یک $I(1)$ می‌باشد؛ که در اینجا به عنوان نمونه، خروجی نرم‌افزار برای دو سهم از زیرگروه قند و شکر به ترتیب با نام و نماد فرآورده‌های غذایی و قند شاهرود (قشکر) و قند هکمتان (قهکمت) را قرار می‌دهیم.

جدول ۴-۱ خروجی دیکی فولر تعمیم‌یافته نرم‌افزار ایویوز

سهم	سطح آزمون	آماره	سطح معناداری	نتیجه
قشکر	سطح	-۲,۰۴۹۶۳۴	۰,۲۶۵۶	*I(1)*
	تفاضل مرتبه نخست	-۲۵,۵۲۳۰۹	۰,۰۰۰۰	
قهکمت	سطح	۱,۲۴۴۸۹۸	۰,۶۵۶۵	*I(1)*
	تفاضل مرتبه نخست	-۲۵,۳۹۷۱۵	۰,۰۰۰۰	

این نتیجه نشان می‌دهد که این سهم‌ها می‌توانند روابط بلندمدت داشته باشند. برای بررسی رابطه بلندمدت از دو آزمون اثر و حداکثر مقدار ویژه که همان آزمون یوهانسن می‌باشد، استفاده می‌شود. به این صورت که اگر مشخص شود حداقل یک بردار هم انباشتگی میان جفت سهام وجود دارد، می‌توان

نتیجه گرفت میان آن‌ها رابطه بلندمدت وجود دارد. برای این کار ابتدا باید میزان وقفه بهینه تعیین گردد که با توجه به اینکه تعداد داده‌های ما در دوره شکل‌گیری ۷۲۴ روز می‌باشد و ریشه سوم آن به طور تقریبی برابر ۸ می‌باشد از طریق نرم‌افزار ایویوز ۹ با استفاده از معیار آکائیکه وقفه‌ها محاسبه می گردد، ما در اینجا فقط وقفه‌های بهینه جفت‌های مورد قبول در آزمون یوهانسن را می‌آوریم.

جدول ۴-۲ خروجی آزمون یوهانسن و تعداد وقفه بهینه

گروه	جفت سهام	وقفه بهینه	فرضیه تعداد رابطه‌های هم انباشتگی	احتمال	نتیجه
قند و شکر	قشکر – قهکمت	۱	صفر	۰,۰۲۱۳	وجود رابطه
			حداقل یک	۰,۲۰۴۷	بلندمدت
	قشکر – قمرو	۱	صفر	۰,۰۰۴۱	وجود رابطه
			حداقل یک	۰,۰۹۱۵	بلندمدت
	قزوین – قصفها	۱	صفر	۰,۰۱۶۷	وجود رابطه
			حداقل یک	۰,۱۷۶۲	بلندمدت
	قصفها – قپیرا	۲	صفر	۰,۰۴۶۷	وجود رابطه
			حداقل یک	۰,۱۶۲۵	بلندمدت
	وبهمن – وبوعلی	۲	صفر	۰,۰۴۸۹	وجود رابطه
			حداقل یک	۰,۱۴۸۹	بلندمدت
	وسپه – وبوعلی	۲	صفر	۰,۰۳۳۹	وجود رابطه
			حداقل یک	۰,۲۰۱۶	بلندمدت
	پردیس – واعتبار	۶	صفر	۰,۰۰۱	وجود رابطه

سرمایه‌گذاری			حداقل یک	۰,۰۳۰۸	بلندمدت
	پردیس – وصندوق	۳	صفر	۰,۰۴۴۵	وجود رابطه
			حداقل یک	۰,۰۸۸۵	بلندمدت
	واتی – وبهمن	۲	صفر	۰,۰۱۵۶	وجود رابطه
			حداقل یک	۰,۰۶۱۸	بلندمدت
	واتی – وبیمه	۲	صفر	۰,۰۰۸	وجود رابطه
			حداقل یک	۰,۰۴۵۹	بلندمدت
	واتی – واعتبار	۲	صفر	۰,۰۴۵۶	وجود رابطه
			حداقل یک	۰,۰۲۳۲	بلندمدت
	وصندوق – وبهمن	۳	صفر	۰,۰۰۹۲	وجود رابطه
			حداقل یک	۰,۰۷۶۷	بلندمدت
	وبهمن – وساپا	۴	صفر	۰,۰۲۲۲	وجود رابطه
			حداقل یک	۰,۰۹۳۷	بلندمدت
	وتوصا – وبهمن	۲	صفر	۰,۰۰۷۲	وجود رابطه
			حداقل یک	۰,۰۵۱۳	بلندمدت
	وسنا – وبیمه	۳	صفر	۰,۰۳۴۴	وجود رابطه
			حداقل یک	۰,۱۹۵۴	بلندمدت
	ونیکی – واعتبار	۷	صفر	۰,۰۰۵۹	وجود رابطه
			حداقل یک	۰,۰۲۴۶	بلندمدت

	واعتبار – وساپا	۶	صفر	۰,۰۳۵	وجود رابطه
			حداقل یک	۰,۱۰۶۱	بلندمدت
	وگستر – وساپا	۸	صفر	۰,۰۰۱۳	وجود رابطه
			حداقل یک	۰,۰۰۴۵	بلندمدت
	وصندوق – ونیکی	۳	صفر	۰,۰۰۰۲	وجود رابطه
			حداقل یک	۰,۰۶۹	بلندمدت
	وتوصا – ونیکی	2	صفر	۰,۰۲۰۳	وجود رابطه
			حداقل یک	۰,۱۹۳۱	بلندمدت
	وصندوق – وسنا	۳	صفر	۰,۰۰۱	وجود رابطه
			حداقل یک	۰,۳۳۵	بلندمدت
	وسنا – وساپا	۴	صفر	۰,۰۰۸۹	وجود رابطه
			حداقل یک	۰,۱۳۰۴	بلندمدت
	وصنعت – وصندوق	3	صفر	۰,۰۰۴۷	وجود رابطه
			حداقل یک	۰,۱۶۶۰	بلندمدت
	وتوسم – وصندوق	۳	صفر	۰,۰۱۵۵	وجود رابطه
			حداقل یک	۰,۰۱۳۵	بلندمدت
	وسپه – وساپا	۴	صفر	۰,۰۰۹۹	وجود رابطه
			حداقل یک	۰,۰۶۲۸	بلندمدت
	وتوصا – وساپا	۴	صفر	۰,۰۰۳۸	وجود رابطه

			حداقل یک	۰,۰۵۳۵	بلندمدت
	وتوصا – وسپه	۲	صفر	۰,۰۳۷۱	وجود رابطه
			حداقل یک	۰,۰۵۷۶	بلندمدت
خودرو	خزر – خچرخش	7	صفر	۰,۰۰۰۱	وجود رابطه
			حداقل یک	۰,۱۰۶۰	بلندمدت
	خزر – خگستر	5	صفر	۰,۰۱	وجود رابطه
			حداقل یک	۰,۱۳۵	بلندمدت
	خزر – خمحرکه	۵	صفر	۰,۰۳۲۷	وجود رابطه
			حداقل یک	۰,۰۶۱۱	بلندمدت
	خزر - خنصیر	۶	صفر	۰,۰۰۰۰	وجود رابطه
			حداقل یک	۰,۰۷۶۸	بلندمدت
	خودرو - خزر	۴	صفر	۰,۰۱۱۲	وجود رابطه
			حداقل یک	۰,۱۵۳۴	بلندمدت
	خزر - خزامیا	4	صفر	۰,۰۰۰۰	وجود رابطه
			حداقل یک	۰,۰۶۷۰	بلندمدت
	خاذین - خکمک	۴	صفر	۰,۰۱۱۵	وجود رابطه
			حداقل یک	۰,۱۵۳۲	بلندمدت
	خبهمن - خمهر	۵	صفر	۰,۰۲۳۷	وجود رابطه
			حداقل یک	۰,۰۶۳۲	بلندمدت

خودرو	خبهمن - خرینگ	۴	صفر	۰,۰۳۹۷	وجود رابطه
			حداقل یک	۰,۱۳۱۱	بلندمدت
	خکمک - خچرخش	۲	صفر	۰,۰۱۷۹	وجود رابطه
			حداقل یک	۰,۰۴۰۵	بلندمدت
	خمحرکه – خچرخش	۳	صفر	۰,۲۵۳	وجود رابطه
			حداقل یک	۰,۱۵۷۲	بلندمدت
	خچرخش – خموتور	4	صفر	۰,۰۱۵۰	وجود رابطه
			حداقل یک	۰,۱۱۹۷	بلندمدت
	خودرو – خچرخش	2	صفر	۰,۰۱۹۰	وجود رابطه
			حداقل یک	۰,۰۸۰۷	بلندمدت
	خرینگ – خچرخش	۸	صفر	۰,۰۰۱۱	وجود رابطه
			حداقل یک	۰,۱۴۷۳	بلندمدت
	خشرق – خچرخش	7	صفر	۰,۰۰۰۹	وجود رابطه
			حداقل یک	۰,۰۶۶۵	بلندمدت
	ختوقا – خچرخش	۷	صفر	۰۰۰۰.	وجود رابطه
			حداقل یک	۰,۱۳۶۸۸	بلندمدت
	خزامیا – خچرخش	۳	صفر	۰,۰۴۴۲	وجود رابطه
			حداقل یک	۰,۸۱۰	بلندمدت
	خشرق – خگستر	۶	صفر	۰,۰۰۲۴	وجود رابطه

			حداقل یک	۰,۱۶۱۴	بلندمدت
	خگستر – خزامیا	۵	صفر	۰,۰۰۶۶	وجود رابطه
			حداقل یک	۰,۱۴۶۲	بلندمدت
	خکار – خریخت	۳	صفر	۰,۰۰۹۸	وجود رابطه
			حداقل یک	۰,۸۳۴۵	بلندمدت
	خکار – ختور	۷	صفر	۰,۰۰۴۲	وجود رابطه
			حداقل یک	۰,۶۷۹۴	بلندمدت
خودرو	خکمک – خمحور	۷	صفر	۰,۰۰۲۱	وجود رابطه
			حداقل یک	۰,۰۴۶	بلندمدت
	خودرو – خکمک	۴	صفر	۰,۰۰۰۶	وجود رابطه
			حداقل یک	۰,۳۹۳۹	بلندمدت
	خرینگ – خکمک	۶	صفر	۰,۰۰۰۵	وجود رابطه
			حداقل یک	۰,۱۴۶	بلندمدت
	خشرق – خکمک	۵	صفر	۰,۰۰۲۵	وجود رابطه
			حداقل یک	۰,۱۳۱۳	بلندمدت
	خزامیا – خمهر	۲	صفر	۰,۰۳۴۰	وجود رابطه
			حداقل یک	۰,۱۵۹۳	بلندمدت
	خنصیر – خمحور	۷	صفر	۰,۰۰۵	وجود رابطه
			حداقل یک	۰,۰۸۳۱	بلندمدت

	خودرو – خمحور	۸	صفر	۰,۰۴۲۳	وجود رابطه
			حداقل یک	۰,۱۲۲۸	بلندمدت
	خزامیا – خمحور	۴	صفر	۰,۰۰۷۷	وجود رابطه
			حداقل یک	۰,۰۷۸۷	بلندمدت
	خمحرکه – خنصیر	۲	صفر	۰,۰۱۳	وجود رابطه
			حداقل یک	۰,۲۶۷۳	بلندمدت
	خرینگ – خمحرکه	۶	صفر	۰,۰۱۱۳	وجود رابطه
			حداقل یک	۰,۱۱۸۶	بلندمدت
	خزامیا – خمحرکه	۳	صفر	۰,۰۴۹	وجود رابطه
			حداقل یک	۰,۰۹۷۸	بلندمدت
	خوساز – خموتور	۲	صفر	۰,۰۰۰۷	وجود رابطه
			حداقل یک	۰,۸۳۸۴	بلندمدت
	خزامیا – خموتور	۴	صفر	۰,۰۳۷۶	وجود رابطه
			حداقل یک	۰,۱۷۶	بلندمدت
	خودرو – خرینگ	۶	صفر	۰,۰۰۹۹	وجود رابطه
			حداقل یک	۰,۱۹۱۱	بلندمدت
	خزامیا – خودرو	۲	صفر	۰,۰۱۴۱	وجود رابطه
			حداقل یک	۰,۳۰۴۲	بلندمدت
	ختراک – خوساز	۳	صفر	۰,۰۰۸۱	وجود رابطه

				حداقل یک	۰,۳۵۸۵	بلندمدت
	خرینگ – خزامیا	۴	صفر	۰,۰۰۲۵	وجود رابطه بلندمدت

۲.۳.۴ آزمون علیت گرنجر

علیت گرنجر نقش مهمی در این مطالعه دارد و به تعبیری مشکل شناسایی جفت‌های معاملاتی را با روش مدل‌سازی پیوند می‌دهد؛ که این آزمون را فقط برای جفت‌های بالقوه‌ای که در بخش قبل مشخص گردیدند اجرا می‌کنیم تا مشخص گردد کدام‌یک داده‌های قیمتی علت دیگری است. این دیدگاه برای روابط هم انباشتگی یک جفت سهام به دو دلیل حائز اهمیت است؛ اولاً، متغیر مستقل و وابسته را برای معادله هم انباشتگی مشخص می‌کند؛ ثانیاً، یک مدل تئوری برای توجیه این‌که کدام ضریب در فرم ابتدایی واریانس محدود به صفر است را فراهم می‌کند. به عنوان نمونه یکی از خروجی‌های نرم‌افزار قرار داده می‌شود و بقیه نتایج در جدول بعد ارائه می‌گردد.

Pairwise Granger Causality Tests
Date: 01/06/20 Time: 16:16
Sample: 1 723
Lags: 1

Null Hypothesis:	Obs	F-Statistic	Prob.
HEKMAT does not Granger Cause QSHEKAR	722	3.36795	0.0669
QSHEKAR does not Granger Cause HEKMAT		6.82950	0.0092

شکل ۴-۱ نمونه خروجی آزمون گرنجر از نرم‌افزار ایویوز

با توجه به خروجی به دســـت آمده فوق مقدار احتمال ۰,۰۰۹۲ کمتر از ۰,۰۵ می‌باشـــد و می‌توانیم فرضیه صفر را که قشکر علت قهکمت نیست را رد کنیم و نتیجه‌گیری کنیم که قشکر علت قهکمت می‌باشـد. می‌توانیم نتیجه‌گیری کنیم که داده‌های قیمتی قشـکر را متغیر مسـتقل و داده‌های قیمتی قهکمت را متغیر وابسته در نظر می‌گیریم. این نتیجه نشان‌دهنده جهت‌گیری یک‌طرفه می‌باشد. اگر

هر دو مقدار احتمال ما کمتر از ۰,۰۵ شوند، نتیجه می‌گیریم که هر دو دنباله قیمتی علت یکدیگر می باشـند و رابطه دوطرفه بین آن‌ها برقرار اسـت. این نتیجه مفیدی برای این مطالعه نیسـت، زیرا ما می خواهیم اثرات یک سری را به صفر محدود کنیم تا سیستم واریانس قابل شناسایی گردد. برای هر یک از جفت این آزمون انجام گردید و نتیجه در جدول زیر قابل مشاهده است. جفت‌هایی که متقابل روی هم اثرگذار بودند از مطالعه حذف گردیدند.

جدول ۴-۳ نتایج آزمون علیت

گروه	جفت معاملاتی	جهت علیت
قند و شکر	قشکر - قهکمت	قشکر علت قهکمت
	قشکر - قمرو	قشکر علت قمرو
	قزوین - قصفها	قزوین علت قصفها
	قصفها - قپیرا	قصها علت قپیرا
	وبهمن – وبوعلی	وبهمن علت وبوعلی
	وسپه - وبوعلی	وسپه علت وبوعلی
	پردیس - واعتبار	پردیس علت واعتبار
	پردیس – وصندوق	وصندوق علت پردیس
	واتی - وبهمن	واتی علت وبهمن
	واتی – وبیمه	واتی علت وبیمه
	واتی – واعتبار	واعتبار علت واتی
	وصندوق - وبهمن	وصندوق علت وبهمن

سرمایه‌گذاری	وبهمن – وساپا	وبهمن علت وساپا
	وتوصا - وبهمن	وتوصا علت وبهمن
	وسنا – وبیمه	وسنا علت وبیمه
	ونیکی – واعتبار	ونیکی علت واعتبار
	واعتبار – وساپا	واعتبار علت وساپا
	وگستر - وساپا	وگستر علت وساپا
	وصندوق - ونیکی	وصندوق علت ونیکی
	وتوصا – ونیکی	وتوصا علت ونیکی
	وصندوق - وسنا	وصندوق علت وسنا
	وسنا – وساپا	وسنا علت وساپا
	وصنعت - وصندوق	وصندوق علت وصنعت
	وتوسم - وصندوق	وصندوق علت وتوسم
	وسپه - وساپا	وسپه علت وساپا
	وتوصا - وساپا	وتوصا علت وساپا
	وتوصا - وسپه	وتوصا علت وسپه
	خزر – خچرخش	خزر علت خچرخش
	خزر – خگستر	خزر علت خگستر

خودرو	خزر – خمحرکه	خزر علت خمحرکه
	خزر – خنصیر	خزر علت خنصیر
	خودرو – خزر	خودرو علت خزر
	خزامیا – خزر	خزامیا علت خزر
	خاذین – خکمک	خاذین علت خکمک
	خبهمن – خمهر	خبهمن علت خمهر
	خبهمن – خرینگ	خبهمن علت خرینگ
	خکمک – خچرخش	خکمک علت خچرخش
	خمحرکه – خچرخش	خمحرکه علت خچرخش
	خموتور – خچرخش	خموتور علت خچرخش
	خودرو – خچرخش	خودرو علت خچرخش
	خرینگ – خچرخش	خرینگ علت خچرخش
	خشرق – خچرخش	خشرق علت خچرخش
	ختوقا – خچرخش	ختوقا علت خچرخش
	خزامیا – خچرخش	خزامیا علت خچرخش
	خشرق – خگستر	خشرق علت خگستر
	خزامیا – خگستر	خزامیا علت خگستر

خودرو	خکار – خریخت	خکار علت خریخت
	خکار – ختور	خکار علت ختور
	خکمک – خمحور	خکمک علت خمحور
	خودرو – خکمک	خودرو علت خکمک
	خرینگ – خکمک	خرینگ علت خکمک
	خشرق – خکمک	خشرق علت خکمک
	خزامیا – خمهر	خزامیا علت خمهر
	خنصیر – خمحور	خنصیر علت خمحور
	خودرو – خمحور	خودرو علت خمحور
	خمحور – خزامیا	خمحور - خزامیا
	خمحرکه – خنصیر	خمحرکه علت خنصیر
	خرینگ – خمحرکه	خرینگ علت خمحرکه
	خزامیا – خمحرکه	خزامیا علت خمحرکه
	خوساز – خموتور	خوساز علت خموتور
	خزامیا – خموتور	خزامیا علت خموتور
	خودرو – خرینگ	خودرو علت خرینگ
	ختراک – خوساز	ختراک علت خوساز

	خزامیا - خرینگ	خزامیا علت خرینگ

۳.۳.۴ تخمین پارامترها استفاده از با VECM

پس از انتخاب زوج سهام کاندید در مرحله قبل معادلات تصحیح خطای برداری به منظور تخمین پارامترها و معادله اسپرد، تخمین زده می‌شود. زمانی که ما جهت علت و معلولی را بدانیم می‌توانیم رابطه بلندمدت تعادلی را تخمین بزنیم. برای دو سهم y_t و z_t معادله تعادلی به فرم زیر می‌باشد:

$$y_t = \beta_0 + \beta_1 z_t + \varepsilon_t$$

که اگر هم انباشتگی بک رابطه معنادار باشد، ε_t یک فرایند مانا است. بنا بر قضیه گرنجر متناظر با هر رابطه بلندمدت اقتصادی می‌بایست یک رابطه کوتاه‌مدت به صورت مکانیزم تصحیح خطا برای دستیابی به تعادل بلندمدت وجود داشته باشد، چراکه تصحیح خطا[1] چگونگی تعدیل متغیرهای دستگاه را در کوتاه‌مدت 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 همان‌طور که نشان داده شد هم انباشتگی مستلزم تصحیح خطا 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 بازمی‌گردد که حداقل تغییرات برخی از متغیرها در جهت عکس عدم تعادل ایجاد شده باشد.

روابط بلندمدت همان‌طور که در فصل‌های قبل اشاره گردید برای دو متغیر (دارایی یا سهام) y و z به صورت زیر است:

[1] ECM

$$\Delta y_t = \alpha_y\left(y_{t-1} - \beta y_{t-1} + \rho_y\right) + \cdots + \varepsilon_{yt}$$ رابطه ۱

$$\Delta z_t = \alpha_z(z_{t-1} - \beta z_{t-1} + \rho_z) + \cdots + \varepsilon_{zt}$$ رابطه ۲

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 و یک عبارت نوفه سفید بازنویسی کرد:

$$y_{t-1} - \beta y_{t-1} + \rho = \mu + \varepsilon_t$$ رابطه ۳

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.

$$Z_{Score} = \frac{spread - mean(spread)}{STD(spread)}$$

خروجی‌های تخمینی مثال قهکمت/ قشکر را در نظر می‌گیریم و ضرایب را تفسیر می‌کنیم.

Dependent Variable: HEKMAT
Method: Least Squares
Date: 01/06/20 Time: 19:57
Sample: 1 723
Included observations: 723

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
QSHEKAR	2.350274	0.071164	33.02602	0.0000
C	2268.486	450.2301	5.038504	0.0000

R-squared	0.602035	Mean dependent var	15105.11
Adjusted R-squared	0.601483	S.D. dependent var	9678.557
S.E. of regression	6109.898	Akaike info criterion	20.27597
Sum squared resid	2.69E+10	Schwarz criterion	20.28865
Log likelihood	-7327.763	Hannan-Quinn criter.	20.28086
F-statistic	1090.718	Durbin-Watson stat	0.060318
Prob(F-statistic)	0.000000		

شکل ۴-۲ خروجی تخمین ols از نرم‌افزار

ضریب هم انباشتگی (۲,۳۵۰۲۷۴) در عمل به عنوان تعداد واحدهای قشکر برای فروش استقراضی به ازای هر واحد از قهکمت که موقعیت خرید اتخاذ می‌گردد که درنتیجه پرتفو دارای خاصیت بازگشت به میانگین می‌باشد. مقدار پرتفو که ضرورتاً با $\{c+\varepsilon_t\}$ ارائه می‌گردد مقدار تعادلی ۲۲۶۸,۴۸۶ را دارد که پیرامون این مقدار با حرکت‌های حاکم بر ε_t نوسان می‌کند. بنابراین یک دیدگاه به رفتار حرکت ε_t یک دیدگاه به رفتار حرکت پرتفو کلی را فراهم می‌کند.

اگر رابطه هم انباشتگی معنادار باشد سپس ε_t پایا است. اگر ε_t در حقیقت پایا باشد سپس میانگین ثابت (که در این مطالعه برابر صفر است)، واریانس ثابت و خودهمبستگی ثابت می‌شود و رفتار حرکتی اش به خوبی با بازگشت به میانگین توصیف می‌شود. باید دانست که این ویژگی های ε_t برای هر قانون معاملاتی بر پایه استراتژی جفتی بسیار مهم است.

در ادامه ضرایب هم انباشتگی به دست آمده از معادلات برای هر جفت را در جدول زیر ارائه می‌کنیم

جدول ۴-۴نتایج ضرایب هم انباشتگی از نرم‌افزار

گروه	جفت	ضریب هم انباشتگی
قند و شکر	قشکر – قهکمت	۲,۳۵۰۲۷۴
	قشکر – قمرو	۲,۳۹۴۰۱۹
	قزوین – قصفها	۴,۳۱۵۲۳۶
	قصفها – قپیرا	۰,۲۶۵۵۰۹
	وبهمن – وبوعلی	۱,۴۵۵۶۳۹
	وسپه – وبوعلی	۱,۰۹۱۷۸۵

سرمایه‌گذاری	پردیس – واعتبار	۰,۴۶۸۱۸۲
	پردیس – وصندوق	۰,۲۱۱۲۳۶
	واتی – وبهمن	۰,۱۸۰۹۱۹
	واتی – وبیمه	۰,۰۷۹۸۳۴
	واتی – واعتبار	۱,۵۷۰۰۴۶
	وصندوق – وبهمن	۰,۱۹۴۳۷۴
	وبهمن – وساپا	۰,۱۲۳۲۹۶
	وتوصا – وبهمن	۰,۶۴۴۴۱۲
	وسنا – وبیمه	۱,۹۳۷۲۹۴
	ونیکی – واعتبار	۰,۲۱۰۲۹۸
	واعتبار – وساپا	۰,۳۳۲۸۷۱
	وگستر – وساپا	۰,۴۳۱۰۹۶
	وصندوق – ونیکی	۰,۵۸۶۰۳۵
	وتوصا – ونیکی	۲,۰۱۷۳۹
	وصندوق – وسنا	۰,۲۸۸۳۳۹
	وسنا – وساپا	۰,۲۶۶۱۳۱
	وصنعت – وصندوق	۰,۴۱۹۶۹۹

	وتوسم – وصندوق	۰,۲۰۱۰۰۲
	وسپه – وساپا	۰,۱۱۸۱۴۵
	وتوصا – وساپا	۰,۱۵۰۴۹۷
	وتوصا – وسپه	۰,۹۲۰۶۷۱
خودرو	خزر – خچرخش	۰,۴۱۰۰۵۰
	خزر – خگستر	۱,۴۲۹۴۹۸
	خزر – خمحرکه	۰,۶۹۸۷۴۶
	خزر – خنصیر	۲,۰۸۰۱۴۶
	خودرو – خزر	۰,۸۹۳۲۲۵
	خزامیا – خزر	۱,۵۰۱۴۱۷
	خاذین – خکمک	۰,۴۱۲۷۷۲
	خبهمن – خمهر	۰,۹۱۴۴۷۱
	خبهمن – خرینگ	۱,۵۴۲۴۹۲
	خکمک – خچرخش	۰,۴۶۹۲۳۳
	خمحرکه - خچرخش	۰,۶۸۳۸۸
	خموتور – خچرخش	۰,۵۰۲۸۹۸
	خودرو – خچرخش	۰,۳۷۸۰۰۵

	خرینگ – خچرخش	۰,۳۲۴۶۲۳
	خشرق – خچرخش	۰,۴۲۱۸۰۰
	ختوقا – خچرخش	۰,۵۰۴۸۲۴۵
	خزامیا – خچرخش	۰,۵۴۵۵۱۸
	خشرق – خگستر	۱,۵۲۲۴۱۸
	خزامیا – خگستر	۲,۳۰۴۸۵۱
	خکار – خریخت	۰,۵۲۳۰۷۰
	خکار – ختور	۱,۳۳۲۱۷
	خکمک – خمحور	۰,۶۴۷۵۵۵
	خودرو – خکمک	۰,۶۳۸۱۶
	خرینگ – خکمک	۰,۵۰۸۶۳۳
	خشرق – خکمک	۰,۷۶۵۳۹۶
	خزامیا – خمهر	۱,۴۶۴۶۷۱
	خنصیر – خمحور	۰,۲۸۱۱۲۹
	خودرو – خمحور	۰,۵۷۰۰۸۲
	خمحور – خزامیا	۱,۰۲۰۴۱۳
	خمحرکه – خنصیر	۲,۷۸۷۰۵۰

خودرو	خرینگ – خمحرکه	۰,۵۴۴۸۸۸
	خزامیا – خمحرکه	۱,۰۲۳۸۱۷
	خوساز – خموتور	۰,۹۰۹۴۰۶
	خزامیا – خموتور	۱,۳۸۶۲۶۳
	خودرو – خرینگ	۱,۱۱۶۶۹۴
	خنراک – خوساز	۱,۰۵۸۰۴۵
	خزامیا – خرینگ	۱,۸۹۴۷۲۵

۴.۴ تحلیل نتایج دوره معامله و محاسبه بازده

در این دوره ۳۶ ماهه ابتدا برای هر جفت موجود در پرتفو اسپرد به دست آورده می‌شود و سپس برای هر سری اسپرد، میانگین و انحراف معیار و در نهایت نمره z آن محاسبه می‌گردد. سپس با استفاده از قانون ۲ انحراف معیار وارد معامله می‌شویم، به این صورت که اگر نمره z جفت منتخب خارج بازه $\pm$ ۲ شود فرصت معاملاتی باز و اگر در محدوده $\pm$ ۰,۵ قرار گرفت باید موقعیت‌ها بسته شوند. اگر اسپرد زیر ۲- قرار گیرد، باید یک عدد ارزش سهم وابسته را بخریم و β عدد ارزش سهام مستقل را فروش استقراضی کنیم و به طور معادل اگر اسپرد بالای ۲+ شود $1/\beta$ ارزش سهام وابسته را فروش استقراضی و یک عدد ارزش سهم مستقل را می‌خریم. و هر دو موقعیت زمانی که اسپرد به صفر می‌رسد بسته می‌شوند، که این معادل با بازگشت جفت‌ها به تعادل بلندمدتشان است.

جدول ۴-۵ نتایج بازده شاخص و استراتژی جفتی از نرم‌افزار Excel

گروه	جفت	تعداد معامله	بازده استراتژی	بازده شاخص
قند و شکر	قشکر - قهکمت	۲	۱,۷۶۸	۰,۴۳۳
			-۲,۶۹۴	-۰,۵۵۶
	قشکر - قمرو	۶	۱۶,۹۹۵	۰,۵۴۳
			۵,۶۵۵	-۰,۶۷۷
			۱۰,۱۴۳	۰,۲۴۷
			۰,۱۴۱	۰,۳۶
			۱,۵۵	-۰,۱۷۴
			-۲,۲۴۴	۰,۲۱۰
	قزوین - قصفها	۲	۷,۷۲۰	۱,۱۰۴
			-۱,۶۰۸	۰,۳۲۹
	قصفها - قپیرا	۱	-۰,۱۰۷	-۲,۷۶۹
	وبهمن – وبوعلی	۵	۱,۴۸۰	-۰,۱۲۱۵
			۲,۵۰۹	-۰,۸۴۲
			۷,۶۹	-۰,۷۲۶

سرمایه‌گذاری			۱,۱۵۹	-۰,۸۵۲
			۱,۴۹	۰,۵۰۱
	وسپه - وبوعلی	۲	۰,۰۴۱۱	-۰,۱۹۴
			-۰,۰۳۲۳	-۰,۲۳۴۶
	پردیس - واعتبار	۱	۰,۶۱۵	-۰,۰۴۵
	پردیس – وصندوق	۱	۳,۱۵	۰,۹۶
	واتی - وبهمن	۲	۳,۶۵۷	-۰,۱۱۵۴
			۳۷,۵۴	-۰,۵۲۷
	واتی - وبیمه	۱	۴۴,۵۴	۰,۴۲۴
	واتی – واعتبار	۴	۱۰,۸۱	-۱,۲۴۶
			۶,۶۳	-۰,۵۷۶
			۳,۲۸	۰,۸۲
			۶,۵۹	۳,۱۳۳
	وصندوق - وبهمن	۳	-۰,۹۹	-۰,۲۰۰۳
			-۳۴,۳۴	۰,۲۱۲
			۱۰,۲۹۲	۰,۰۲۳۱
	وبهمن – وساپا	۱	۱۷,۳۹۷	-۰,۲۶۲

سرمایه‌گذاری	وتوصا - وبهمن	۲	۱,۸۹۷	-۰,۰۲۶
			-۰,۱۸۳	-۳,۰۷۶
	وسنا - وبیمه	۰	-	-
	ونیکی – واعتبار	۱	۹,۳۰۱	۰,۰۵۹
	واعتبار – وساپا	۱	۸,۸۴۲	-۰,۴۴۷
	وگستر - وساپا	۱	۰,۹۳۶	-۰,۴۸۲
	وصندوق - ونیکی	۱	-۳,۸۳۵	۲,۲۴۹
	وتوصا – ونیکی	۰	-	-
	وصندوق - وسنا	۱	-۱۲,۳۸۱	۱,۵۴۸
	وسنا – وساپا	۱	۲۲,۰۵۸	۰,۶۱۶
	وصنعت - وصندوق	۱	۲,۶۰۰	۰,۶۲۵
	وتوسم - وصندوق	۳	۴,۱۰۶	-۰,۶۳۵
			۰,۷۱۶	۲,۲۷۲
			۰,۶۲۷	۰,۰۰۸۹
	وسپه - وساپا	۰	-	-
	وتوصا - وسپه	۲	۰,۰۱۷۱	-۰,۴۱۳
			۰,۵۳۳	۰,۴۷۹

خودرو	خزر – خمحرکه	۴	۱۴,۱۹	۲,۴۹
			۲,۲۹۱	-۰,۷۸
			۲,۵۲	۱,۰۳۹
			-۰,۲۹۱۹	۰,۰۰۲۵
	خزر – خنصیر	۲	-۱۰,۹۶	-۰,۱۰۹
			۳,۵۶	۰,۵۶
	خودرو – خزر	۳	*14.71*	۲,۹۱۳
			۵,۸۵۲	-۰,۷۵۱
			۱,۹۵۳	-۰,۲۶۴۹
	خزر – خزامیا	۲	۲,۷۲۵	۰,۴۵۶
			-۱,۲۲	-۰,۱۶۶
	خاذین – خکمک	۰	-	-
	خبهمن – خمهر	۲	۱۲,۱۲	-۰,۱۶۱
			۲,۰۰۵	۰,۳۳۸۱
	خبهمن – خرینگ	۱	۱,۴۴۷	۰,۰۰۲۳
	خکمک – خچرخش	۲	۱۵,۰۳	۱,۷۹۲
			۲,۵۹۷	۰,۱۸۴

خودرو	خمحرکه – خچرخش	۳	۱۶,۰۰۶	۱,۳۶۲
			۳,۵۲۳	-۰,۱۴۲۳
			۱,۹۱۷	۰,۲۴۶
	خچرخش – خموتور	۱	-۲,۳۱۴	۰,۷۸۵
	خودرو – خچرخش	۲	۲۶,۰۵	۰,۷۸۱
			۰,۳۸۸	-۰,۱۴۴
	خرینگ – خچرخش	۳	-۸,۵۷۶	۰,۷۷۲
			۲,۳۲۹	-۰,۱۲۹
			۴,۸۴	۰,۳۴۵
	ختوقا – خچرخش	۲	۶,۹۰۰	۱,۰۶۱
			۴,۳۴۱	۰,۲۳۳
	خزامیا – خچرخش	۲	۲,۸۱۵	-۰,۱۵۴
			۴,۰۰۴	۰,۱۸۵
	خشرق – خگستر	۲	۱۱,۱۹	-۰,۵۴۵
			-۱,۶۲۸	-۴,۳۹۰
	خشرق - خچرخش	۲	۱۶,۰۹۸	۰,۷۸۵
			۶,۱۱	۰,۱۲۱۳

	خگستر – خزامیا	۱	۲۶,۰۳۶	۰,۳۵۲
	خکار – خریخت	۰	-	-
	خکار – ختور	۲	۰,۲۴۹	-۰,۶۲۲
			۸,۰۴۱	۱,۳۲
	خکمک – خمحور	۱	۰,۶۴۴	۰,۱۳۲
	خرینگ – خکمک	۳	۰,۵۰۹	۰,۶۰۷
			۱,۲۹۲	-۰,۳۶۱
			۰,۷۹۷	-۰,۸۷۲
	خشرق – خکمک	۰	-	-
	خزامیا – خمهر	۲	۱۶,۲۳	-۰,۰۸
			۰,۱۵۶	۰,۰۱۴۲
	خنصیر – خمحور	۲	۷,۷۴۵	۰,۰۱۳۷
			۱۲,۲۰	۰,۱۰۹
	خودرو – خمحور	۲	۱۶,۰۷	-۰,۵۴۸
			۰,۵۴۴	۰,۱۱۰۹
	خزامیا – خمحور	۲	۱۷,۲۸۱	۰,۱۰۴
			-۱,۴۶۶	۰,۰۷۴

خودرو	خمحرکه – خنصیر	۲	۶,۰۴۹	۰,۰۴۳
			۶,۰۴۸	۰,۴۹۵
	خرینگ – خمحرکه	۳	۱۴,۰۰	۱,۹۷
			-۰,۶۴۵	-۰,۵۹۴
			-۰,۱۹۴	-۰,۱۴۶
	خزامیا – خمحرکه	۴	۵۹,۴۲	۱,۳۸۶
			-۰,۰۷۸	-۰,۳۱۹
			۱,۸۹۱	-۰,۰۲
	خوساز – خموتور	۱	-۵,۵۵۲	-۶,۸۶
	خزامیا – خموتور	۱	۰,۰۹۳	۰,۶۰۲
	خودرو – خرینگ	۲	۱۶,۲۲	۱,۰۹۴
			۱۵,۴۵	-۰,۱۳۶
	خزاک – خوساز	۲	۵,۷۳	-۰,۱۷۲
			۱,۹۷۸	۰,۱۴۲
	خزر - خچرخش	۳	-۹,۰۱	۰,۷۴۸۷
			۱,۵۸	۰,۰۷۳
			-۴,۱۳	۰,۲۰۴۸

	خزر - خگستر	۲	۶,۵۱۷	-۰,۷۵۷
			۱,۱۹۸	-۰,۲۱۱
	خزر - خمحرکه	۴	۱۴,۱۹	۲,۴۸۸۵
			۲,۲۹۱	-۰,۷۸
			۲,۵۲	۱,۰۳۹
			-۰,۲۹۱۹	۰,۰۰۲۵
	خزامیا – خرینگ	۱	-۴,۵۶۸۴	۰,۶۱۸
	خزر - خگستر	۲	۶,۵۱۷	-۰,۷۵۷
			۱,۱۹۸	-۰,۲۱۱

۵.۴ نسبت شارپ

نسبت شارپ، ریسک تعدیل شده با بازده را اندازه گیری می‌کند و اغلب برای براورد عملکرد پرتفو مورد استفاده قرار می گیرد. نسبت شارپ نرخی برای تعیین میزان سودی می‌باشد که سرمایه‌گذار انتظار دارد به ازای سرمایه‌گذاری در یک دارایی ریسکی به جای یک دارایی بدون ریسک کسب نماید. این نسبت می‌تواند توضیح دهنده این که آیا بازده اضافی پرتفو به علت سرمایه‌گذاری درست حاصل شده است و یا نتیجه ای از ریسک خیلی بالا بوده است. اگرچه یک پرتفو می‌تواند دارای بازدهی بالا باشد اما این مقدار در صورتی یک سرمایه‌گذاری خوب است که بازدهی بالا با ریسک مازاد همراه نباشد. بزرگ تر شدن نسبت شارپ پرتفو نشان دهنده ریسک کمتر آن می‌باشد.

نسبت شارپ به منظور سنجش میزان ریسک متحمل شده در اجرای استراتژی معاملات جفتی در سه صنعت قندی، سرمایه‌گذاری و خودرویی بازار بورس اوراق بهادار تهران محاسبه گردیده و در جدول زیر ارائه شده است:

جدول ۴-۶ نتایج نسبت شارپ

	میانگین بازده	بازده بدون ریسک	انحراف معیار	نسبت شارپ
استراتژی جفتی	۴,۹۷۱۲۸۷	۰,۱۸	۱۰,۵۹۲۳۹	۰,۴۵۲۳

با توجه به فرمول محاسبه نسبت شارپ، با در نظر گرفتن نرخ ۱۸ ٪ برای بازده بدون ریسک سالانه محاسبه گردیده. با در نظر گرفتن بازده بدون ریسک و بازده حاصل از استراتژی جفتی نسبت شارپ قابل قبولی ارائه نمی دهد. با وجود اینکه بازده بسیار بالاتری از بازده بازار را کسب کرده است اما از بازده بدون ریسک کمتر است. به عبارتی سرمایه‌گذاری در اوراق مشارکت دولتی و یا سپرده پول در بانک بازدهی بالاتر و بی ریسک تری ایجاد می‌کند.

۶.۴ آزمون مقایسه میانگین t

در این پژوهش از روش آزمون مقایسه میانگین دو جامعه ا ستفاده خواهد شد. این روش به شرح زیر می‌باشد:

جمعیت یک که بازده شاخص معاملات جفتی طی دوره سالانه است، دارای میانگین μ_1 و انحراف معیار σ_1 و جمعیت دوم که بازده شاخص معاملات با ا ستراتژی منفعلانه طی دوره سالانه ا ست، دارای میانگین μ_2 و انحراف معیار σ_2 هستند. فرض صفر در این آزمون کوچکتری میانگین بازده معاملات

جفتی از میانگین بازده شـــاخص می‌باشـــد. و فرض مقابل بزرگتری میانگین معاملات جفتی از بازده شاخص می‌باشد.

برای تصمیم گیری در این مورد ابتدا آماره آزمون را از نرم‌افزار SPSS می‌یابیم:

جدول ۴-۷ نتایج آزمون t با استفاده از SPSS

	میانگین	انحراف معیار	آماره آزمون t	سطح معناداری *p-value*	*T critical*
شاخص	۰,۰۸۹۳۱۸	۱,۱۸۷۶۷۸	-۵,۰۳۱	۰,۰۰۰۰	-۱,۶۵
استراتژی جفتی	۴,۹۷۱۲۸۷	۱۰,۶۳۸۳۴			

در سطح خطای ۰,۰۵ آماره تی بحرانی در سمت چپ نمودار توزیع نرمال برابر ۱,۶۵- می‌با شد که با مقایسه با آماره t که مقدارش ۵,۰۳۱- است، مشاهده می‌شود ۵,۰۳۱- در ناحیه رد فرضیه صفر واقع می‌گردد، درنتیجه فرضیه صفر رد می‌شود و نتیجه می‌گیریم که میانگین بازده معاملات جفتی به طور قابل‌توجهی بالاتر از میانگین بازده شاخص می‌باشد.

۷.۴ نتیجه گیری

همانطور که در فصل های پیش نشان داده شد از لحاظ بازده و شارپ نتایج به فرم زیر می باشند:

جدول ۴-۸ نتایج بازده و شارپ

	میانگین بازده	نسبت شارپ
شاخص	۰,۰۸۹۳۱۸	-
استراتژی جفتی	۴,۹۷۱۲۸۷	۰,۴۵۲۳

با توجه به نتایج حاصل شده از آزمون تی در این فصل شاهد آن بودیم که بازده استراتژی جفتی برتری بیشتری نسبت به بازده استراتژی منفعل یا همان شاخص دارد.

در ادامه و در فصل پنجم استدلال نتایج کسب شده و دلیل رد یا تأیید فرضیه ها آورده می‌شود.

۵ فصل پنجم

نتیجه گیری و پیشنهادات

۱.۵ مقدمه

در این فصـــل خلاصـــه ای از ابتدای پژوهش تا انجام و اجرای مدل بیان می‌شـــود. در ادامه با توجه به نتایج به دست آمده در فصل قبل اقدام به ارائه نتایج و بررسی صحت فرضیات مطرح شده در فصل اول می‌گردد. سپس محدودیت های پژوهش مورد بحث واقع می‌گردد، درنهایت پیشنهاداتی برای کارهای آتی ارائه می‌شود.

۲.۵ خلاصه پژوهش

در این پژوهش ابتدا مسأله را تعریف کرده و اهداف و فرضیه های مربوط به آن تبیین گردید. طبیعت بازارهای مالی، تصمیم گیری برای اتخاذ موقعیت‌های خرید و فروش را برای معامله گران دشوار می سازد. علاوه بر این، در بازارهای مالی همواره سرمایه‌گذاران به دنبال راه حلی هستند که بتوانند بازده مازاد بر بازده بازار کسب کنند و در معرض ریسک کمتری قرار گیرندکسب بازده مازاد اگر بدون ریسک باشد، باعث ایجاد آربیتراژ در بازارهای مالی می‌شود. در ادامه گفتیم که استراتژی سرمایه‌گذاری جفتی می‌تواند چنین موقعیتی را ایجاد و کسب سود نمود. و این استراتژی یکی از قدیمی ترین و همچنین رایج ترین استراتژی‌های آربیتراژ آماری می‌باشد. سپس با استفاده از روش هم انباشتگی جفت‌های مورد نظر را شناسایی و فرصت های آربیتراژی را شناسایی کردیم. سپس نحوه اجرای مدل در دو دوره شکل گیری و معامله به منظور تشکیل پرتفو بررسی گردید. درنهایت با استفاده از بازده مقایسه بین عملکرد دو شیوه سرمایه‌گذاری صورت می پذیرد و بهترین عملکرد مشخص می‌گردد.

۳.۵ نتیجه گیری

همانطور که در فصـل پیش بررســی شـد با توجه به جدول زیر بازده اسـتراتژی جفتی بازدهی بالاتر از بازده شاخص در مدت زمان مورد مطالعه گردید.

جدول ۵-۱ نتایج آزمون t

	میانگین	آماره آزمون *t*	*p-value*	*T citical*
شاخص	۰,۰۸۹۳۱۸	–	–	
استراتژی جفتی	۴,۹۷۱۲۸۷	-۵,۰۳	۰,۰۰۰	-۱,۶۵

به منظور پی بردن به فرضیه تحقیق از آزمون تی یک طرفه استفاده گردید. و همانطور که نتایج نشان می دهد براساس مقدار p-value که از ۰,۰۵ کوچک تر است و قرار گیری آماره آزمون در ناحیه رد فرضیه می‌توان برتری بازده معاملات استراتژی جفتی در مقابل استراتژی منفعل نتیجه گرفت.

علاوه بر این یکی از اهداف این مطالعه سنجش میزان ریسک متحمل شده در ازای اعمال استراتژی جفتی در بازار بورس اوراق بهادار تهران بوده است، که نتیجه در زیر قابل مشاهده می‌باشد.

جدول ۵-۲ سمجش میزان ریسک و بازده

مدل	بازده	نسبت شارپ
جفتی	۴,۹۷۱۲۸۷	۰,۴۵۲۳

با توجه به نتایج در متوسط بازده به برتری روش معاملات جفتی در مقایسه با استراتژی شاخص پی می بریم. و با توجه به توضیحات فصول پیشین معاملات جفتی یک استراتژی پرسود و با ریسک خنثی تعریف شده است اما نمی‌توان آن را فاقد ریسک تلقی کرد. یکی از ریسک های آن حاصل از انتخاب نادرست جفت مورد معامله می‌باشد.

و این نتیجه گیری با توجه به بسیاری از محدودیت های که جلوتر به آن اشاره خواهد شد و فروض ساده سازی نظیر در نظر نگرفتن هزینه های معاملاتی حاصل گردیده است.

۴.۵ محدودیت های پژوهش

- با وجود نتیجه قوی بازده استراتژی جفتی اما وجود محدودیت ۵٪ تغییر قیمت می‌تواند برای کسب سود بیشتر محدودیت محسوب شود.
- به دلیل عدم دسترسی به اطلاعات بین روزی قیمت های سهام در این مطالعه مجاب به استفاده از قیمت های بسته شدن سهم نمودیم.

۵.۵ پیشنهادهایی برای پژوهش های آتی

یکی از تازه ترین و رایج ترین فرم های استفاده شده آربیتراژ آماری بحث معاملات جفتی است. معاملات جفتی از زمانی که سهام بوده، وجود داشتهو به عنوان پایه ای بسیاری از استراتژی‌های تجاری به خدمت گرفته شده است.

در ادامه چند پیشنهاد برای پژوهش های آتی مطرح می‌گردد:

- از آنجایی در بعضی موارد ممکن است استراتژی، بازده منفی تولید کند، استفاده از محدودیت هایی برای جلوگیری از ضرر بیشتر در یک معامله علاوه بر مفید بودن می‌تواند نتایج حاصله را دستخوش تغییرات مثبتی نماید. بنابراین به عنوان پیشنهادهای آتی می‌توان این مدل را همراه مفروضات ارائه شده تحت استفاده از دستور توقف مورد آزمون قرار داد.
- با توجه به فصل دوم می‌توان مدل های مختلف دیگر برای انتخاب جفت را نیز مورد آزمون قرار داد.

- در این مطالعه هزینه های معاملاتی لحاظ نگردیده است که این مسئله درنتیجه نهایی می‌تواند اثر گذار باشد، در نظر گرفته شود و بررسی کرد آیا باز هم همین نتیجه حاصل خواهد بود یا خیر.

منابع و مراجع

* منابع فارسی

۱. احمدزاده، عزیز؛ یاوری، کاظم؛ صالح آبادی، علی؛ عیسایی تفرشی، محمد (۱۳۹۳)؛ " آزمون آربیتراژ آماری در بورس اوراق بهادار تهران ". منتشر شده در فصلنامه پژوهش‌ها و سیاست‌های اقتصادی، سال بیست و دوم، شماره ۷۰، صفحات ۲۴۷-۳۴۶

۲. امراللهی بیوکی، سعید؛ خزانه داری، مرتضی (۱۳۸۹)؛ " مروری بر معاملات الگوریتمی ". منتشر شده در نشریه اقتصادی بورس، شماره ۹۴

۳. پاکیزه، کامران؛ اخوان چایچی، کوثر؛ صالحی، پیام. (۱۳۹۱)، "کاربرد استراتژی معاملات جفتی در بازار قراردادهای آتی سکه طلای بهار آزادی"، نهمین کنفرانس بین المللی مهندسی صنایع.

۴. پورزمانی، زهرا؛ حیدرپور، فرزانه؛ محمدی، محمدرضا. (۱۳۹۰)؛ " مقایسه استراتژی‌های خرید و فروش سهام در سرمایه‌گذاری بلندمدت به روش‌های فیلتر، خرید و نگه داری و میانگین متحرک بازار ". منتشر شده در مجله مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار، شماره یازدهم، صفحه ۲۱۵-۲۲۹

۵. توانگر، افسانه؛ واحدیان، سعید. (۱۳۹۵)؛ " مروری بر استراتژی‌های مدیریت پرتفوی سهام ". منتشر شده در اولین کنفرانس بین المللی دستاوردهای نوین پژوهشی در مدیریت، حسابداری و اقتصاد

۶. جلیلیان، جمال؛ عسگری، محسن. (۱۳۹۴)؛ " طراحی و اجرای نرم‌افزار استراتژی معاملات جفتی برای استفاده در بازار سرمایه ". منتشر شده در مجله راهبرد مدیریت مالی، سال سوم شماره پانزدهم، صفحه ۱۱۱-۱۲۷

۷. شیرکوند، سعید؛ محمدی، شاپور؛ دولتی، نیکو.(۱۳۷۸)، "بررسی وجود بازگشت به میانگین در قیمت های سهام در بورس اوراق بهادار تهران"، دو فصلنامه تحقیقات مالی، دوره ۱۰

۸. صالحی، علیرضا. (۱۳۹۵)؛ "چگونه تحقیق علمی انجام دهیم (روش تحقیق)" انتشارات: دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی.

۹. عباسی، ابراهیم؛ پورعلیخانی، الهه. (۱۳۹۴)؛ " معاملات الگوریتمی؛ ساز و کاری نوین در پیاده سازی معاملات در بورس اوراق بهادار ". منتشر شده در اولین کنفرانس بین المللی مدیریت و حسابداری با رویکرد ارزش آفرینی، تهران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات فارس

۱۰. عسگری، محسن؛ 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. فروش باستانی، علی؛ قاسمی، الناز. (۱۳۹۲)، "رویکرد کنترب تصادفی برای معاملات جفتی بهینه"، سومین کنفرانس ریاضیات مالی و کاربردها.

۱۲. فلاح پور، سعید؛ حکیمیان، حسن. (۱۳۹۶)، "بررسی عملکرد سیستم معاملات زوجی در بورس اوراق بهادار تهران؛ رویکرد هم انباشتگی و بررسی نسبت سورتینو"، منتشر شده در مجله مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار.

* منابع لاتین

1. Alexander, C. and A. Dimitriu (2002). "The cointegration alpha: Enhanced index tracking and long-short equity market neutral strategies."
2. Alexander, C. and A. Dimitriu (2005). "Indexing and statistical arbitrage." The Journal of Portfolio Management 31(2): 50-63.
3. Alexander, C., et al. (2002). "Cointegration and asset allocation: A new active hedge fund strategy." Research in International Business and Finance 16(5): 65-90.
4. Andrade, S., et al. (2005). "Understanding the profitability of pairs trading." Unpublished working paper, UC Berkeley, Northwestern University.
5. Baronyan, S. R., et al. (2010). "Investigation of stochastic pairs trading strategies under different volatility regimes." The Manchester School 78: 114-134.
6. Bianchi, R., et al. (2009). Pairs trading profits in commodity futures markets. Proceedings of Asian Finance Association 2009 International Conference, University of Queensland.

7. Bogomolov, T. (2013). "Pairs trading based on statistical variability of the spread process." Quantitative Finance 13(9): 1411-1430.
8. Bolgün, K. E., et al. (2010). "Dynamic pairs trading strategy for the companies listed in the Istanbul stock exchange." International Review of Applied Financial Issues and Economics 2(1): 37.
9. Broussard, J. P. and M. Vaihekoski (2012). "Profitability of pairs trading strategy in an illiquid market with multiple share classes." Journal of International Financial Markets, Institutions and Money 22(5): 1188-1201.
10. Caldas, B. B., et al. (2014). Is Pairs Trading Performance Sensitive to the Methodology? An Application for the Brazilian Financial Market. XIV Encontro Brasileiro de Finanças.
11. Chen, C. W., et al. (2014). Pairs trading via three-regime threshold autoregressive GARCH models. Modeling Dependence in Econometrics, Springer: 127-140.
12. Chiu, M. C. and H. Y. Wong (2015). "Dynamic cointegrated pairs trading: mean–variance time-consistent strategies." Journal of Computational and Applied Mathematics 290: 516-534.
13. Chiu, M. C. and H. Y. Wong (2018). "Robust dynamic pairs trading with cointegration." Operations Research Letters 46(2): 225-232.
14. D'avolio, G. (2002). "The market for borrowing stock." Journal of financial economics 66(2-3): 271-306.
15. Do, B. and R. Faff (2012). "Are pairs trading profits robust to trading costs?" Journal of Financial Research 35(2): 261-287.
16. Do, B., et al. (2006). A new approach to modeling and estimation for pairs trading. Proceedings of 2006 Financial Management Association European Conference, Citeseer.
17. Elliott, R. J., et al. (2005). "Pairs trading." Quantitative Finance 5(3): 271-276.
18. Engelberg, J., et al. (2009). An anatomy of pairs trading: the role of idiosyncratic news, common information and liquidity. Third Singapore International Conference on Finance.
19. Engle, R. F. and B. S. Yoo (1987). "Forecasting and testing in co-integrated systems." Journal of econometrics 35(1): 143-159.

20. Engle, R. F. and C. W. Granger (1987). "Co-integration and error correction: representation, estimation, and testing." Econometrica: journal of the Econometric Society: 251-276.

21. Fabozzi, F. J. and H. M. Markowitz (2011). Equity Valuation and Portfolio Management, John Wiley & Sons.

22. Fama, E. F. and K. R. French (1993). "Common risk factors in the returns on stocks and bonds." Journal of financial economics 33(1): 3-56.

23. Figuerola-Ferretti, I., et al. (۲۰۱۸). "Pairs-trading and spread persistence in the European stock market." Journal of Futures Markets ۳۸(۹): ۱۰۲۳-۹۹۸.

24. Gatev, E., et al. (2006). "Pairs trading: Performance of a relative-value arbitrage rule." The Review of Financial Studies 19(3): 797-827.

25. Gupta, K. and N. Chatterjee (2019). "Selecting stock pairs for pairs trading while incorporating lead-lag relationship." arXiv preprint arXiv: 1906.-5057.

26. Haque, S. M. and A. E. Haque (2014). "Pairs trading strategy in dhaka stock exchange: Implementation and profitability analysis." Asian Economic and Financial Review 4(8): 1091.

27. Herlemont, D. (2003). "Pairs trading, convergence trading, cointegration." YATS Finances and Technology 33: 1-31.

28. Hoel, C. H. (2013). Statistical arbitrage pairs: can cointegration capture market neutral profits?

29. Hognesius, E. and J. Höllerbauer (2014). On Pairs Trading: A Comparison between Cointegration and Correlation as Selection-criteria.

30. Huang, Z. and F. Martin (2017). "Optimal pairs trading strategies in a cointegration framework."

31. Huang, Z. and F. Martin (2019). "Pairs trading strategies in a cointegration framework: back-tested on CFD and optimized by profit factor." Applied Economics 51(22): 2245-2436.

32. Huck, N. (2009). "Pairs selection and outranking: An application to the S&P 100 index." European Journal of Operational Research 196(2): 819-825.

33. Huck, N. and K. Afawubo (2015). "Pairs trading and selection methods: is cointegration superior?" Applied Economics 47(6): 599-613.

34. Huck, N. and K. Afawubo (2015). "Pairs trading and selection methods: is cointegration superior?" Applied Economics 47(6): 599-613.

35. Jacobs, H. and M. Weber (2015). "On the determinants of pairs trading profitability." Journal of Financial Markets 23: 75-97.

36. Karvinen, M. (2012). "Statistical pairs trading and analyst recommendations."

37. Law, K., et al. (2018). "A single-stage approach for cointegration-based pairs trading." Finance Research Letters 26: 177-184.

38. Lee Rodgers, J. and W. A. Nicewander (1988). "Thirteen ways to look at the correlation coefficient." The American Statistician 42(1): 59-66.

39. Li, M. L., et al. (2014). "Is pairs trading profitable on China AH-share markets?" Applied Economics Letters 21(16): 1116-1121.

40. Lindberg, C. (2014). "Pairs trading with opportunity cost." Journal of Applied Probability 51(1): 282-286.

41. Mele, A. (2007). "Asymmetric stock market volatility and the cyclical behavior of expected returns." Journal of financial economics 86(2): 446-478.

42. Narayan, P. K. and R. Smyth (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): 152-166.

43. Narayan, P. K. and S. Narayan (2007). "Mean reversion in stock prices: new evidence from panel unit root tests." Studies in Economics and Finance 24(3): 233-244.

44. Ngo, M.-M. and H. Pham (2016). "Optimal switching for the pairs trading rule: A viscosity solutions approach." Journal of Mathematical Analysis and Applications 441(1): 403-425.

45. Pizzutilo, F. (2013). "A note on the effectiveness of pairs trading for individual investors." International Journal of Economics and Financial Issues 3(3): 763-771.

46. Puspaningrum, H. (2012). "Pairs trading using cointegration approach."

47. Rad, H., et al. (2016). "The profitability of pairs trading strategies: distance, cointegration and copula methods." Quantitative Finance 16(10): 1541-1558.

48. Schmidt, A. D. (2009). "Pairs trading: a cointegration approach."

49. Tourin, A. and R. Yan (2013). "Dynamic pairs trading using the stochastic control approach." Journal of Economic Dynamics and Control 37(10): 1972-1981.

50. Vidyamurthy, G. (2004). Pairs Trading: quantitative methods and analysis, John Wiley & Sons.

51. Xie, W., et al. (2016). "Pairs trading with copulas." The Journal of Trading 11(3): 41-52.

52. Yang, J.-W., et al. (2016). "Pairs trading: The performance of a stochastic spread model with regime switching-evidence from the S&P 500." International Review of Economics & Finance 43: 139-150.

53. Zhang, H. and A. Urquhart (۲۰۱۹). "Pairs trading across Mainland China and Hong Kong stock markets." International Journal of Finance & Economics ۲۴(۲): ۷۲۶-۶۹۸.

54. Zhang, M. and D. Aldous (2012). "Research on modern implications of pairs trading."

55. Zhengqin, Z. (2014). Optimal Pairs Trading: Static and Dynamic Models.

Abstract:

Today, with the proliferation of information systems and the ease of online trading, the speed of trading in financial markets has also increased, and the nature of financial markets has made it difficult for traders to make decisions about buying or selling positions. Therefore, it is necessary to analyze the trading data of the stock exchange at a higher speed and finally turn it into a suitable and profitable decision. Currently, one of the plans of the Securities Exchange Organization is to launch and develop algorithmic trading and high-frequency trading. Pairs trading is also a type of algorithmic trading. This system is one of the oldest algorithmic trading systems. Its efficiency and profitability have been proven in many studies that have been done in various financial markets. The most important principle in pairs trading is the existence of long-term equilibrium relationships or the property of returning to the average. In this study, by calculating the return of this strategy and the return of passive strategy based on the index and Sharp ratio, we compare the performance of pair trading with the cointegration approach in the Tehran Stock Exchange and Securities with the performance of the passive strategy. The results show that the use of this system as a neutral trading system with respect to market changes and trends has a significant return on the performance of the index-based system in the same period.

Keywords: Algorithmic Trading, Pairs trading, Passive Strategy, mean revesion.

Shahrood University of

Technology

Faculty of Management

M.Sc Thesis in

Comparison between algorithmic trading and passive strategy performance

By: Safoora Mohammadi

Supervisor:

Dr. Seyed Mojtaba Mirlohi

Advisor:

Dr. Majid Ameri

January, 2020