

شاخص قدرت نسبی یکی از نوسان نماهای پرکاربرد در تحلیل تکنیکال است. پژوهش حاضر با هدف مدیریت ریسک در استراتژی معاملاتی مبتنی بر این نوسان نما، به معرفی شاخص قدرت نسبی مبتنی بر سبد سهام میانگین-واریانس می‌پردازد. این رویکرد به جای استفاده از یک دارایی از یک سبدسهم استفاده می‌کند و شاخص قدرت نسبی را به شاخص قدرت نسبی تجمیعی موزون گسترش می‌دهد که اوزان شاخص جدید از بهینه‌سازی سبد میانگین-واریانس بر روی داده‌های تاریخی محاسبه می‌شود. سبد نمونه‌ای پژوهش متشکل از ۸ شاخص از بورس اوراق بهادار تهران در بازه زمانی ۱۳۸۰ تا شهریور ۱۴۰۳ است و برای بهینه‌سازی سبد از الگوریتم تجمعی ذرات استفاده شده است. عملکرد سبد بهینه پژوهش نشان می‌دهد که میانگین بازده روزانه سبد بهینه پژوهش تقریباً دو برابر نرخ بهره بدون ریسک روزانه است. این در حالی است که به کارگیری شاخص قدرت نسبی معمولی بر روی دارایی‌های سبد، منجر به میانگین بازده روزانه منفی و در نهایت ضرر شده است.

کلمات کلیدی: تحلیل تکنیکال، شاخص قدرت نسبی، سبد میانگین-واریانس، شاخص قدرت نسبی تجمیعی موزون.

کسب سود، هدف اصلی سرمایه‌گذاران در بازارهای مالی است. بدین منظور، تحلیل‌ها و مدل‌های فراوانی در جهت پیش‌بینی بازده دارایی‌های مالی توسعه یافته‌اند که هر کدام دارای مفروضات و ورودی‌های خاص خود است. دو گروه عمده و کاربردی از این تحلیل‌ها، شامل تحلیل بنیادی و تکنیکال (فنی) می‌باشد. تحلیل بنیادی یکی از روش‌های رایج در ارزیابی سهام و تصمیم‌گیری در سرمایه‌گذاری است که بر پایه بررسی ارزش واقعی یا ذاتی یک شرکت انجام می‌شود. در این روش، سرمایه‌گذاران و تحلیل‌گران با بررسی عوامل اقتصادی، مالی و صنعتی تلاش می‌کنند تا به درک عمیقی از وضعیت شرکت مورد نظر برسند و بر اساس آن تصمیم‌گیری کنند. مراحل تحلیل بنیادی در بازار سهام شامل بررسی وضعیت کلی اقتصاد، تحلیل صنعت، تحلیل شرکت، محاسبه ارزش ذاتی سهام و مقایسه ارزش ذاتی با قیمت بازار می‌باشد.

تحلیل تکنیکال یکی دیگر از روش‌های محبوب در بازارهای مالی برای بررسی و پیش‌بینی حرکت قیمت‌ها است. این روش بر اساس مطالعه داده‌های تاریخی قیمت و حجم معاملات، الگوها و شاخص‌های آماری عمل می‌کند و به سرمایه‌گذاران کمک می‌کند تا بهترین زمان برای خرید یا فروش دارایی را تشخیص دهند. تحلیل تکنیکال بر سه اصل کلیدی استوار است. اول اینکه قیمت، همه چیز را منعکس می‌کند یعنی تمام اطلاعات مرتبط با یک دارایی، از جمله اخبار، رویدادها و عوامل بنیادی، در قیمت آن منعکس شده است. بنابراین، تحلیل‌گران تکنیکال نیازی به بررسی عوامل بنیادی ندارند. دومین اصل این است که قیمت‌ها در روندها حرکت می‌کنند. تحلیل تکنیکال فرض می‌کند که قیمت‌ها تمایل دارند در یک جهت (روند) حرکت کنند. این روندها می‌توانند صعودی، نزولی یا خنثی باشند. شناسایی این روندها یکی از اهداف اصلی تحلیل تکنیکال است. اصل سوم بیان می‌کند که تاریخ تکرار می‌شود. تحلیل‌گران تکنیکال معتقدند که رفتار بازار و الگوهای قیمتی در طول زمان تکرار می‌شوند زیرا رفتار انسان‌ها در مواجهه با شرایط مشابه اغلب مشابه است.

نوسانگرهای تکنیکالی^۱ ابزارهایی هستند که در تحلیل تکنیکال برای ارزیابی شرایط بازار و شناسایی فرصت‌های معاملاتی استفاده می‌شوند. این ابزارها کمک می‌کنند تا وضعیت‌های اشباع خرید یا فروش، قدرت روند و نقاط احتمالی بازگشت قیمت شناسایی شوند. در پژوهش حاضر به بررسی یک از نوسان‌نماهای پرکاربرد در تحلیل تکنیکال یعنی نوسانگر شاخص قدرت^۲ نسبی پرداخته می‌شود و با تلفیق آن با نظریه سبدهای میانگین-واریانس چارچوبی برای مدیریت ریسک در جهت استفاده از این نوسان‌نما بعنوان یک استراتژی معاملاتی فراهم می‌گردد.

۲-ادبیات و پیشینه تحقیق

برخلاف فرضیه بازار کارا، به تازگی پژوهشگران با افزایش شواهد دال بر عدم تصمیم‌گیری عقلایی سرمایه‌گذاران، بر انجام پژوهش در حوزه تحلیل تکنیکال علاقمند شده‌اند. پارادایم جدید مالی رفتاری نیز حاکی از آن است که عقیده‌ها و تمایل‌های غیرعقلایی سرمایه‌گذاران موجب توجه بیشتر به تحلیل تکنیکال شده است. برای نمونه، کشف پدیده‌هایی مانند قوانین بازخورد مثبت (که دال بر تعقیب روند در حرکات قیمت است) و اثرهای لنگر انداختن (که با مفاهیم سطوح

^۱ Technical Oscillators

^۲ RSI: Relative Strength index

حمایت و مقاومت در تحلیل تکنیکی همخوانی دارد) در مالی رفتاری، مؤید عملکرد تحلیلگران تکنیکال است (عباسی و همکاران، ۱۴۰۳). از مبانی نظری دیگر مؤید روش تحلیل تکنیکال، وجود پدیده دیگری با عنوان بی قاعدگی‌های تقویمی است که بیان کننده وجود اشکالی تکرارشونده در رفتار قیمتها بوده و در سالهای اخیر بطور چشم‌گیری به آن توجه شده است. در واقع این بی قاعدگی‌ها به صورت الگوهای سری زمانی و مقطعی هستند که به وسیله نظریه بازار کارا قابل پیش‌بینی نبوده و معمولاً با استفاده از آزمون‌های تجربی انجام شده روی مدل‌های قیمت تشخیص داده می‌شوند (جوز و وارشین، ۲۰۲۴).

تحلیل بنیادی به ارزش ذاتی دارایی تمرکز دارد، در حالی که تحلیل تکنیکال به رفتار بازار و حرکات قیمتی می‌پردازد. تحلیل بنیادی برای سرمایه‌گذاری بلندمدت و تحلیل تکنیکال برای معاملات کوتاه‌مدت مناسب‌تر است. در نهایت، بسیاری از سرمایه‌گذاران ترکیبی از هر دو روش را برای تصمیم‌گیری به کار می‌گیرند تا نقاط قوت هر یک را به حداکثر برسانند. نوسانگرهای تکنیکالی، ابزارهایی هستند که در تحلیل تکنیکال برای ارزیابی شرایط بازار و شناسایی فرصت‌های معاملاتی استفاده می‌شوند. این ابزارها به صورت گرافیکی در کنار نمودار قیمت نمایش داده می‌شوند و کمک می‌کنند تا وضعیت‌های اشباع خرید یا فروش، قدرت روند، و نقاط احتمالی بازگشت قیمت شناسایی شوند. نوسانگرها، شاخص‌هایی هستند که بین دو حد مشخص حرکت می‌کنند (معمولاً ۰ تا ۱۰۰) و بر اساس داده‌های قیمت و حجم، شرایط فعلی بازار را تحلیل می‌کنند (لی و همکاران، ۲۰۲۲). آنها برای درک حرکت‌های کوتاه‌مدت قیمت و شناسایی نوسانات بیش از حد یا اشباع در روند، مفید هستند. کاربردهای اصلی نوسانگرهای تکنیکی شامل شناسایی اشباع خرید و فروش، تأیید روندها (تأیید قدرت یک روند یا شناسایی تضعیف آن) و شناسایی واگرایی‌ها، به معامله‌گران کمک می‌کنند زمان مناسب برای ورود یا خروج از معامله را تعیین کنند. از جمله مزایای نوسان نماها می‌توان به شناسایی فرصت‌های معاملاتی حتی در بازارهای خنثی یا بدون روند، کمک به مدیریت ریسک با شناسایی نقاط اشباع خرید یا فروش. استفاده آسان در کنار سایر ابزارهای تحلیل تکنیکال اشاره کرد.

از جمله نوسان نماهای پرکاربرد می‌توان به مکدی^۵ اشاره کرد. مکدی ترکیبی از میانگین‌های متحرک است و برای شناسایی تغییر روندها و نقاط ورود یا خروج استفاده می‌شود. نوسان نمای تصادفی^۶ بر مقایسه قیمت پایانی یک دارایی با محدوده قیمتی آن در یک بازه زمانی مشخص تمرکز دارد. شاخص کانال کالا^۷ برای شناسایی نقاط اشباع خرید و فروش یا اندازه‌گیری انحراف قیمت از میانگین استفاده می‌شود. باندهای بولینگر^۸ اگرچه به‌طور مستقیم نوسانگر نیست، اما به شناسایی نوسانات قیمت و شرایط اشباع خرید یا فروش کمک می‌کند. قیمت نزدیک به باند بالا نشان‌دهنده اشباع خرید و قیمت نزدیک به باند پایین نشان‌دهنده اشباع فروش است (کارا و همکاران، ۲۰۲۳).

^۳ Jose and Varshini

^۴ Lee et al.

^۵ MACD: Moving Average Convergence Divergence

^۶ SO: Stochastic Oscillator

^۷ CCI: Commodity Channel index

^۸ Bollinger Bands

^۹ Kara et al.

یکی از نوسان نماهای معروف و پرکاربرد فنی، شاخص قدرت نسبی یا RSI است که بین دو مقدار صفر و صد نوسان می‌کند. در تنظیمات این نوسانگر عموماً از دوره 14 روزه استفاده می‌شود و اساس کار آن بر پایه بردها و باختها در 14 روز قبل قرار دارد. غالباً و به صورت تجربی دو سطح کلیدی 30 و 70 یا 20 و 80 به ترتیب به عنوان سطح اشباع فروش (فزونی شکست بر پیروزی و مهیا شدن موقعیت خرید) و سطح اشباع خرید (فزونی پیروزی بر شکست و مهیا شدن موقعیت فروش) استفاده می‌شود. این نوسان نما به تنهایی می‌تواند یک استراتژی معاملاتی را فراهم کند.

نظریه سبدسهم میانگین-واریانس که توسط هری مارکوویتز در سال ۱۹۵۲ معرفی شد، یکی از مبانی اصلی نظریه سبدسهم مدرن است. این نظریه به سرمایه‌گذاران کمک می‌کند تا بهترین ترکیب دارایی‌ها را برای دستیابی به بازدهی مطلوب با حداقل ریسک ممکن تعیین کنند. این نظریه بر دو اصل پایه‌گذاری شده است. اول اینکه سرمایه‌گذاران به دنبال حداکثرسازی میانگین بازدهی مورد انتظار از یک سبد هستند. دوم اینکه سرمایه‌گذاران به دنبال کمینه سازی ریسک هستند که در فرم متعارف سبد میانگین-واریانس از واریانس یا انحراف معیار، بعنوان معیاری برای اندازه‌گیری نوسانات بازدهی یک سبدسهم استفاده می‌شود. هرچه واریانس کمتر باشد، سرمایه‌گذاری کم‌ریسک‌تر است. هدف نظریه میانگین-واریانس ایجاد یک سبد سرمایه‌گذاری بهینه^{۱۰} است که در آن برای یک سطح معین از بازدهی مورد انتظار، ریسک حداقل شود یا برای یک سطح معین از ریسک، بازدهی حداکثر شود. این سبدهای بهینه بر روی یک منحنی به نام مرز کارا^{۱۱} قرار می‌گیرند.

خلاً تحقیقاتی که پژوهش حاضر به دنبال بررسی آن می‌باشد، مدیریت ریسک در استراتژی‌های معاملاتی مبتنی بر نوسانگرهایی مانند شاخص قدرت نسبی است. بدین منظور پژوهش حاضر، از رویکرد سبد میانگین-واریانس مارکوویتز^{۱۲} بعنوان یک رویکرد ریاضی-آماري در جهت مدیریت ریسک سرمایه‌گذاری، استفاده می‌کند. با این رویکرد دیگر به جای یک دارایی از یک سبد دارایی استفاده می‌شود و ترکیب دارایی‌ها چنان اختیار خواهد شد که فاکتورهای تصمیم‌گیری بازده و ریسک مورد توجه قرار گیرند. برای رسیدن به این مقصود، شاخص قدرت نسبی در فرم معمولی به شاخص قدرت نسبی تجمیعی موزون تعمیم داده می‌شود. این فرم دارای اوزانی (ضرایب مجهول) می‌باشد که با رویکرد بهینه‌سازی میانگین-واریانس، مقدار بهینه آنها محاسبه می‌شود. در نهایت سیستم معاملاتی شکل گرفته بر اساس شاخص جدید بر روی داده‌های تجربی در بورس اوراق بهادار تهران مورد ارزیابی عملکرد قرار می‌گیرد. در ادامه به پیشینه تحقیق پرداخته می‌شود و سعی شده است که جدیدترین پژوهش‌ها در رابطه با عملکرد سودآوری تحلیل‌های تکنیکال، به خصوص شاخص قدرت نسبی جمع‌آوری گردد.

عباسی و همکاران (۱۴۰۳) با استفاده از روش ترکیبی کیفی - کمی، قواعد معاملات تکنیکال برای دو رمزارز بیت‌کوین و اتریوم را استخراج و بهینه‌سازی کردند و کارایی قواعد مستخرج با استراتژی خرید و نگهداری مقایسه شد. در بخش کیفی، با تکنیک تاپسیس فازی و بر اساس نظر خبرگان بازار ارز دیجیتال، به انتخاب و رتبه‌بندی مهم‌ترین شاخص‌های تکنیکال پرداخته می‌شود. بر اساس نتایج بخش کمی، بازده استراتژی‌های معاملاتی خبره‌محور مثبت و عملکرد اکثر آنها نسبت به استراتژی خرید و نگهداری بهتر است. همچنین استراتژی‌های بهینه‌سازی شده با الگوریتم، به مراتب عملکرد بهتری نسبت

^{۱۰} Efficient Portfolio

^{۱۱} Efficient Frontier)

^{۱۲} Markowitz mean-variance portfolio

به دو استراتژی خبره‌محور و خرید و نگهداری دارند. استراتژی تکنیکال مناسب در معاملات با استفاده از الگوریتم‌های بهینه‌سازی می‌تواند میزان سودآوری معاملات رمزارز را به مقدار چشمگیری افزایش دهد. همچنین استراتژی حاصل از ترکیب چند شاخص تکنیکال، نسبت به یک شاخص، عملکرد بهتری دارد.

اصغری و همکاران^(۱۴۰۳) پیش‌بینی قیمت سهام بر پایه فاکتورهای بنیادی، تکنیکال و اقتصادی را مورد ارزیابی قرار دادند. برای این منظور سه گروه از عوامل بنیادی، تکنیکال و اقتصادی مورد مطالعه قرار گرفتند. در تحلیل داده‌ها از برازش رگرسیون‌های حداقل مربعات خطا برای داده‌های قیمت سهم ۳۰ شرکت دارای بیش از ۵۰٪ از ارزش بازار سهام در سال ۱۳۹۹ استفاده شد و قیمت سهام شرکت‌ها به صورت نامتوازن از سال ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۹ مورد تحلیل قرار گرفت. نتایج نشان داد که هریک از عوامل بنیادی، تکنیکال و اقتصادی به تنهایی قابلیت پیش‌بینی بازده سهام را دارند، در حالی که عوامل تکنیکال و اقتصادی، دارای محتوای اطلاعاتی اضافی نسبت به عوامل بنیادی نبودند.

سیف و همکاران^(۱۴۰۰) با استفاده از نوسان‌نمای موج الیوت و شاخص قدرت نسبی، حرکات جنبشی و اصلاحی را شناسایی و به سه دسته خرید، فروش و نگهداری برچسب‌گذاری کردند. سپس، خروجی این مرحله به سه الگوریتم یادگیری ماشین شامل درخت تصمیم، بیز ساده و ماشین بردار پشتیبان داده شد تا برای یادگیری و پس از آن، پیش‌بینی روند روی داده‌های آزمون، آزمایش شوند. نتایج نشان داد که در شاخص بورس اوراق بهادار تهران، شناسایی امواج الیوت امکان‌پذیر است و الگوریتم‌های ماشین بردار پشتیبان و درخت تصمیم، قادرند، روند شاخص کل را برای آینده با دقت بالای ۹۰ درصد پیش‌بینی کنند.

جوز و وارشین^{(۲۰۲۴)^{۱۳}} روشی نوآورانه را معرفی کردند که با ترکیب شاخص‌های فنی مانند میانگین‌های متحرک، قدرت نسبی و باندهای بولینگر و تکنیک‌های یادگیری جمعی مانند جنگل تصادفی، تقویت گرادیان، رگرسیون بردار پشتیبان و مدل آریمای به پیش‌بینی قیمت‌های باز شدن سهام می‌پردازد. یافته‌ها نشان می‌دهند که ترکیب شاخص‌های فنی با یادگیری جمعی باعث بهبود قابل توجه دقت شده و نرخ موفقیت ۹۱٫۴۵٪ در پیش‌بینی قیمت‌های باز شدن سهام به دست آمده است که بینش‌های ارزشمندی برای سرمایه‌گذاران و تحلیلگران مالی ارائه می‌دهد. سعود و شاکیا^{(۲۰۲۴)^{۱۴}} با بهره‌گیری از شبکه‌های حافظه کوتاه بلندمدت به مطالعه استراتژی‌های هوشمند پیش‌بینی سیگنال‌های معاملاتی مبتنی بر نوسان‌نمای مک‌دی و قدرت نسبی پرداختند. نتایج نشان می‌دهد که استراتژی‌های مبتنی بر این اندیکاتورها عملکرد بهتری از روش‌های کلاسیک دارند و استراتژی مک‌دی بهترین و مؤثرترین است.

علی و همکاران^{(۲۰۲۴)^{۱۵}} در مطالعه‌ای در بازار بورس هند به مقایسه عملکرد اندیکاتورهای فیبوناچی و نوسان‌نمای تصادفی پرداختند. نتایج نشان داد که فیبوناچی برای شناسایی سطوح کلیدی حمایت و مقاومت بسیار کارآمد است. همچنین علی و همکاران^(۲۰۲۳) در تحقیق دیگری نشان دادند که ترکیب قدرت نسبی با باندهای بولینگر در بازار فارکس، نرخ موفقیت معاملات را به میزان ۱۵ درصد افزایش داده است. هوانگ و همکاران^{(۲۰۲۳)^{۱۶}} به بررسی ترکیب تحلیل تکنیکال با الگوریتم

^{۱۳} Jose and Varshini

^{۱۴} Saud and Shakya

^{۱۵} Ali et al.

^{۱۶} Huang et al.

شبکه عصبی عمیق پرداختند. این مطالعه نشان داد که ترکیب میانگین متحرک وزنی با الگوریتم‌های یادگیری ماشین می‌تواند پیش‌بینی‌های دقیق‌تری در بازارهای نوظهور ارائه دهد.

کارا و همکاران^{۱۷} (۲۰۲۳) به بررسی استفاده از مدل‌های ترکیبی میانگین متحرک ساده و باندهای بولینگر برای شناسایی نقاط ورود و خروج در بورس نیویورک پرداختند. نتایج نشان داد که ترکیب این ابزارها بازده بالاتری نسبت به رویکردهای سنتی دارد. نگوین و همکاران^{۱۸} (۲۰۲۳) نشان دادند که تنظیم مقیاس شاخص قدرت نسبی (مانند بازده‌های ۷ یا ۲۱ روزه) برای تحلیل رمزارزهایی با نوسان بالا، مانند بیت‌کوین و اتریوم، می‌تواند سیگنال‌های دقیق‌تری ارائه دهد. همچنین نگوین و همکاران (۲۰۲۲) به تحلیل عملکرد اندیکاتورهای مکد، قدرت نسبی و شاخص کانال کالا در پیش‌بینی قیمت بیت‌کوین و اتریوم پرداختند. نتایج نشان داد که مکدی دقت بیشتری در شناسایی روندهای بزرگ دارد، در حالی که قدرت نسبی برای معاملات کوتاه‌مدت مناسب‌تر است. کومار و پاتل^{۱۹} (۲۰۲۳) عملکرد شاخص قدرت نسبی با مکدی و اسیلاتور تصادفی را مقایسه کردند. نتایج نشان داد که شاخص قدرت نسبی در بازارهای پرنوسان، سیگنال‌های بهتری برای ورود و خروج ارائه می‌دهد، در حالی که مکدی در روندهای پایدارتر موفق‌تر عمل کرده است.

لی و همکاران^{۲۰} (۲۰۲۲)، کارایی شاخص قدرت نسبی در بازار بورس ایالات متحده را ارزیابی کردند. نتایج نشان داد که استفاده از این شاخص با بازه ۱۴ روزه در شناسایی شرایط اشباع خرید و فروش مؤثر بوده و بازده معاملات کوتاه‌مدت را افزایش داده است. در پژوهشی دیگری لی و همکاران (۲۰۲۳) به بررسی عملکرد نوسانگر تصادفی و شاخص کانال کالا در بازارهای خنثی پرداختند. نتایج نشان داد که این ابزارها دقت بالاتری در تعیین نقاط بازگشت در بازارهای جانبی دارند. اسمیت و جانسون^{۲۱} (۲۰۲۲) تأثیر ترکیب نسبت قیمت به سود و شاخص قدرت نسبی در شناسایی سهام‌های زیر قیمت واقعی را بررسی کردند. یافته‌ها نشان داد که این ترکیب می‌تواند بازده بهتری نسبت به هر یک از روش‌ها به‌صورت جداگانه داشته باشد.

مقالات اخیر تأکید دارند که ابزارهای تحلیل تکنیکال می‌توانند در ترکیب با فناوری‌های نوین مانند یادگیری ماشین یا همراه با روش‌های بنیادی، عملکرد بهتری داشته باشند. استفاده از این ابزارها در بازارهای نوظهور، ارزهای دیجیتال و حتی بازارهای خنثی نشان‌دهنده انعطاف‌پذیری بالای آنها است. همچنین پژوهش‌های اخیر نشان می‌دهند که RSI ابزاری قدرتمند و انعطاف‌پذیر در تحلیل تکنیکال است. این شاخص به‌ویژه در شناسایی نقاط بازگشت قیمت و تحلیل شرایط اشباع خرید یا فروش کاربرد گسترده‌ای دارد. با این حال، استفاده از RSI به‌تنهایی ممکن است سیگنال‌های نادرستی در بازارهای پرتلاطم ایجاد کند و ترکیب آن با ابزارهای دیگر توصیه می‌شود. پژوهش حاضر از منظر دیگری به مدیریت ریسک استفاده از شاخص قدرت نسبی می‌پردازد که تا کنون در ادبیات تحقیق بررسی نشده است و آن رویکرد سبد میانگین-واریانس نسبت به این استراتژی معاملاتی می‌باشد.

^{۱۷} Kara et al.

^{۱۸} Nguyen et al.

^{۱۹} Kumar and Patel

^{۲۰} Lee et al.

^{۲۱} Smith and Johnson

فرض کنیم سری قیمت یک دارایی با $\{p_t\}_{t=1}^T$ نشان داده شود و N یک عدد طبیعی باشد. شاخص قدرت نسبی با دوره بررسی N برای دارایی مذکور، یک سری زمانی به صورت $\{RSI_t\}_{t=N}^T$ است که مطابق رابطه (۱) محاسبه می‌شود.

$$RSI_t = 100(1 - \frac{1}{1 + RS_t}) \quad (1)$$

در این رابطه، RS یا قدرت نسبی به صورت رابطه (۲) از سری قیمت $\{p_t\}_{t=1}^T$ استخراج می‌شود.

$$RS_t = \frac{Sum\ Gain}{Sum\ Loss} = \frac{\sum_{t-N+1 \leq i \leq t; p_{i+1} - p_i > 0} (p_i - p_{i-1})}{\sum_{t-N+1 \leq i \leq t; p_{i+1} - p_i < 0} |p_i - p_{i-1}|} \quad (2)$$

در اینجا، $||$ نماد قدر مطلق می‌باشد. به صورت متداول عدد N برابر ۱۴ در نظر گرفته می‌شود. با توجه به تعریف شاخص قدرت نسبی در رابطه (۱)، همواره $0 \leq RSI \leq 100$. بزرگتر شدن RS در رابطه (۲) نشان دهنده پیروزی‌های بیشتر نسبت به شکست‌ها در ۱۴ روز اخیر می‌باشد که خود موجب بزرگتر شدن RSI می‌شود. بنابراین در صورتی RSI به اندازه کافی بزرگ شود، می‌تواند سیگنالی نشان دهنده خرید افراطی و فراهم شدن زمینه برای کاهش قیمت باشد. با همین استدلال، کوچکتر شدن RSI می‌تواند بعنوان سیگنالی برای خرید تلقی شود. بر این اساس در متداول ترین استراتژی معاملاتی بر اساس شاخص قدرت نسبی، در اولین زمانی که RSI به زیر خط اشباع فروش مانند ۲۰ یا ۳۰ می‌رسد، سیگنال خرید و در اولین زمانی که خط اشباع خرید مانند ۷۰ یا ۸۰ قطع می‌شود، سیگنال فروش صادر می‌شود.

بر اساس آنچه گذشت، سیگنال قدرت نسبی می‌تواند روی قیمت‌های تاریخی یک دارایی مالی منجر به کشف موقعیت‌های معاملاتی گردد و هر موقعیت، متناظر با یک بازده و یک مدت معامله است. فرض کنیم که سیستم معاملاتی بر روی داده‌های تاریخی یک دارایی، موجب بازده‌های $r_1, r_2, r_3, \dots, r_n$ با مدت زمان‌های معاملاتی $t_1, t_2, t_3, \dots, t_n$ شده باشد. در این صورت بازده معادل روزانه برای r_i به صورت رابطه (۳) محاسبه می‌گردد.

$$req_i = (1 + r_i)^{\frac{1}{t_i}} - 1 = \sqrt[t_i]{1 + r_i} - 1 \quad (3)$$

دلیل اینکه به جای بازده هر موقعیت معاملاتی، از معادل بازده روزانه استفاده خواهیم کرد این است که بازده بالاتر در یک موقعیت معاملاتی به مفهوم سودآوری بیشتر نیست، زیرا ممکن است این بازده در یک دوره زمانی طولانی تری بدست آمده باشد. دو معیار سودآوری در پژوهش حاضر میانگین بازده روزانه موقعیت‌های معاملاتی کشف شده یعنی $E(req)$ و نسبت شارپ موقعیت‌های معاملاتی یعنی $sharpe\ ratio = \frac{E(req)}{\sigma(req)}$ می‌باشد که $\sigma(rn)$ انحراف معیار بعنوان برآوردگر ریسک است. نسبت شارپ بازده در واحد ریسک را اندازه می‌گیرد و مقادیر بزرگتر آن مطلوب سرمایه‌گذاران است.

در ادامه به بیان استراتژی معاملاتی پژوهش یعنی قدرت نسبی در قالب سبد میانگین-واریانس پرداخته می‌شود. فرض کنیم m دارایی در اختیار داریم که هر کدام می‌تواند به کمک سیستم معاملاتی برگرفته از RSI خود، مورد خرید و فروش قرار گیرد. سری قیمت دارایی i ام با p^i نمایش داده می‌شود. پس p_t^i قیمت دارایی i ام در زمان t است. شاخص قدرت نسبی تجمیعی RSI^{cum} ، برای تمام دارایی‌ها به صورت یک سری زمانی به شکل رابطه (۴) محاسبه می‌شود.

$$RS_t^{cum} = \frac{Sum\ Gain}{Sum\ Loss} = \frac{\sum_{t-N+1 \leq i \leq t; p_i - p_{i-1} > 0} \sum_{j=1}^m (p_i^j - p_{i-1}^j)}{\sum_{t-N+1 \leq i \leq t; p_i - p_{i-1} < 0} \sum_{j=1}^m |p_i^j - p_{i-1}^j|}, \quad (4)$$

$$RSI_t^{cum} = 100(1 - \frac{1}{1 + RS_t^{cum}})$$

در واقع شاخص قدرت نسبی تجمعی، از جمع پیروزیها و شکستهای تمام داراییهای سبد استفاده می کند. حال فرض کنیم برای هر دارایی یک وزن w_j اختصاص یابد بنابراین شاخص قدرت نسبی تجمعی موزون به صورت رابطه (۵) تعریف می گردد.

$$RS_t^{wsum} = \frac{Sum\ Gain}{Sum\ Loss} = \frac{\sum_{t-N+1 \leq i \leq t; p_i - p_{i-1} \geq 0} \sum_{j=1}^m w_j (p_i^j - p_{i-1}^j)}{\sum_{t-N+1 \leq i \leq t; p_i - p_{i-1} < 0} \sum_{j=1}^m w_j |p_i^j - p_{i-1}^j|}, \quad (5)$$

$$RSI_t^{cum} = 100(1 - \frac{1}{1 + RS_t^{wsum}})$$

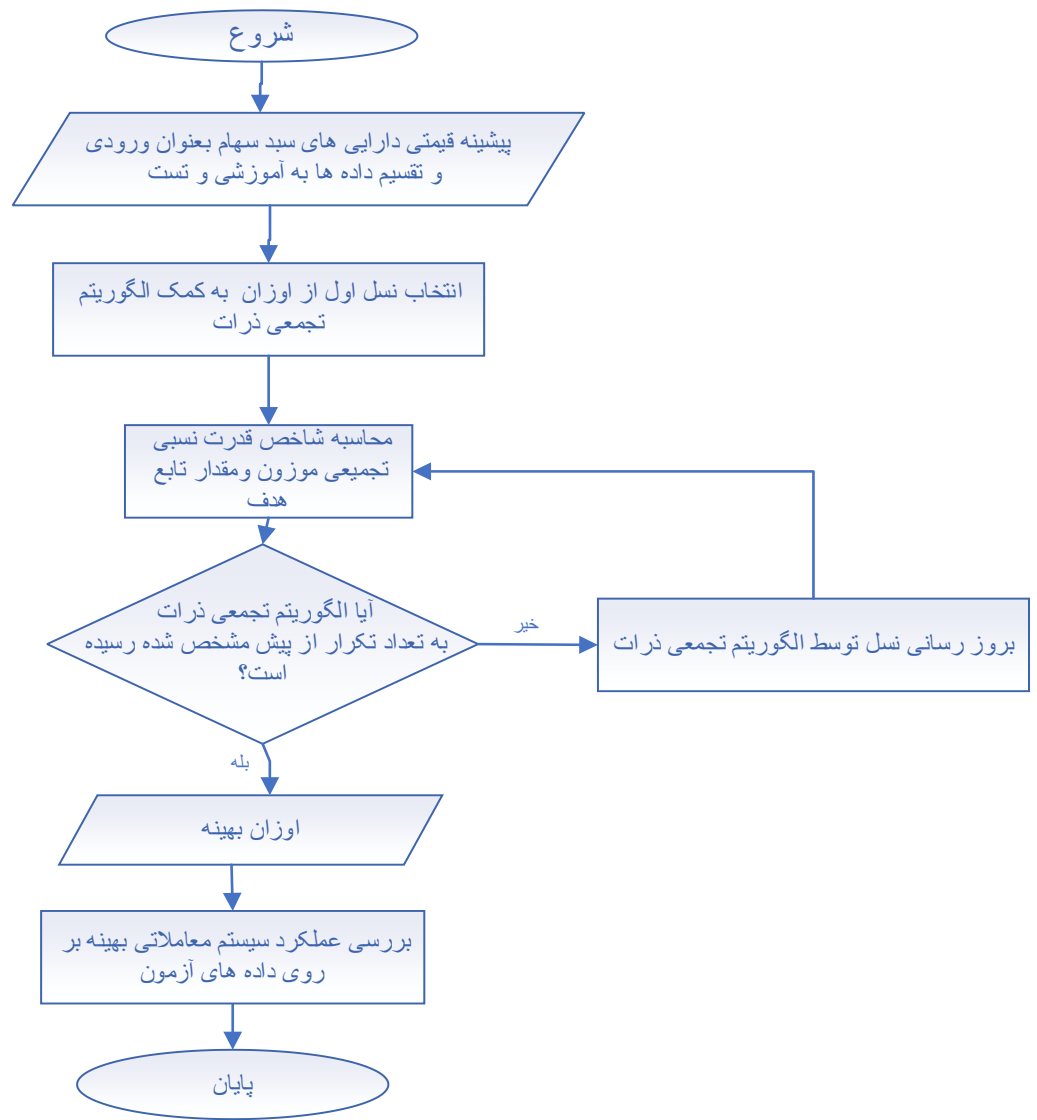
برای هر انتخاب از بردار اوزان w ، شاخص قدرت نسبی تجمعی موزون با توجه به پیشینه قیمتی داراییها محاسبه می شود. این شاخص معیار تصمیم گیری ما در مورد خرید و فروش سبد با وزن w است. توجه کنیم که وزن مشارکت هر دارایی در محاسبه قدرت نسبی موزون با سهم آن در سبد دارایی یکسان است و با رسیدن به سطوح اشباع فروش و خرید، کل سبد به ترتیب خریداری و فروخته می شود. بنابراین در هر موقعیت معاملاتی برای هر دارایی یک بازده محاسبه می شود و از این رو برای آن موقعیت معاملاتی، بازده سبد به صورت میانگین موزون بازدههای انفرادی قابل محاسبه است. همچنین با در اختیار داشتن بردار بازده داراییهای انفرادی برای موقعیت معاملاتی کشف شده، ماتریس کواریانس بردار بازده داراییها یعنی Σ نیز قابل محاسبه است و لذا واریانس بازده سبد از رابطه $w' \Sigma w$ قابل محاسبه خواهد بود. با پیش نیازهایی که بیان شد، اوزان بهینه شاخص قدرت نسبی تجمعی موزون با رویکرد میانگین-واریانس از حل مدل بهینه سازی میانگین-واریانس (۶) محاسبه می شود.

$$\max E(req_{RSI^{wsum}}) - \gamma w' \Sigma_{RSI^{wsum}} w \quad (6)$$

$$0 \leq w_1, w_2, \dots, w_m \leq 1$$

که در آن $req_{RSI^{wsum}}$ بازده معادل روزانه سبد در موقعیت معاملاتی با رویکرد استراتژی قدرت نسبی تجمعی موزون است و $\Sigma_{RSI^{wsum}}$ نشان دهنده ماتریس کواریانس است. برای بهینه سازی مدل (۳) از رویکرد بهینه سازی تجمعی ذرات^{۲۲} استفاده خواهد شد. دلیل استفاده از این رویکرد این است که تابع هدف ضمن شبیه سازی سیستم معاملاتی بر روی داده های تاریخی محاسبه خواهد شد و بنابراین فرم بسته ای برای آن وجود ندارد. روند کلی این الگوریتم به این صورت است که یک نسل از متغیر تصمیم یعنی اوزان سبد به نسل بعد از اوزان تبدیل می شود و الگوریتم تجمعی ذرات بر این روند نظارت دارد تا تابع هدف بهتر گردد. روندنمای مراحل انجام مدل پژوهش در نمودار (۱) ارائه شده است.

^{۲۲} PSO: Particle swarm optimization



نمودار(۱): روندنمای مراحل پیاده سازی سیستم معاملاتی پژوهش

۴- پیاده سازی مدل و نتایج عددی

سبد دارایی پژوهش متشکل از ۸ شاخص از بورس اوراق بهادار تهران در بازه زمانی ۱۳۸۰ تا پایان شهریور ۱۴۰۳ است. بر اساس اطلاعات دریافتی از سایت فیپیران بعنوان منبع داده های پژوهش، تعداد ۳۸۱۰ داده استخراج گردید. انتخاب شاخص به جای سهام به مفهوم انتخاب یک سبد متنوع از سهام زیرمجموعه آن شاخص است و بدین صورت یکی از مفاهیم مهم در نظریه سبد سهام یعنی تنوع پذیری برآورده می گردد. جدول توصیف آماری بازه روزانه دارایی ها در جدول(۱) ارائه شده است.

جدول(۱): توصیف آماری داده های پژوهش

مقدار احتمال آماره جاکر برا	انحراف معیار استاندارد	میانه	میانگین	معیار آماری
شاخص				
۰	0.014106	0.000586	0.00167	۱-کانی غیر فلزی
۰	0.014866	-0.00013	0.001677	۲-فلزات اساسی

۳-فرآورده‌های نفتی	0.001818	0.0000165	0.020388	0
۴-مواد دارویی	0.00158	0.0000710	0.010556	0
۵-خودرو	0.001417	0.000165	0.019829	0
۶-قند و شکر	0.001772	0	0.01555	0
۷-فنی و مهندسی	0.001606	0	0.022448	0
۸-سیمان	0.001381	-0.00039	0.011886	0

در ادامه به جای نام دارایی از شماره آن مطابق جدول (۱) استفاده می شود. در ابتدا ۳۸۱۰ بازده روزانه، به دو دسته داده آموزشی و آزمون تقسیم گردید. برای اینکه تعداد موقعیت‌های معاملاتی در داده‌های تست به اندازه کافی باشد، نسبت تقسیم ۵۰ درصد انتخاب گردید. مدل میانگین-واریانس شاخص قدرت نسبی تجمیعی موزون در رابطه (۳) در نرم افزار متلب و به کمک الگوریتم تجمعی ذرات با مشخصات ۱۰۰۰ ذره در هر نسل و ۵۰۰ تکرار مورد بهینه‌سازی قرار گرفت. بر این اساس اوزن بهینه سیستم معاملاتی (وزن بهینه سبد و وزن بهینه شاخص قدرت نسبی تجمیعی موزون) به صورت زیر محاسبه گردید.

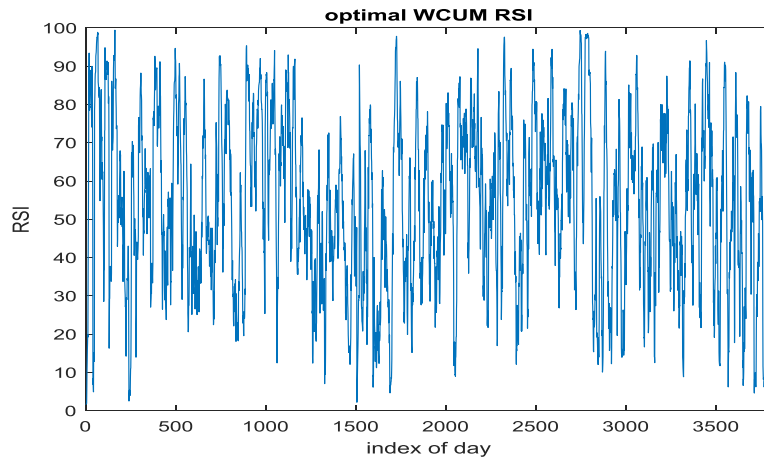
جدول (۲): اوزان بهینه شاخص قدرت نسبی تجمیعی موزون

وزن بهینه	شماره دارایی
0.10	1
0.22	2
0.11	3
0.23	4
0.10	5
0.14	6
0.07	7
0.03	8

ماتریس کواریانس نیز به صورت زیر محاسبه گردید.

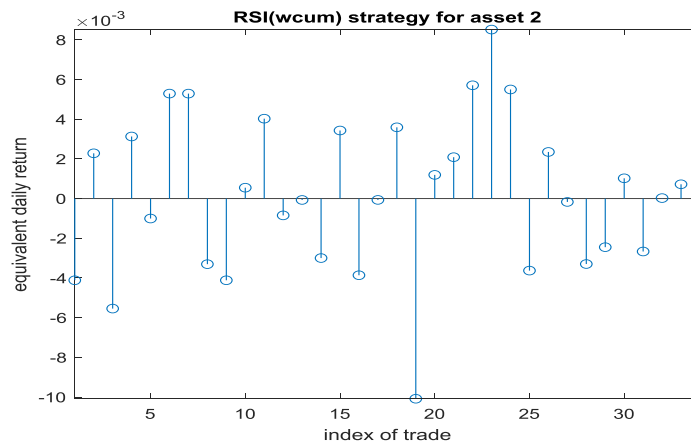
$$\Sigma = \begin{bmatrix} 0.1237 & 0.02763 & 0.03674 & 0.0960 & 0.0664 & 0.05432 & 0.0648 & 0.0766 \\ 0.0276 & 0.05491 & 0.0545 & 0.0195 & 0.03752 & 0.0222 & 0.0273 & 0.0180 \\ 0.03674 & 0.05450 & 0.0883 & 0.0280 & 0.0446 & 0.0261 & 0.0358 & 0.0251 \\ 0.0960 & 0.01955 & 0.0280 & 0.0837 & 0.0605 & 0.0423 & 0.0538 & 0.0586 \\ 0.0664 & 0.03752 & 0.0446 & 0.0605 & 0.0793 & 0.0479 & 0.0482 & 0.0485 \\ 0.05432 & 0.0222 & 0.0261 & 0.0423 & 0.0479 & 0.0625 & 0.0284 & 0.0395 \\ 0.06481 & 0.0273 & 0.0358 & 0.05384 & 0.0482 & 0.0284 & 0.0523 & 0.0423 \\ 0.0766 & 0.0180 & 0.02510 & 0.0586 & 0.0485 & 0.0395 & 0.0423 & 0.0602 \end{bmatrix}$$

نمودار شاخص قدرت نسبی تجمیعی موزون بهینه در بازه شامل تمام داده‌ها در نمودار (۲) ارائه شده است.

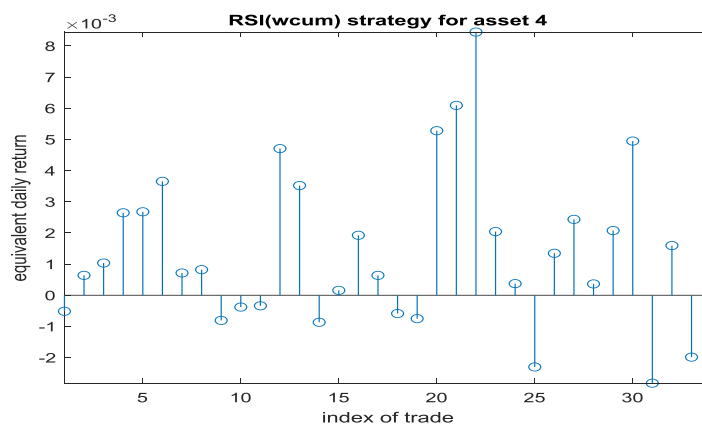


نمودار(۲): شاخص قدرت نسبی تجمیعی موزون بهینه

سیستم معاملاتی بر اساس قدرت نسبی تجمیعی موزون بهینه منجر به ۳۳ موقعیت معاملاتی برای هر دارایی گردید. بعنوان نمونه موقعیت‌های ایجاد شده برای دارایی شماره ۲ و ۴ در نمودارهای (۳) و (۴) ارائه شده است. در این نمودارها، محور y ها نشان دهنده معادل بازده روزانه می‌باشد.



نمودار(۳): معادل بازده روزانه برای دارایی شماره دو در سیستم معاملاتی پژوهش



نمودار(۴): معادل بازده روزانه برای دارایی شماره چهار در سیستم معاملاتی پژوهش

بر اساس ۳۳ موقعیت معاملاتی بوجود آمده در داده‌های تست، سه معیار عملکرد سودآوری برای اوزان بهینه مطابق جدول(۳)

جدول (۳): عملکرد سودآوری سبد بهینه قدرت نسبی

مقدار	شاخص
0.001001	میانگین معادل بازده روزانه
0.003399	انحراف معیار استاندارد
0.294448	نسبت شارپ
33	تعداد موقعیت های معاملاتی

بر اساس نتایج حاصل شده در جدول (۳) از عملکرد شاخص قدرت نسبی تجمیعی موزون، به صورت متوسط بازده روزانه سیستم معاملاتی برابر ۰,۰۰۱۰۰۱ است که با در نظر گرفتن ریسک 0.003399 به نسبت شارپی حدوداً ۰,۳۰ منجر می شود. در ادامه عملکرد سیستم معاملاتی قدرت نسبی معمولی برای ۸ دارایی موجود در سبد مورد شبیه سازی قرار گرفت که نتیجه در جدول (۴) ارائه شده است.

جدول (۴): عملکرد سیستم معاملاتی مبتنی بر شاخص قدرت نسبی معمولی برای دارایی های پژوهش

نسبت شارپ	انحراف معیار استاندارد	میانگین معادل بازده روزانه	شماره دارایی
-0.22467	0.004245	-0.00095	۱
-0.25977	0.004022	-0.00104	2
-0.19172	0.005951	-0.00114	3
-0.02659	0.003086	۰,۰۰۰۰۰	4
-0.49076	0.005384	-0.00264	5
-0.34432	0.004401	-0.00152	6
-0.2241	0.005128	-0.00115	7
-0.10894	0.005281	-0.00058	8

بر اساس اطلاعات جدول (۴) مشاهده می شود که نتیجه به کارگیری استراتژی قدرت نسبی معمولی بر روی داده های آزمون در همه موارد به بازده منفی یا ضرر منجر شده است. همچنین با احتساب نرخ بهره بدون ریسک سالیانه ۲۰ درصد (معادل بازده روزانه ای برابر ۰,۰۰۰۰۵)، میانگین بازده روزانه در سیستم بهینه پژوهش تقریباً دو برابر نرخ بهره بدون ریسک است.

۵- نتیجه گیری و پیشنهادها

شاخص قدرت نسبی یکی از نوسان نماهای پرکاربرد در تحلیل تکنیکال می باشد که بر پایه مفهوم اشباع خرید و فروش تعریف شده است و سرمایه گذاران زیادی از این ابزار بعنوان استراتژی معاملاتی بهره می برند. پژوهش حاضر افق جدید را در به کارگیری نوسان نماهای تکنیکی معرفی کرد که شامل استفاده از نوسان نماهای تکنیکی در قالب سبد میانگین-واریانس می باشد. بدین صورت به جای یک تک دارایی، یک سبد سهام مورد معامله قرار می گیرد و امکان مدیریت ریسک فراهم می

آید. پژوهش حاضر رویکرد نظریه سبدسهم را در مورد این شاخص به کار برد. برای این منظور ابتدا به کمک سری‌های زمانی قیمت تمام دارایی‌های سبد، شاخص قدرت نسبی تجمیعی موزون محاسبه گردید و سپس اوزان بهینه آن از بهینه‌سازی مدل میانگین-واریانس مارکویتز حاصل گردید. نتیجه بررسی عملکرد سودآوری سیستم معاملاتی پژوهش بر روی یک سبد نمونه‌ای از ۸ شاخص از بورس اوراق بهادار تهران در مقایسه با به کارگیری شاخص قدرت نسبی بر روی دارایی‌های سبد به صورت انفرادی، چشمگیر بود. در حالی که سیستم‌های معاملاتی تکی در تمام دارایی‌ها به ضرر منجر شده است، سیستم پژوهش موفق به کسب بازده روانه 0.001001 شده است. این مقدار معادل بازده سالیانه ۰,۴۴ می باشد که دو برابر نرخ بازده بدون ریسک سالیانه در دوره پژوهش است. پژوهش حاضر اولین پژوهش در ترکیب سیستم‌های معاملاتی تکنیکال با نظریه سبدسهم است و از این بابت امکان مقایسه نتایج پژوهش با پsshینه تحقیقاتی وجود ندارد. سرمایه‌گذاران و محققین آتی می‌توانند روش شناسی پژوهش حاضر را بر روی سایر نوسان‌ها و یا سایر بازارهای مالی مورد پیاده‌سازی قرار دهند. همچنین می‌توان چارچوب بهینه‌سازی میانگین-واریانس مورد استفاده در پژوهش را به سایر چارچوب‌های بهینه‌سازی سبدسهم مانند سبدسهم برابری ریسک یا سبد حداکثر مقدار پیش‌بینی پذیری، گسترش داد.

منابع

-اصغری، مهدی؛ یزدانیان، نرگس؛ تبریزیان، بیتا و رهنمای رودپشتی، فریدون. (۱۴۰۳). پیش‌بینی قیمت سهام بر پایه فاکتورهای بنیادی، تکنیکال و اقتصادی. *دانش سرمایه‌گذاری*، 13(51)، ۱-۲۲.

-سیف، سمیرا؛ جمشیدی نوید، بابک؛ قنبری، مهرداد، اسماعیل پور، منصور. (۱۴۰۰). پیش‌بینی روند بورس سهام ایران با استفاده از نوسان‌های موج الیوت و شاخص قدرت نسبی. *تحقیقات مالی*، ۲۳(۱)، 134-157.

-عباسی، میلاد؛ موسوی، سمیه السادات و جعفری ندوشن، عباسعلی. (۱۴۰۳). شناسایی و ارزیابی قواعد معاملات تکنیکی سودآور در بازار رمزارز با استفاده از روش ترکیبی کیفی-کمی. *تحقیقات مالی*، ۲۶(۳)، 509-530.

-Ali, R., Singh, P., & Kumar, A. (2024). *Technical analysis in emerging markets: Evidence from India*. *Emerging Markets Review*, 15(1), 78-95.

-Ali, R., Singh, P., & Kumar, A. (2023). *Integrating RSI with Bollinger Bands for forex trading strategies*. *Emerging Markets Analysis*, 9(4), 112-130..

-Huang, X., Wang, J., & Li, S. (2023). *Inegrating technical analysis with deep neural networks for market prediction*. *AI and Financial Markets*, 9(2), 25-39.

-Jose, J., & Varshini, P. (2024). Integrating Technical Indicators and Ensemble Learning for Predicting the Opening Stock Price. *International Journal of Information Technology, Research and Applications*, 3(2), 1-15.

-Kara, M., Zhang, Y., & Chen, L. (2023). *A comparative study of moving averages and Bollinger Bands in predicting stock market trends*. *Journal of Financial Analysis*, 18(3), 45-67.

-Kumar, R., & Patel, V. (2021). *Comparative performance analysis of RSI, MACD, and stochastic oscillator*. *International Journal of Technical Analysis*, 8(1), 25-37.

- Lee, H., Park, S., & Kim, J. (2022). *Evaluating the effectiveness of RSI in stock market predictions*. Journal of Financial Markets, 15(3), 78-92.
- Lee, H., Park, S., & Kim, J. (2023). *The effectiveness of stochastic oscillators in neutral markets*. Asian Financial Studies, 21(3), 56-70.
- Nguyen, T. H., & Tran, Q. L. (2023). *Optimizing RSI for cryptocurrency analysis: A case study on Bitcoin and Ethereum*. Crypto Economic Review, 10(2), 45-59.
- Nguyen, H. T., Tran, Q. L., & Pham, D. M. (2022). *Efficiency of technical indicators in cryptocurrency markets: A case study of Bitcoin and Ethereum*. Crypto Research Journal, 12(5), 89-103.
- Saud, A. S., & Shakya, S. (2024). Technical indicator empowered intelligent strategies to predict stock trading signals. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 10(4), 100398.
- Smith, J., & Johnson, T. (2022). *Combining fundamental and technical analysis for better investment decisions*. Investment Strategies Quarterly, 7(4), 112-127.

Risk management using a relative strength index based on a mean-variance portfolio

The Relative Strength Index (RSI) is one of the oscillators widely used in technical analysis. The present study aims to manage risk in strategies based on this oscillator by introducing a Relative Strength Index based on the mean-variance stock portfolio. This approach employs a stock portfolio instead of a single asset and extends the RSI to a weighted cumulative RSI, where the weights are derived from mean-variance portfolio optimization. The study's sample portfolio consists of eight indices from the Tehran Stock Exchange over the period from 1380 to September 1403 (Islamic calendar), and the optimization of the portfolio is carried out using the Particle Swarm Optimization (PSO) algorithm. The performance of the optimized portfolio indicates that its average daily return is approximately twice the risk-free rate. In contrast, applying the conventional RSI to the portfolio stocks resulted in negative average daily returns and, ultimately, losses.

Keywords: Technical Analysis, Relative Strength Index, Mean-Variance Portfolio, Weighted Cumulative RSI.