فصلنامــه علمی پژوهشی دانش سرمایه‌گــذاری
سال هفتم/ شماره بیست‌وهشتم/ زمستان ۱۳۹۷

ارایه سیستم معاملات الگوریتمی برای قرارداد آتی سکه طلا مبتنی بر داده‌های درون–روزی

محمدعلی رستگار
استادیار گروه مهندسی مالی، دانشکده مهندسی صنایع و سیستم‌ها، دانشگاه تربیت مدرس (نویسنده مسئول)
ma_rastegar@modares.ac.ir

امین صداقتی‌پور
کارشناسی‌ارشد مهندسی مالی، دانشکده مهندسی صنایع و سیستم‌ها، دانشگاه تربیت مدرس
a.sedaghatipour@modares.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۲/۰۴ تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۵/۲۵

چکیده

امروزه با فراگیر شدن معاملات آنلاین و الگوریتمی، نیاز است تا داده‌های معاملاتی بازارهای مالی با سرعت بالاتری تحلیل و به تصمیمی سودآور تبدیل شوند. هدف این مقاله توسعه یک سیستم معاملات خودکار و الگوریتمی بر روی قرارداد آتی سکه طلای بورس کالای ایران است. با توجه به این که تحلیل تکنیکال برای بازارهای دو طرفه (موقعیت خرید و فروش) مناسب است، از سیگنال ۸ ابزار تکنیکال برای سیستم معاملاتی استفاده شده است. به منظور ایجاد سیستم معاملاتی نیز از الگوریتم MOPSO با هدف بهینه‌سازی دو تابع بازدهی و ارزش در معرض خطر شرطی (CVaR) بهره گرفته‌ایم. همچنین برای تکمیل سیستم مدیریت ریسک، حد سود و حد ضرر بهینه برای قرارداد آتی تعیین شده است. نتایج نشان می‌دهد که سیستم معاملاتی طراحی شده نسبت بازدهی به ریسک مطلوب‌تری نسبت به دیگر استراتژی‌های رقیب مانند خرید و نگهداری و فروش و نگهداری دارد. همچنین چارچوب زمانی ۳۰ دقیقه برای طراحی سیستم‌های معاملاتی بر روی قرارداد آتی سکه طلا مناسب به نظر می‌رسد.

واژه‌های کلیدی: معاملات الگوریتمی، قرارداد آتی سکه طلا، تحلیل تکنیکال، ارزش در معرض خطر شرطی.

۱- مقدمه

معاملات الگوریتمی نوعی از معاملات خودکار بوده که شامل برنامه‌های کامپیوتری برای ارسال سفارشات همراه با الگوریتم‌های تصمیم‌گیری هستند که این الگوریتم‌ها خود بر اساس پارامترهای منحصر به فرد سفارش مانند زمان، قیمت و یا مقدار سفارش می‌باشند. در بازارهای مالی الکترونیکی، معاملات الگوریتمی به معنای استفاده از برنامه‌های کامپیوتری برای ورود سفارش‌های معاملاتی است که سیگنال‌های معاملاتی آن توسط بخشی دیگر از سیستم تولید شده است.

سه نوع تحلیل شناخته شده در بازارهای مالی مورد استفاده قرار می‌گیرد. تحلیل بنیادی بر پایه عملکرد شرکت‌ها و رشد سودآوری آن‌ها بنا شده است و تحلیل مالی رفتاری[۱] حوزه‌ای از دانش مالی است که از نظریه‌های مبتنی بر روانشناسی برای توضیح رفتار بازارهای مالی بهره می‌گیرد. تحلیل تکنیکال سومین روش است که بر پایه سابقه معاملات یک دارایی مالی از طریق نمودار قیمت و فرمول‌های ریاضی که اندیکاتورهای تکنیکال[۲] نامیده می‌شوند، بنا شده است. در سال‌های اخیر از هوش مصنوعی نیز برای پیش‌بینی بازار استفاده شده است که ترکیب آن با تحلیل تکنیکال می‌تواند منجر به ایجاد سیستم‌های خودکار معاملاتی و الگوریتمی شود. از اولین کارها که با ترکیب تحلیل تکنیکال و الگوریتم‌های بهینه‌سازی و هوش مصنوعی سعی در ایجاد یک سیستم معاملاتی خودکار داشته است، می‌توان به اسکابار و کلوته[۳] (۲۰۰۲) اشاره کرد.

حال در این پژوهش هدف طراحی یک سیستم خودکار معاملاتی مبتنی بر تحلیل تکنیکال است که توانایی تولید سیگنال موقعیت خرید و موقعیت فروش را در بازار دو طرفه داشته باشد. در این خصوص از رویکرد پژوهش بریزا و ناوال[۴] (۲۰۱۱) به منظور تعیین وزن‌های بهینه سیستم معاملاتی استفاده شده است. در همین راستا، بازار دو طرفه، بورس کالای ایران و دارایی مالی، قرارداد آتی سکه طلا انتخاب شده است. از طرفی در پژوهش پیش‌رو توجه ویژه‌ای به مبحث مدیریت ریسک شده و از طریق دو ابزار مختلف، سعی در مدیریت ریسک سیستم معاملاتی شده است. ساختار مقاله به این صورت است که در بخش دوم مقاله مروری بر پیشینه پژوهش، در بخش سوم تشریح سیستم معاملاتی طراحی شده، در بخش چهارم نتایج و نهایتا در بخش پنجم جمع‌بندی و نتیجه‌گیری ارایه می‌شود.

۲- مبانی نظری و مروری بر پیشینه پژوهش

تحلیل تکنیکال شامل ابزارهای مختلفی است که برخی از آن‌ها تطابق بیشتری با سیستم‌های معاملات الگوریتمی دارند. در همین راستا در بیشتر تحقیقات علمی مرتبط با سیستم‌های خودکار و هوشمند، از اندیکاتورها و نوسان‌گرهایی[۵] که دارای فرمول ریاضی و محدوده مشخصی هستند، استفاده شده است. به عنوان مثالی از سیستم‌های معاملاتی گفته شده، می‌توان به پژوهش اسکابار و کلوته (۲۰۰۲) اشاره کرد که با استفاده از الگوریتم ژنتیک[۶] و شبکه عصبی به تعیین نقاط خرید و فروش برای بازارهای بورس کالایی پرداخته‌اند. برخی از پژوهش‌ها نیز در زمینه بهینه‌سازی پارامترهای اندیکاتورهای تکنیکال کار کرده‌اند که از میان آن‌ها می‌توان پژوهش رودریگز و همکاران[۷] (۲۰۰۱) را ذکر کرد که در آن به بهینه‌سازی تعداد دوره مورد بررسی در اندیکاتور

میانگین متحرک[8] با استفاده از الگوریتم ژنتیک پرداخته شده است. همچنین پژوهش لین و همکاران[9] (۲۰۰۴) که با استفاده از همان الگوریتم درصدد پیدا کردن بهترین ترکیب پارامترها برای فیلتر قوانین معاملاتی بوده است.

پژوهش فونته و همکاران (۲۰۰۶) نیز به طور مشابه با به کار بردن برنامه‌نویسی ژنتیک سعی در بهینه کردن پارامترهای اندیکاتورهای مختلف تکنیکال داشته است. در بازار داخلی در خصوص طراحی یک سیستم معاملات الگوریتمی با استفاده از اندیکاتورهای تکنیکال، می‌توان به کار دستپاک و رستگار (۱۳۹۴) اشاره کرد. در این پژوهش با استفاده از اطلاعات اندیکاتورهای تکنیکال به پیش‌بینی روند قیمت سهم و تعیین میزان خریدنی، فروختنی و یا نگهداشتنی بودن آن سهم پرداخته شده است. این مقاله که در بازار بورس تهران انجام شده است، حاکی از بهتر بودن سیستم معاملات الگوریتمی طراحی شده مبتنی بر تکنیکال نسبت به استراتژی خرید و نگهداری است. در پژوهشی دیگر، فلاح‌پور و حکیمیان (۱۳۹۵) به طراحی یک سیستم معاملات الگوریتمی از نوع معاملات زوجی در بورس اوراق بهادار تهران پرداخته‌اند که مطابق ادعای نویسندگان بازدهی چشمگیری نسبت به بازدهی معمولی سهام در مدت مشابه دارد.

علی رغم نتایج مثبت پژوهش‌های بالا، توجه به این نکته ضروری است که پژوهش‌های ذکر شده تنها به بررسی و بهینه‌سازی یک عامل یعنی بازدهی پرداخته‌اند، در حالی که ارزیابی عملکرد یک سیستم معاملات الگوریتمی به طور معمول در محیط واقعی متاثر از دو عامل بازدهی و ریسک می باشد. این مشکل تا حد زیادی می‌تواند توسط سیستم‌های بهینه‌سازی چند هدفه[10] یا همان MOO حل شود. سیستم‌های MOO در زمینه‌های مختلف مسائل مالی مانند مدل‌سازی و پیش‌بینی قیمت سهام، ان جی و همکاران[11] (۲۰۱۴)، انتخاب سبد سرمایه‌گذاری و بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری لوین و همکاران[12] (۲۰۱۷) کاربرد دارد.

در خصوص کاربرد MOO برای پیش‌بینی روند به جهت تعیین نقاط خرید و فروش دارایی مورد نظر می توان به پژوهش فوکوموتو و کیتا[13] (۲۰۰۱) اشاره کرد که با استفاده از یکی از الگوریتم‌های ژنتیک چند هدفه رویکرد خود را به جهت آموزش یک سیستم معاملاتی توسعه داده است. در این پژوهش از دو تابع هدف نرخ بازدهی و واریانس بازدهی‌ها استفاده شده است. همچنین به دنبال آن در پژوهش بریزا و ناوال (۲۰۱۱) نویسندگان به هدف بهینه‌سازی ترکیب اندیکاتورهای تکنیکال، از الگوریتم چند هدفه بهینه‌سازی ازدحام ذرات یا همان MOPSO استفاده کرده و به نتایج مطلوبی رسیده‌اند.

در این پژوهش، ما در راستای توسعه بخش سیگنال‌دهی سیستم معاملاتی خود، الگوریتم MOPSO را به جهت تعیین مقادیر بهینه برای وزن‌های اندیکاتورها و نوسان‌گرهای منتخب تکنیکال به کار برده‌ایم. به دو دلیلی که در ادامه ذکر می‌شود، از الگوریتم PSO به جای GA استفاده شده است. اول، این‌که الگوریتم پایه PSO نیازی به گسسته‌سازی[14] ندارد و مدل آن به جهت بهینه‌سازی متغیرهای پیوسته توسعه داده شده است. دوم، این‌که مطابق پژوهش حاسن و همکاران[15] (۲۰۰۵) هر دوی PSO و GA به طور متوسط دارای بازدهی و عملکرد تقریبا یکسان هستند ولی PSO از نظر سرعت محاسبات و اجرا، کارایی بیشتری نسبت به GA دارد. لذا با توجه به این‌که متغیرهای بهینه‌سازی (وزن‌های اندیکاتورها) از نوع پیوسته هستند و از طرف دیگر سرعت اجرا و پردازش

یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های سیستم معاملات الگوریتمی است، از الگوریتم PSO و نوع چند هدفه آن به جهت ایجاد سیستم الگوریتمی مورد نظر پژوهش استفاده شده است. در پژوهش‌های بسیاری در زمینه‌های مختلف مالی از MOPSO استفاده شده است. به عنوان مثال ماجهی و آنیش[۱۶] (۲۰۱۵) مدلی چند هدفه به منظور پیش‌بینی بازار سهام پیشنهاد کردند که از MOPSO به عنوان هسته اصلی مدل استفاده شده است. همچنین می‌توان به کار بابایی و همکاران (۲۰۱۵) اشاره کرد که با استفاده از یک الگوریتم دو هدفه MOPSO سعی در بهینه‌سازی وزن‌ها یک سبد دارایی داشته‌اند. همچنین در خصوص پژوهش‌های داخلی، عباسی و همکاران (۱۳۹۴) به بهینه‌سازی پارامترهای اندیکاتورهای تکنیکال با استفاده از الگوریتم MOPSO پرداخته‌اند که نتایج آن مثبت بوده است.

در خصوص طراحی سیستم‌های معاملاتی بر روی قرارداد آتی پیشینه پژوهشی کمی وجود دارد. در پژوهش لوبنایو و تودوروا[۱۷] (۲۰۱۵) یک سیستم معاملاتی بازگشت به میانگین با استفاده از باندهای بولینگر بر روی قراردادهای آتی انرژی ارایه شده است. در پژوهش کیم و اینکی[۱۸] (۲۰۱۶) نیز به بررسی آثار استفاده از اندیکاتورهای مختلف در طراحی یک سیستم معاملات خودکار برای بازار قراردادهای آتی روی سهام پرداخته شده است. سیستم اخیر بازدهی قابل توجهی را نسبت به سایر روش‌ها کسب کرده است. پیشنهاد آن‌ها، استفاده از این سیستم بر روی قراردادهای آتی مبتنی بر کالا مانند طلا بوده است. در داخل کشور نیز پژوهشی در خصوص طراحی سیستم معاملاتی در بازار قرارداد آتی سکه طلا وجود ندارد. اما در خصوص خود قرارداد آتی سکه طلا می‌توان به کارهای احمدی (۱۳۹۰) و راعی و همکاران (۱۳۹۳) اشاره کرد. همچنین در پژوهش فکاری و همکاران (۱۳۹۳) به بررسی ارتباط قیمت بازار آتی و نقدی سکه طلا پرداخته شده است.

یکی از ویژگی‌های مهم ابزارهای تکنیکال، تحلیل دوطرفه دارایی مالی است. این مسئله به این معنی است که این ابزارها هم توانایی تعیین نقاط موقعیت خرید و هم توانایی تعیین نقاط موقعیت فروش را دارا هستند. لذا در این پژوهش هدف، طراحی یک سیستم هوشمند معاملات الگوریتمی مبتنی بر ابزارهای متنوع تحلیل تکنیکال در بازار قراردادهای آتی سکه طلای بورس کالای ایران است. از طرفی دیگر با توجه به وجود اهرم[۱۹] ده در معاملات قراردادهای آتی سکه طلا، پرداختن به بحث مدیریت ریسک از اهمیت زیادی برخوردار می‌شود که این مهم در این پژوهش با توجه به استفاده از MOPSO و سیستم حد سود[۲۰] و حد ضرر[۲۱] مورد توجه قرار خواهد گرفت.

۳- روش‌شناسی پژوهش

گام‌های اجرای پژوهش به صورت زیر تعیین می‌گردد: ۱- تولید ۸ سیگنال متفاوت از ابزارهای تکنیکال برای داده‌ها: در این گام ابزارهای معاملاتی تعیین و قوانین معامله با آن‌ها مانند آنچه که در عموم بازار مورد استفاده قرار می‌گیرد، تعیین می‌شود و سپس سیگنال‌های معاملاتی برای هر لحظه زمانی تولید می‌گردد. ۲- تعیین وزن بهینه هر ابزار با MOPSO و ایجاد سیستم یکپارچه معاملاتی: از حاصل ضرب سیگنال‌های مرحله قبل در وزن‌های به دست آمده از الگوریتم MOPSO، سیگنال نهایی به جهت اخذ موقعیت و یا بستن آن صادر می‌شود.

در الگوریتم MOPSO از دو تابع هدف بازدهی و CVaR استفاده شده که به جهت مدیریت بهتر ریسک و ایجاد جواب‌های محتاطانه‌تر بهره گرفته شده است. ۳- تعیین چارچوب زمانی بهینه و حد سود و حد ضرر بهینه برای قرارداد آتی سکه طلا و ۴- آزمون نهایی الگوریتم معاملاتی طراحی شده بر روی دوره‌های سه ماهه انتهایی هر قرارداد و مقایسه با استراتژی‌های رقیب.

با توجه این که دارایی مالی، قرارداد آتی سکه طلا بورس کالای ایران انتخاب شده است؛ سیستم معاملات الگوریتمی باید توانایی تولید سیگنال خرید، فروش و بستن موقعیت را داشته باشد. این ویژگی در تحلیل تکنیکال وجود دارد، لذا از ابزارهای تکنیکال در این سیستم به سه منظور به شرح زیر استفاده می‌شود:

- تعیین نقاط خرید یا همان سیگنال موقعیت خرید
- تعیین نقاط فروش یا همان سیگنال موقعیت فروش
- تعیین نقاط بستن معامله یا همان offset

در این پژوهش از ۸ سیگنال‌دهنده که با توجه به مرور ادبیات توانایی بالاتری برای معامله بر روی دارایی مالی دوطرفه (موقعیت خرید و فروش) دارند، استفاده شده است. بدین ترتیب ۵ ابزار اول وظیفه تولید سیگنال موقعیت خرید و یا فروش را دارند و ۳ ابزار بعدی نیز در صورت وجود موقعیت، وظیفه تولید سیگنال برای بستن آن را در نقطه مناسب دارند. در ادامه ابزارهای مورد استفاده و نحوه معامله نهایی سیستم توسط سیگنال‌های صادره از این ابزارها تشریح می‌گردد.

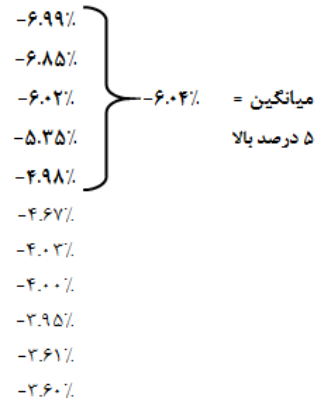
طراحی سیستم با MOPSO

همان‌طور که پیش‌تر اشاره شد، از الگوریتم MOPSO به جهت بهینه‌سازی وزن‌های هر کدام از اندیکاتورها استفاده می‌شود. در واقع هر وزن مربوط به یک سیگنال دهنده است که اهمیت آن ابزار را نشان می‌دهد. برای ایجاد یک سیستم جامع و یکپارچه سیگنال‌دهی نیازمند ۸ وزن هستیم که الگوریتم MOPSO این وزن‌ها را برای ما ایجاد خواهد کرد.

با توجه به وجود اهرم ۱۰ در بازار قراردادهای آتی سکه طلای بورس کالای ایران و همچنین مطابق با پژوهش‌های اصفهانی‌پور و موسوی (۲۰۱۱) و چن و وانگ (۲۰۱۵)، از سنجه ارزش در معرض خطر شرطی یا همان CVaR به عنوان تابع هدف دوم در کنار بازدهی به منظور مدیریت ریسک و کنترل احتمال وقوع زیان‌های شدید استفاده شده است.

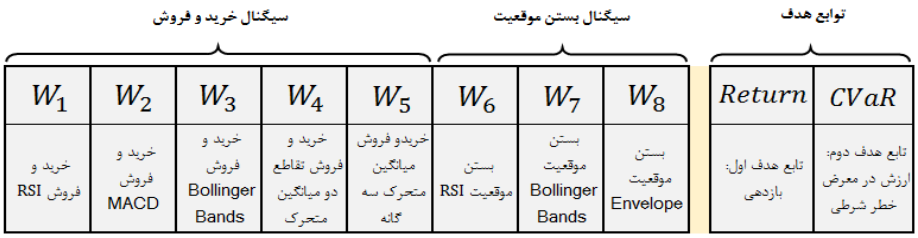
بازدهی: در این پژوهش فرض شده است که در هر بار که سیستم تصمیم به اخذ موقعیت خرید یا فروش می‌گیرد، یک قرارداد مورد معامله قرار می‌گیرد. پس از تصمیم سیستم مبنی بر بستن موقعیت فعلی، بازدهی این معامله بر اساس تغییرات قیمتی و نوع موقعیت اخذ شده محاسبه می‌شود. بدیهی است که در هنگام اخذ موقعیت خرید، افزایش قیمت موجب سودآوری و کاهش قیمت موجب زیان می‌گردد و در هنگام اخذ موقعیت فروش این تغییرات بالعکس است.

ریسک با CVaR: تابع هدف دوم مسئله، CVaR است. سطح اطمینان محاسبه شده برابر با ۹۵ درصد در نظر گرفته شده است. لازم به توضیح است که در الگوریتم MOPSO، هدف دوم به صورت کمینه کردن قدر مطلق CVaR تعریف شده است. به عنوان مثال در شکل ۱ تعداد بازدهی‌های ثبت شده برابر با ۱۰۰ عدد بوده است. در ادامه این ۱۰۰ عدد به صورت صعودی مرتب می‌شود. آنگاه ۵ درصد بالا که برای ۱۰۰ عدد معادل ۵ عدد خواهد شد، انتخاب می‌شود. سپس میانگین این ۵ عدد به عنوان CVaR در سطح اطمینان ۵ درصد شناخته خواهد شد.



شکل ۱- نحوه محاسبه ارزش در معرض خطر شرطی یا همان CVaR برای سیستم معاملاتی

پیش‌تر گفته شده که ۵ ابزار اول وظیفه ارایه سیگنال خرید و فروش را دارند. ۳ ابزار دوم نیز هنگامی فعال می‌شوند که موقعیت باز وجود داشته باشد. در همین راستا الگوریتم طوری طراحی شده که جمع ۵ وزن اول و جمع سه وزن دوم به صورت جداگانه برابر با یک خواهد شد. به این ترتیب بردار خروجی MOPSO به صورت تصویری در شکل ۲ ارایه شده است. اندیکاتورها با توجه به پژوهش‌های بریزا و ناوال (۲۰۱۱) و کیم و اینکی (۲۰۱۶) انتخاب شده است.



شکل ۲- نمایش بردار جواب در الگوریتم بهینه‌سازی MOPSO به همراه توابع هدف بازدهی و ریسک سازوکار معامله خودکار

هشت ابزار معاملاتی، هشت سیگنال در هر گام زمانی تولید می‌کنند که سیگنال هر ابزار با عبارت s_i نشان داده می‌شود. اعداد سیگنال تولید شده توسط هر ابزار به صورت زیر است.

- در پنج ابزار اول که مربوط به سیگنال خرید و فروش است: عدد ۱ بیانگر سیگنال خرید، عدد ۱- بیانگر سیگنال فروش و عدد صفر بیانگر حفظ وضعیت فعلی است.
- در سه ابزار آخر که مربوط به سیگنال بستن موقعیت است: عدد ۱ بیانگر سیگنال بستن موقعیت خرید، عدد ۱- بیانگر سیگنال بستن موقعیت فروش و عدد صفر بیانگر حفظ وضعیت فعلی است.

پس از محاسبه سیگنال‌های صادره از ابزارها، نوبت به ضرب این سیگنال در وزن هر ابزار می‌رسد. لذا یک عدد واحد خواهیم داشت که مبنای تصمیم‌گیری برای انجام و یا عدم انجام معامله در زمان و قیمت فعلی خواهد شد. این عدد برای حالتی که موقعیت باز نداریم، توسط رابطه ۳-۱ محاسبه و به صورت S_{BS} نشان داده می‌شود.

(۱-۳)

$$S_{BS} = \sum_{i=1}^{5} (w_i \times s_i)$$

همچنین در هنگام باز بودن یک موقعیت، سیستم در هر گام زمانی عدد زیر را به عنوان مبنای تصمیم‌گیری برای بستن موقعیت و یا رها کردن آن در زمان فعلی قرار می‌دهد و به صورت S_O نشان می‌دهد.

(۲-۳)

$$S_O = \sum_{i=6}^{8} (w_i \times s_i)$$

در پژوهش بریزا و ناوال[۲۲] (۲۰۱۱) از رویکردی همانند روش زیر برای انجام معامله استفاده شده است. البته در پژوهش این افراد، سیستم تنها مجاز به اخذ موقعیت خرید بوده است. لذا با تعمیم این روش و ایجاد تغییراتی توسط پژوهش‌گران، از رویکردی مشابه به جهت تصمیم‌گیری برای برقراری شرایط انجام معامله بهره گرفته شده است. اگر در وضعیت زمانی فعلی، موقعیتی اخذ نشده باشد، S_{BS} محاسبه شده و شرایط اخذ موقعیت خرید و یا فروش به صورت رابطه‌های ۳-۳ و ۳-۴ بررسی می‌گردد.

(۳-۳)

$$S_{BS} = \sum_{i=1}^{5} (w_i \times s_i) \geq 0.5 \times \sum_{i=1}^{5} w_i \quad \rightarrow \quad \text{اخذ موقعیت خرید}$$

(۳-٤)

$$S_{BS} = \sum_{i=1}^{5} (w_i \times s_i) \leq -0.5 \times \sum_{i=1}^{5} w_i \quad \rightarrow \quad \text{اخذ موقعیت فروش}$$

اما اگر در وضعیت فعلی، دارای موقعیت باشیم، S_O محاسبه شده و شرایط بستن موقعیت به صورت رابطه‌های ۳-۵ و ۳-۶ بررسی می‌گردد.

$$\begin{cases} S_O = \sum_{i=6}^{8}(w_i \times s_i) \geq 0.5 \times \sum_{i=6}^{8} w_i & \rightarrow \quad \text{بستن موقعیت خرید} \quad (۳-۵) \\ S_O = \sum_{i=6}^{8}(w_i \times s_i) \leq -0.5 \times \sum_{i=6}^{8} w_i & \rightarrow \quad \text{بستن موقعیت فروش} \quad (۳-۶) \end{cases}$$

دقت شود که در روابط ۳-۵ و ۳-۶، اگر موقعیت فعلی خرید بود شرط اول و اگر موقعیت فعلی فروش بود شرط دوم مورد بررسی قرار می‌گیرد. به زبان ساده، سیستم در زمان فعلی با توجه به موقعیت اخذ شده در زمان‌های قبلی به دنبال فرصت مناسب بستن موقعیت می‌گردد.

حد سود و حد ضرر

یکی از نکات مهم در بازار قراردادهای آتی سکه طلای بورس کالای ایران، وجود فاصله[۲۳] قیمتی با توجه به اطلاعات منتشر شده بنیادی مانند قیمت جهانی طلا، نرخ برابری دلار به ریال و سایر اخبار موثر بر بازار طلا در هنگام شروع جلسه معاملاتی است. برای مقابله و کنترل این موارد، در این پژوهش از دو ابزار حد سود و حد ضرر استفاده شده است. در یک بازار دو طرفه حد سود و حد ضرر به صورت زیر تعریف می‌شوند.

- حد سود یا به اختصار TP: اگر تغییر قیمت هم جهت با موقعیت اخذ شده از حد مشخصی فراتر رود، سیستم به صورت خودکار سیگنال بستن موقعیت را به دلیل رسیدن به حد سود صادر می‌کند. در این حالت معامله انجام شده با سود همراه خواهد بود.
- حد ضرر یا به اختصار SL: اگر تغییر قیمت خلاف جهت با موقعیت اخذ شده از حد مشخصی فراتر رود، سیستم به صورت خودکار سیگنال بستن موقعیت را به دلیل رسیدن به حد ضرر صادر می‌کند. در این حالت معامله انجام شده با زیان همراه خواهد بود.

فرمول محاسبه حد سود در دو حالت اخذ موقعیت خرید و فروش به صورت رابطه ۷ و ۸ است.

$$\begin{cases} TP_B = OpenPrice \times [1 + (SLRatio \times RR)] & \rightarrow \quad \text{موقعیت خرید} \quad (۳-۷) \\ TP_S = OpenPrice \times [1 - (SLRatio \times RR)] & \rightarrow \quad \text{موقعیت فروش} \quad (۳-۸) \end{cases}$$

همچنین نحوه محاسبه حد ضرر در دو حالت موقعیت خرید و فروش به صورت زیر است.

$$\begin{cases} SL_B = OpenPrice \times [1 - SLRatio] & \rightarrow \quad \text{موقعیت خرید} \quad (۳-۹) \\ SL_S = OpenPrice \times [1 + SLRatio] & \rightarrow \quad \text{موقعیت فروش} \quad (۳-۱۰) \end{cases}$$

در روابط ۳-۷ تا ۳-۱۰، TP حد سود، SL حد ضرر، OpenPrice قیمت باز شدن و یا همان اخذ موقعیت، SLRatio حد ضرر و RR نسبت حد سود به حد ضرر سرمایه‌گذار می‌باشد.

سیستم معاملات الگوریتمی این پژوهش به منظور آزمون بر روی ابزار مالی قراردادهای آتی سکه طلا که در بورس کالای ایران مورد معامله قرار می‌گیرد، طراحی شده است. مدت زمان اعتبار هر قرارداد آتی سکه طلا به مدت ۸ ماه است که ۵ ماه اول هر قرارداد برای آموزش سیستم و ۳ ماهه بعدی برای آزمون هر قرارداد استفاده شده است. قلمرو زمانی پژوهش از ابتدای آذر ماه سال ۱۳۹۳ تا پایان دی ماه سال ۱۳۹۵ می‌باشد و شامل ۲ سال و ۲ ماه می‌شود. برای انجام این پژوهش از ۱۰ قرارداد استفاده شده است. نماد اولین قرارداد GCTR94 و نماد آخرین قرارداد مورد استفاده در پژوهش GCDY95 می‌باشد. لذا بازه هدف سیستم طراحی شده در این پژوهش استفاده از نوسانات درون-روزی[۲۴] نیز می‌باشد. به این منظور از زمان‌های ۱ دقیقه، ۵ دقیقه، ۱۰ دقیقه، ۳۰ دقیقه و ۶۰ دقیقه استفاده شده است تا چارچوب زمانی[۲۵] بهینه به دست آید. در شکل ۳، نمودار قیمت قرارداد آتی سکه طلا منتهی به شهریور ۹۴ در چارچوب زمانی ۳۰ دقیقه ارایه شده است. قابل ذکر است که چون از داده‌های با تکرار بالا و درون-روزی استفاده شده است، بازه زمانی مورد استفاده کافی بوده است.

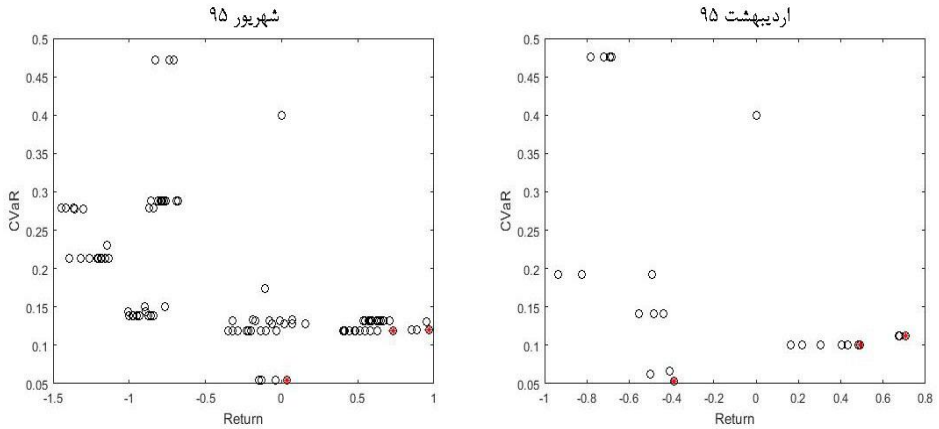
شکل ۳ - نمودار قیمت قرارداد آتی سکه طلا منتهی به شهریور ۹۴ در چارچوب زمانی ۳۰ دقیقه

۴- اجرای مدل و ارایه نتایج

به علت وجود دو تابع هدف بازدهی و ریسک، فضای جواب متغیرهای سیستم معاملاتی –که همان وزن‌های هر ابزار می‌باشند- دو بعدی است. در واقع بعد اول یعنی محور افقی نشان‌دهنده بازدهی است که هر چه بیشتر باشد، جواب حاصله مطلوب‌تر خواهد بود. بعد دوم یعنی محور عمودی نیز نشان‌دهنده ریسک آن مجموعه جواب است که هر چه کمتر باشد، مطلوب‌تر است. در شکل ۴، فضای جواب برای دو قرارداد اردیبهشت ۹۵ و شهریور ۹۵ ارایه شده است.

با توجه به اینکه با مسئله چند هدفه روبرو هستیم، جواب بهینه به صورت مجموع جواب بهینه پارتو نامغلوب ارایه خواهد شد. لذا در شکل ۴ نقاط ستاره نشان‌دهنده جواب‌های نامغلوب هستند که جهت طراحی سیستم

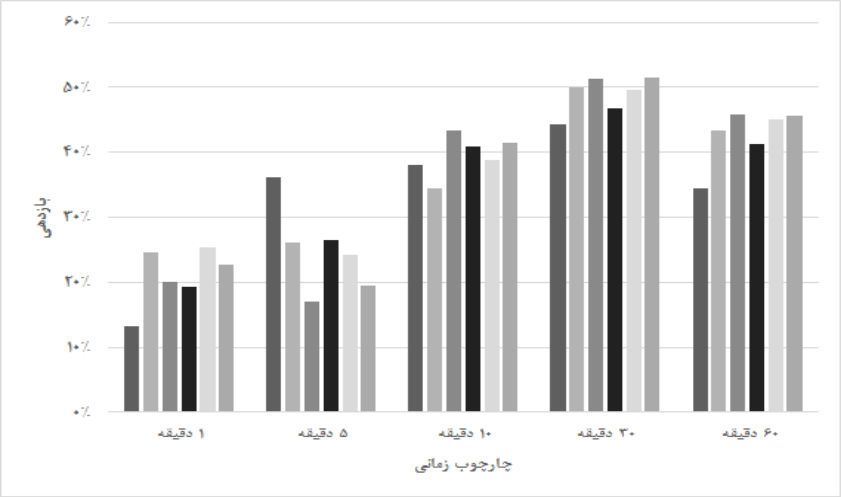
معاملات الگوریتمی می‌توان از آن‌ها بهره جست. همچنین با توجه به این که در مرحله آموزش با تکرار الگوریتم MOPSO، تغییر محسوسی در جواب‌ها ایجاد نشد، در نتایج نهایی ارایه شده برای هر قرارداد، الگوریتم یک بار اجرا شده است.



شکل ۴- فضای جواب برای الگوریتم چند هدفه بهینه‌سازی ازدحام ذرات – بازدهی و ریسک تعیین چارچوب زمانی بهینه

استفاده از داده‌های درون-روزی برای بهره‌گیری از نوسانات بازار قرارداد آتی سکه طلا بورس کالای ایران کار جدیدی است که در این پژوهش به آن پرداخته شد. با افزایش چارچوب زمانی به سمت روزانه میزان نوسانات مورد بررسی کمتر شده و فرصت‌های کمتری در اختیار معامله‌گر و سیستم قرار می‌گیرد. از طرف دیگر با کاهش چارچوب زمانی به سمت ثانیه، مشکل تغییرات کم قیمت و عدم وجود نوسان کافی ایجاد می‌شود. برای حل این مشکل، سیستم با چارچوب‌های زمانی مختلف مورد آزمون قرار گرفت، تا چارچوب زمانی مناسب برای سیستم معاملات الگوریتمی در بازار قرارداد آتی سکه طلا به دست آید.

در شکل ۵ سیستم معاملات الگوریتمی برای ۶ قرارداد مختلف در پنج چارچوب زمانی مختلف ۱ دقیقه، ۵ دقیقه، ۱۰ دقیقه، ۳۰ دقیقه و ۶۰ دقیقه مورد آزمون قرار گرفته است. همان‌طور که از شکل برمی‌آید، نتایج حاکی از برتر بودن چارچوب زمانی ۳۰ دقیقه بوده است. لذا در ادامه کار از چارچوب زمانی ۳۰ دقیقه برای مقایسه‌ها استفاده شده است.

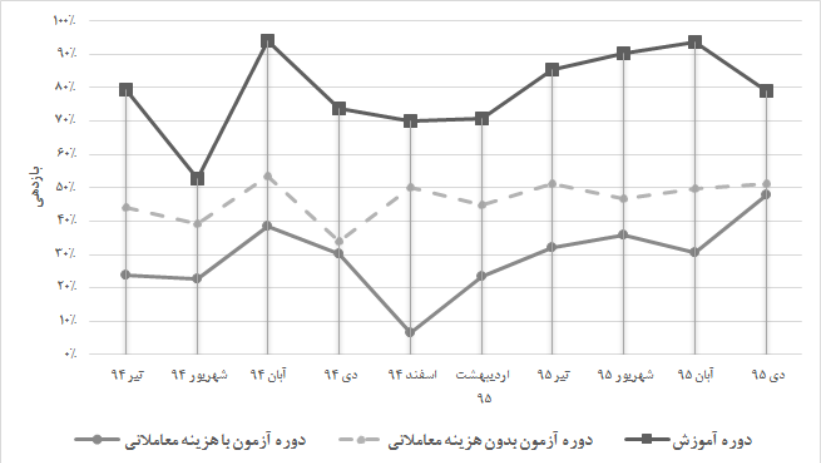


شکل ۵- محاسبه بازدهی برای چارچوب‌های زمانی و قراردادهای مختلف به منظور یافتن چارچوب زمانی بهینه

مقایسه بازدهی و CVaR

برای ارزیابی سیستم طراحی شده از دو مشخصه سیستم یعنی بازدهی دوره نگهداری موقعیت و CVaR استفاده شده است. در شکل ۶ میانگین بازدهی حاصل از دوره آموزش سیستم، دوره آزمون بدون هزینه معاملاتی و دوره آزمون با هزینه معاملاتی برای هر ۱۰ قرارداد آتی سکه طلا ارایه شده است. قابل توجه است که میانگین بازدهی و CVaR در همه بخش‌های پژوهش به صورت سالانه ارایه شده است.

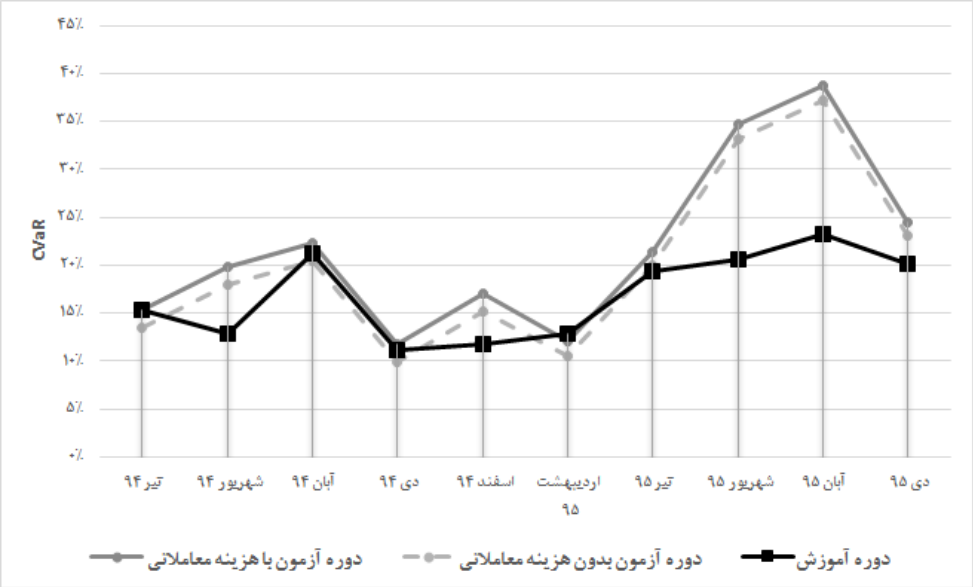
هزینه معاملاتی در بازار قرارداد آتی سکه طلای بورس کالای ایران به ازای هر موقعیت برابر با ۳۰,۰۰۰ ریال است که در نتیجه برای اخذ یک موقعیت ۶۰,۰۰۰ ریال هزینه از حساب کسر خواهد شد. مطابق انتظار، دوره آموزش در تمامی قراردادها بازدهی بالاتری از دوره‌های آزمون دارد. همچنین اعمال هزینه معاملاتی باعث کاهش یکسان در بازدهی‌ها نشده است و پارامتر دفعات معامله برای تفاوت بازدهی موثر می‌باشد. در شکل ۷ نیز معیار ریسک CVaR برای هر ده قرارداد ارایه شده است.



شکل ۶- مقایسه بازدهی قراردادها برای دوره آموزش و آزمون با هزینه معاملاتی و بدون هزینه معاملاتی

الگوریتم بهینه‌سازی به گونه‌ای طراحی شده که بازدهی را بیشینه و معیار CVaR را کمینه کند. به این ترتیب مطابق شکل ۷ معیار ریسک برای دوره آموزش عموما کمتر از دوره آزمون بوده است، اما در دوره آزمون شاهد میانگین زیان بیشتری هستیم. علاوه بر این، میزان اختلاف CVaR، برای هر قرارداد در حالت اعمال هزینه معاملاتی و عدم اعمال هزینه معاملاتی تقریبا یکسان است. بیشترین میانگین زیان ۵ درصد بالا یا همان CVaR مربوط به قرارداد آبان ۹۵ با ۳۸,۷ درصد به صورت سالیانه بوده است.

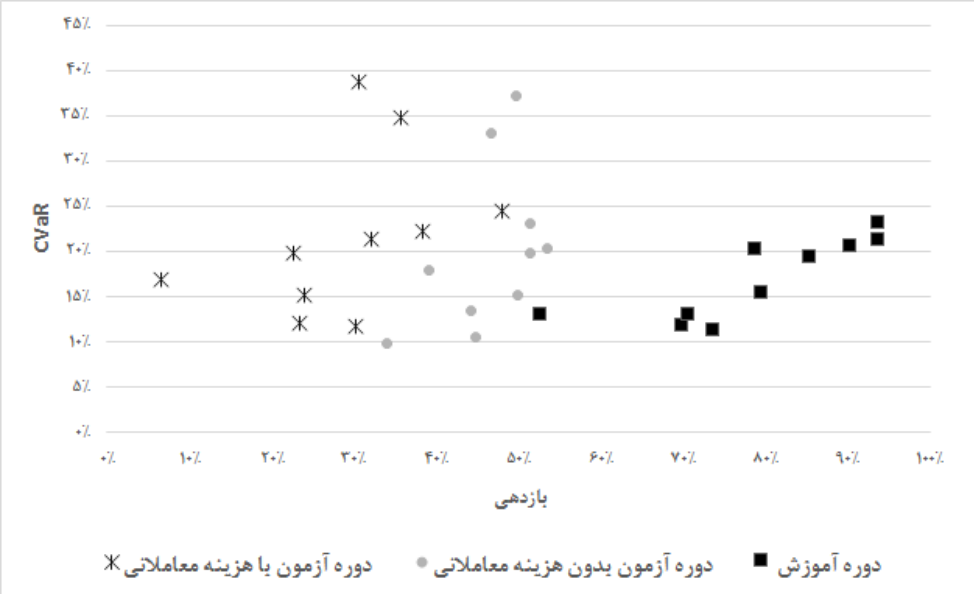
علاوه بر این مطابق با اصول مالی انتظار می‌رود که در سیستم طراحی شده همزمان با افزایش بازدهی، ریسک سیستم نیز به طور متوسط افزایش یابد. این مسئله در شکل ۸ برای سیستم معاملاتی پژوهش به طور تقریبی قابل مشاهده است. برای هرکدام از سه دسته داده‌های آموزش، آزمون با اعمال هزینه معاملاتی و بدون اعمال هزینه معاملاتی این نکته به طور جداگانه وجود دارد.



شکل ۷- مقایسه ارزش در معرض خطر شرطی قراردادها برای دوره آموزش و آزمون با هزینه معاملاتی و بدون هزینه معاملاتی

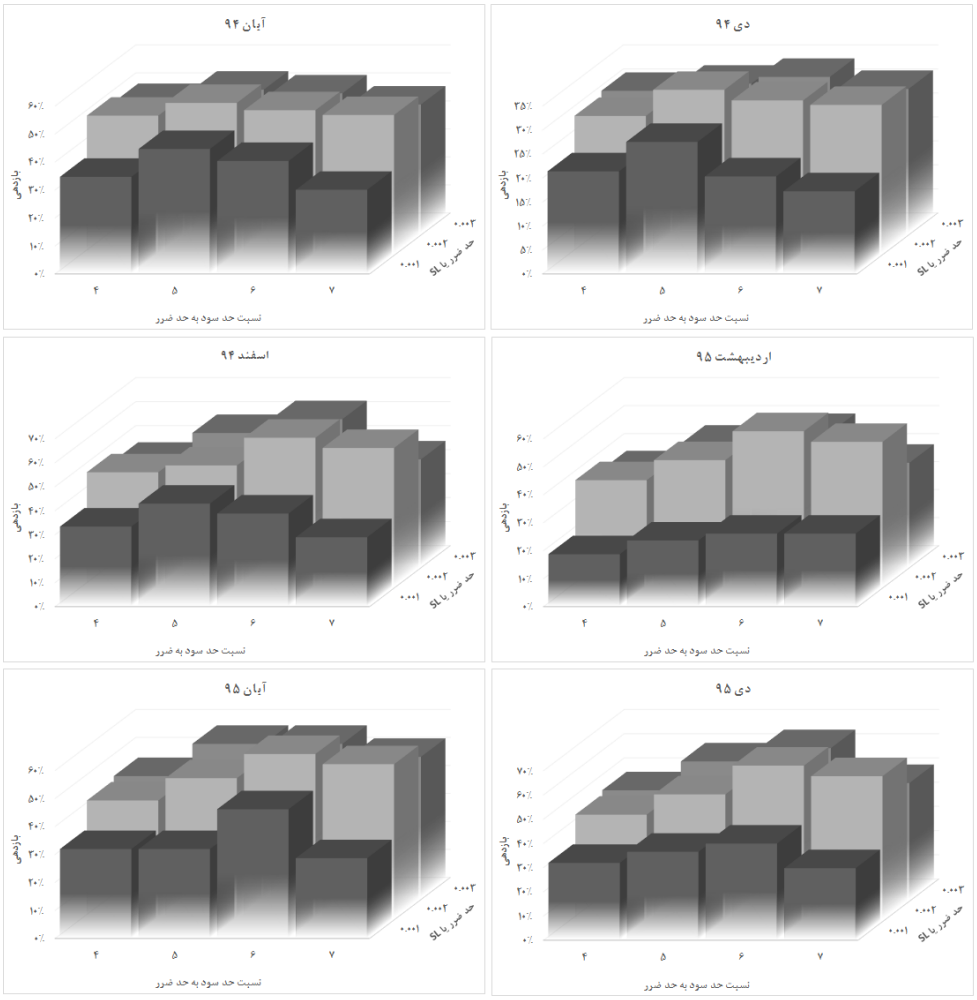
تحلیل حساسیت بازدهی نسبت به حد سود و ضرر

همان‌طور که پیش‌تر گفته شد، علاوه بر بهینه‌سازی ریسک سیستم (CVaR)، از یک سیستم کنترلی برای نگهداشت سود[۲۶] و جلوگیری از زیان‌های مخرب به نام حد سود و حد ضرر استفاده شده است. در زمینه طراحی سیستم معاملاتی برای قرارداد آتی سکه طلا در داخل کشور و به خصوص در چارچوب زمانی درون-روزی، پژوهشی انجام نشده است. لذا برای طراحی یک سیستم جامع معاملاتی در بازار قراردادهای آتی سکه طلا بورس کالای ایران، نیازمند تعیین حد سود و حد ضرر بهینه هستیم. در شکل ۹ بازدهی ۶ قرارداد آتی به ازای حد ضرر و نسبت حد سود به حد ضررهای مختلف محاسبه شده است.



شکل ۸- بررسی رابطه بازدهی و ریسک در الگوریتم معاملاتی پژوهش – در هر مجموعه (آموزش و آزمون)، هر نقطه نشان‌دهنده یک قرارداد از ۱۰ قرارداد آن مجموعه می‌باشد. دوره آموزش نسبت به بقیه نقاط به صورت نامغلوب می‌باشد.

برای حد ضرر مقادیر ۰,۱، ۰,۲ و ۰,۳ درصد در نظر گرفته شده است؛ به این معنی که اگر حرکت قیمت در خلاف جهت موقعیت اخذ شده فراتر از این عدد (حد ضرر) باشد، موقعیت اخذ شده با زیان بسته خواهد شد. مطابق با شکل ۹، حد ضرر مناسب برای دارایی مالی قرارداد آتی سکه طلا بورس کالای ایران معادل ۰,۲ درصد انتخاب خواهد شد. نسبت حد سود به حد ضرر نیز در محدوده عدد ۵ تا ۶ مطلوب‌تر به نظر می‌رسد. توجه شود که این تنظیمات برای چارچوب زمانی ۳۰ دقیقه معتبر می‌باشد و ممکن با تغییر چارچوب زمانی، اعداد مناسب برای حد سود و حد ضرر نیز تغییر کند.



شکل ۹- بررسی بازدهی به ازای حد ضرر و نسبت حد سود به حد ضرر – هر نمودار میله‌ای نشان‌دهنده بازدهی بدون اعمال هزینه معاملاتی برای یک حد ضرر و حد سود مشخص می‌باشد.

۵- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

در این پژوهش سعی بر آن شد که یک سیستم معاملات الگوریتمی بر پایه داده‌های درون-روزی برای قرارداد آتی سکه طلا بورس کالای ایران طراحی و آزمون شود. برای اجرای این سیستم از ابزارهای مختلف تکنیکال به صورت ترکیبی استفاده شده است؛ به این ترتیب که هر ابزار سیگنال‌های معاملاتی خود را تولید می‌کند و سپس به کمک الگوریتم بهینه‌سازی MOPSO یک سیستم جامع تهیه شد. لذا سیستم معاملات

الگوریتمی طراحی شده برای یک بازار دوطرفه قراردادهای آتی که هم موقعیت خرید و هم موقعیت فروش اخذ می‌کند، مناسب است. با توجه به وجود اهرم ۱۰ در بازار قرارداد آتی سکه طلا، وجود یک سیستم مدیریت ریسک جامع از نکات مورد توجه این پژوهش بود. به این ترتیب از طرفی از معیار ریسک CVaR به عنوان تابع هدف دوم الگوریتم بهینه‌سازی استفاده شد و از طرفی دیگر از یک سیستم کنترلی با سازوکار حد سود و حد ضرر بهره گرفته شد.

سیستم معاملات الگوریتمی طراحی شده بر روی داده‌های درون-روزی ۱۰ قرارداد آتی سکه طلا بورس کالای ایران مورد آزمون قرار گرفت که نتایج آن حاکی از مثبت بودن بازده در عین کنترل زیان‌های شدید بوده است. در جدول ۱ خلاصه نتایج الگوریتم و مقایسه آن در حالت‌های مختلف ارایه شده است. لازم به ذکر است که برای اندازه‌گیری CVaR از قدر مطلق ۵ درصد بالای بازدهی استفاده شده که همگی منفی است. مشاهده می‌شود که در دوره آزمون الگوریتم معاملاتی نسبت به دوره آموزش، بازدهی کاهش و ریسک افزایش یافته است. در حالت اعمال هزینه معاملاتی، میانگین بازدهی به محدوده سالانه ۳۰ درصد کاهش و میانگین CVaR به ۲۲ درصد افزایش یافته است.

جدول ۱- آمار بازدهی و CVaR برای دوره‌های آموزش، آزمون بدون هزینه معاملاتی و با هزینه معاملاتی

دوره	میانگین بازدهی	میانگین CVaR	$\frac{\text{بازدهی}}{CVaR}$
دوره آموزش	۷۹٪	۱۷٪	**۴.۶۹**
دوره آزمون بدون هزینه معاملاتی	۴۶٪	۲۰٪	**۲.۳۱**
دوره آزمون با هزینه معاملاتی	۲۹٪	۲۲٪	**۱.۳۴**

برای ارزیابی عملکرد نهایی سیستم معاملاتی، به مقایسه عملکرد (بازدهی و ریسک) دوره آزمون با اعمال هزینه معاملاتی با دو استراتژی خرید و نگهداری[۲۷] و فروش و نگهداری[۲۸] پرداخته‌ایم. در جدول ۲ میانگین بازدهی سالانه، از طریق اجرای هر استراتژی بر روی هر ۱۰ قرارداد و سپس میانگین‌گیری از ۱۰ عدد به دست آمده است. در ادامه با محاسبه انحراف معیار بازدهی‌ها، نسبت شارپ برای هر استراتژی محاسبه شده است.

جدول۲ - مقایسه بازدهی و انحراف معیار بازدهی رویکرد خرید و نگهداری، فروش و نگهداری و سیستم معاملاتی بهینه

سیستم	میانگین بازدهی سالانه (۱۰ قرارداد)	انحراف معیار بازدهی	نسبت شارپ
خرید و نگهداری Buy & Hold	۲۱٪	۵۸٪	۰.۳۶
فروش و نگهداری Sell & Hold	-۱۷٪	۵۹٪	-۲۹٪
سیستم معاملاتی بهینه Algorithmic	۲۹٪	۱۱٪	۲.۶۴

به دلیل این‌که در سال‌های گذشته روند صعودی بر قیمت طلا حاکم بوده است، استراتژی فروش و نگهداری با زیان همراه شده است. همچنین میانگین بازدهی سیستم معاملات الگوریتمی بهینه کمی بیشتر از استراتژی خرید و نگهداری بوده است، در حالی که پایایی بازدهی بسیار بالاتری نسبت به خرید و نگهداری داشته است. بدین ترتیب نسبت شارپ ۲,۶۴ مرتبه حاکی از برتری استراتژی معاملاتی طراحی شده در پژوهش پیش‌رو دارد. به نظر می‌رسد که برای راه‌اندازی یک سیستم معاملاتی در بازار قرارداد آتی سکه طلا بورس کالای ایران، چارچوب زمانی ۳۰ دقیقه از منظر بازدهی بهترین گزینه باشد. همچنین حد ضرر و حد سود بهینه به ترتیب برابر با ۰,۲ درصد و محدوده ۱ تا ۱,۲ درصد تعیین می‌شود.

برای پژوهش، پیشنهاد می‌شود از فرمول ارزش ذاتی سکه و فرمول محاسبه ارزش فعلی قرارداد آتی استفاده شود. علاوه بر آن، استفاده از الگوریتم‌های معاملاتی بازارگردانی[۲۹] به جهت افزایش نقدشوندگی بازار قرارداد آتی سکه طلا بورس کالای ایران نیز می‌تواند مفید باشد.

فهرست منابع

* راعی, ر., هنردوست, ا., سلیمانی, ی.؛ تاتایی, پ., ۱۳۹۳. اثر سررسید، حجم معامله و تعداد موقعیت‌های باز بر نوسانات قیمت قرارداد آتی سکه طلا. دانش سرمایه‌گذاری, ۱(۹), 169-186 .pp.
* عباسی, ا., عاکفی, ح.؛ ادیب مهر, ش. ا., ۱۳۹۴. تنظیم پارامتر اندیکاتور های تحلیل تکنیکال با استفاده از بهینه سازی چندهدفه گروه ذرات و سیستم استنتاج تطبیقی فازی عصبی. فصلنامه علمی پژوهشی دانش سرمایه گذاری, 111-134 .pp.
* فلاح پور, س.؛ حکیمیان, ح. , ۱۳۹۵. بررسی عملکرد سیستم معاملات زوجی در بورس اوراق بهادار تهران: رویکرد هم انباشتگی و بررسی نسبت سورتینو. مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار, ۸(۳۰), pp.1-17.
* فکاری سردهایی, ب., میرزاپور, ا., صیامی, ع.؛ کجوری, م., ۱۳۹۲. بررسی ارتباط قیمت بازار آتی و نقدی سکه طلای ایران. دانش مالی تحلیل اوراق بهادار, ۷(۲۲), pp.93-107.
* علی احمدی, س.؛ احمدلو, م. ,۱۳۹۰. پیش بینی قیمت قراردادهای آتی سکه طلا با استفاده از مدل آریما در بورس کالای ایران. مجله دانش مالی تحلیل اوراق بهادار, ۵(۹) ,pp.61-74 .

* دستپاک, م.؛ ۱۳۹۴. ارائه مدل معاملاتی با تکرار بالا در بورس اوراق بهادار تهران. فصلنامه علمی پژوهشی دانش سرمایه گذاری, ۴(۱۶) , 109-89 .pp .

* Babaei, S., Sepehri, M.M. and Babaei, E., 2015. Multi-objective portfolio optimization considering the dependence structure of asset returns. European Journal of Operational Research, 244(2), pp.525-539.
* Chen, Y. and Wang, X., 2015. A hybrid stock trading system using genetic network programming and mean conditional value-at-risk. European Journal of Operational Research, 240(3), pp.861-871.
* de la Fuente, D., Garrido, A., Laviada, J. and Gómez, A., 2006, July. Genetic algorithms to optimise the time to make stock market investment. In Proceedings of the 8th annual conference on Genetic and evolutionary computation (pp. 1857-1858). ACM.
* Esfahanipour, A. and Mousavi, S., 2011. A genetic programming model to generate risk-adjusted technical trading rules in stock markets. Expert Systems with Applications, 38(7), pp.8438-8445.
* Fernández Rodríguez, F., González-Martel, C. and Sosvilla Rivero, S., 2001. Optimisation of technical rules by genetic algorithms: Evidence from the madrid stock market.
* Fukumoto, R. and Kita, H., 2001, October. Designing trading agents for an artificial market with a multi-objective genetic algorithm. In Proceedings of the Fourth International Conference on Computational Intelligence and Multimedia Applications (p. 226). IEEE Computer Society.
* Lin, L., Cao, L., Wang, J. and Zhang, C., 2004. The applications of genetic algorithms in stock market data mining optimization. WIT Transactions on Information and Communication Technologies, 33.
* Liu, X., An, H., Wang, L. and Jia, X., 2017. An integrated approach to optimize moving average rules in the EUA futures market based on particle swarm optimization and genetic algorithms. Applied Energy, 185, pp.1778-1787.
* Lubnau, T. and Todorova, N., 2015. Trading on mean-reversion in energy futures markets. Energy Economics, 51, pp.312-319.
* Lwin, K.T., Qu, R. and MacCarthy, B.L., 2017. Mean-VaR Portfolio Optimization: A Nonparametric Approach. European Journal of Operational Research.
* Majhi, B. and Anish, C.M., 2015. Multiobjective optimization based adaptive models with fuzzy decision making for stock market forecasting. Neurocomputing, 167, pp.502-511.
* Ng, W.W., Liang, X.L., Li, J., Yeung, D.S. and Chan, P.P., 2014. LG-Trader: Stock trading decision support based on feature selection by weighted localized generalization error model. Neurocomputing, 146, pp.104-112.
* Skabar, A. and Cloete, I., 2002. Neural networks, financial trading and the efficient markets hypothesis. Australian Computer Science Communications, 24(1), pp.241-249.
* Vajda, V., 2014. Could a Trader Using Only "Old" Technical Indicator be Successful at the Forex Market?. Procedia Economics and Finance, 15, pp.318-325.
* Wang, L., An, H., Liu, X. and Huang, X., 2016. Selecting dynamic moving average trading rules in the crude oil futures market using a genetic approach. Applied Energy, 162, pp.1608-1618.
* Wiles, P.S. and Enke, D., 2015. Optimizing MACD parameters via genetic algorithms for soybean futures. Procedia Computer Science, 61, pp.85-91.
* Xu, Q., Zhou, Y., Jiang, C., Yu, K. and Niu, X., 2016. A large CVaR-based portfolio selection model with weight constraints. Economic Modelling, 59, pp.436-447.
* Zhu, H., Wang, Y., Wang, K. and Chen, Y., 2011. Particle Swarm Optimization (PSO) for the constrained portfolio optimization problem. Expert Systems with Applications, 38(8), pp.10161-10169.

یادداشت‌ها

[1] Behavioral Finance
[2] Technical Indicator
[3] Skabar and Cloete (2002)
[4] Briza and Naval Jr (2011)
[5] Oscillators
[6] Genetic Algorithm (GA)
[7] Fernández-Rodríguez et al (2001)
[8] Moving Average
[9] Lin et al. (2004)
[10] Multi Objective Optimization (MOO)
[11] Wing W.Y.Ng et al. (2014)
[12] Khin T. Lwin et al. (2017)
[13] Fukomoto and Kita (2001)
[14] Discretization
[15] Hassan et al. (2005)
[16] Majhi & Anish (2015)
[17] Lubnau & Todorova (2015)
[18] Kim & Enke (2016)
[19] Leverage
[20] Take Profit
[21] Stop Loss
[22] Briza & Naval (2011)
[23] Gap
[24] Intra-day
[25] Time Frame
[26] Save Profit
[27] Buy & Hold Strategy
[28] Sale & Hold Strategy
[29] Market Making