



ارائه مدل معامله هوشمند در بازارهای مالی مبتنی بر الگوریتم ژنتیک، منطق فازی و شبکه عصبی

مقصود امیری^۱

حمیدرضا حدادیان^۲

مصطفی زندیه^۳

علی رئیس‌زاده^۴

تاریخ پذیرش: ۹۵/۲/۱۴

تاریخ دریافت: ۹۴/۱۱/۲۵

چکیده

معاملات موفق در بازارهای مالی می‌بایست نزدیک به نقاط کلیدی بازگشتی انجام گردد. در سال‌های اخیر سیستم‌های مختلفی به منظور شناسایی این نقاط بازگشتی ایجاد شده‌اند. تحلیل تکنیکال یکی از معتبرترین و پرکاربردترین این سیستم‌ها محسوب می‌شود. تحلیل تکنیکال بواسطه قوانین متعددی که داراست سعی در ایجاد سیگنال‌های صحیح به موقع به منظور شناخت این نقاط دارد. اما یکی از معایب این سیستم وابستگی شدید آن به تجربه و دانش انسانی جهت انتخاب و کاربرد این قوانین است. در این تحقیق ما سعی کرده‌ایم تا سیستم معاملاتی هوشمندی را بر پایه قوانین شناخته شده تحلیل تکنیکال و استفاده از سه ابزار الگوریتم ژنتیک، منطق فازی و شبکه عصبی ایجاد نماییم. در واقع الگوریتم ژنتیک به بهینه‌سازی قواعد تکینکی به دلیل پیچیدگی محاسباتی کمک خواهد کرد. منطق فازی نیز به تشخیص موقعیت کلی جاری در بازار کمک خواهد کرد. چرا که بنا به نوع خاص بازار (دارای روند یا خنثی) دسته‌ای از قوانین انتخاب خواهند شد. در انتها سیگنال‌های ایجاد شده بوسیله هرکدام از قواعد با کمک شبکه عصبی المان، به صورت نتیجه واحد (خرید، فروش یا نگهداری) در خواهد آمد. نتایج حاصله نشان می‌دهد به صورت آماری اختلاف معنادار و قابل توجهی میان خرید و نگهداری سهم و سیستم معاملاتی پیشنهادی در این پژوهش وجود دارد. به عبارت دیگر سیستم پیشنهادی ما پتانسیل سودآوری بسیار بالایی را از خود نشان می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: سیستم معاملاتی سهام، تحلیل تکنیکال، الگوریتم ژنتیک، شبکه عصبی، منطق فازی.

۱- عضو هیات علمی گروه مدیریت صنعتی، دانشگاه علامه طباطبایی، تهران، ایران

۲- کارشناسی ارشد، مهندسی مالی، موسسه آموزش عالی رجا، قزوین، ایران (نویسنده مسئول) Hr.haddadian@gmail.com

۳- عضو هیات علمی گروه مدیریت، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

۴- عضو هیات علمی گروه مدیریت مالی، موسسه آموزش عالی رجا، قزوین، ایران

۱- مقدمه

موفقیت در معاملات سهام، تا حدود بسیار زیادی وابسته به تصمیم‌گیری درست در مورد ورود و خروج به موقع و صحیح می‌باشد. این امر نیازمند بررسی اطلاعات و تخصص جهت بررسی فرصت‌های سرمایه‌گذاری می‌باشد.

در سال‌های اخیر فعالیت‌های علمی بسیاری برای آموزش عمومی تحلیل بازارهای مالی به منظور سرمایه‌گذاری و فعالیت در این بازارها در دنیا انجام شده است. اما بیشتر معامله‌گران بنا به دلایل بسیاری قادر به استفاده از تحلیل‌های علمی در معاملات نیستند. در نتیجه نیاز شدیدی به رویکردی خودکار برای استفاده مؤثر و کارآمد از داده‌های مالی وجود دارد تا بتواند تصمیمات سرمایه‌گذاری را پشتیبانی کند.

یکی از سیستم‌هایی که تلاش‌های بسیاری به منظور هوشمندسازی هر چه بیشتر آن شده است، سیستم معاملات سهام است. سیستم معاملات سهام که به عنوان ابزاری کمکی در تصمیم‌گیری‌های سرمایه‌گذاری است، یکی از حوزه‌های تحقیقاتی روز دنیا به شما می‌رود و علاوه بر پتانسیل‌های تحقیقاتی، از پتانسیل‌های خوبی در افزایش سودآوری برخوردار است. هدف یک سیستم معاملاتی انجام معاملات موفق است، معاملاتی که در محل تغییر جهت روند قیمت‌ها باید صورت پذیرند.

هدف از انجام این تحقیق ایجاد یک سیستم معاملاتی هوشمند بوده که بتواند با بهره‌گیری از ابزارهای سنتی تحلیل تکنیکال و الگوریتم‌های فراابتکاری، سیگنال‌های معاملاتی صحیحی را در نقاط بازگشتی روندها تولید نماید. از اینرو سرمایه‌گذاران در بازارهای مالی با پشتیبانی این سیستم، تصمیمات به موقع و درست را در معاملات خود اتخاذ کرده و سود حاصل از سرمایه‌گذاری‌ها را بیشینه می‌سازند.

این تحقیق شامل سه فاز مجزا خواهد بود. در فاز اول متغیرها بوسیله الگوریتم ژنتیک بهینه‌سازی خواهد شد. حداقل m قانون تحلیلی وجود داشته که هر کدام شامل n پارامتر مشخص برای ارائه سیگنال هستند. لذا پیچیدگی محاسباتی در این مسئله ما را ناچار به استفاده از یکی از الگوریتم‌های فراابتکاری همچون ژنتیک می‌نماید. در فاز دوم روند جاری بازار از طریق استنتاج فازی^۱ تشخیص داده خواهد شد. چرا که بنا به نوع خاص بازار (دارای روند یا خنثی) دسته‌ای از قوانین تکنیکالی انتخاب خواهند شد. در فاز سوم متغیرها تجمیع شده و با کمک شبکه عصبی سیگنال خروجی نهایی به صورت خرید، فروش و یا نگهداری به ارائه خواهد شد.

۲- مبانی نظری و مروری بر پیشینه پژوهش

موفقیت در معاملات سهام، تا حدود بسیار زیادی وابسته به تصمیم‌گیری درست در مورد ورود و خروج به موقع و صحیح می‌باشد. این امر نیازمند بررسی اطلاعات و تخصص جهت بررسی فرصت‌های سرمایه‌گذاری می‌باشد. در نتیجه نیاز شدیدی به رویکردی خودکار برای استفاده مؤثر و کارآمد از داده‌های مالی وجود دارد تا بتواند تصمیمات سرمایه‌گذاری را پشتیبانی کند.

در طی چند دهه اخیر روش های محاسبات نرم ۲ نظیر الگوریتم ژنتیک ۳ و شبکه های عصبی مصنوعی توسط محققان بسیاری مورد استفاده قرار گرفته است (Rumelhart et al, 1986; Goldberg, 1989). این روش ها به صورت موفقیت آمیزی در حل مسائل مختلف به کار گرفته شده اند. روش های محاسبات نرم به منظور ساخت بسیاری از سیستم های هوشمند مورد استفاده قرار گرفته اند. در این بین یکی از حوزه های کاربرد آنها در مورد مسائل مالی است. به طوریکه امروزه محققان بسیاری به تحقیق در مورد کاربردهای محاسبات نرم در حوزه مالی می پردازند (Refenes, 1995; Baba et al, 2002).

تحلیل تکنیکال سنتی که مبنای بسیاری از سیستم های معاملاتی است، اغلب به صورت قوانین معامله گری مختلف ظاهر می گردد، و بر روی نقاط قله ۴ و دره ۵ قیمت ها در روندها تمرکز دارد و در بازارهای دنیا بسیار رایج است. متأسفانه سیستم های معاملاتی سهام که براساس به کارگیری صرف قواعد تکنیکال مورد استفاده قرار می گیرند به خاطر وابستگی به تجارب معامله گران در انتخاب قوانین تصمیم گیری مبنی بر خرید یا فروش دارایی ها، مناسب نخواهد بود و از اینرو از سوی همه معامله گران بازار قابل استفاده نخواهد بود.

مسئله اصلی در اینجا این است که قواعد تکنیکی مبتنی بر پارامترهایی هستند که در صورت تعیین درست و هوشمندانه آنها، سیگنال های خرید و فروش مناسب برای سودآوری سرمایه گذاران در اختیار قرار می دهند. مسأله دیگر این است که قواعد تکنیکی مختلف ممکن است سیگنال های معاملاتی متناقضی را به طور همزمان ایجاد نمایند و تصمیم گیری را در چنین شرایطی برای سرمایه گذار سخت می نماید.

Refenes, et.al (1994) با مدلسازی رفتار قیمت سهام توسط شبکه های عصبی، عملکرد آن را با مدل های رگرسیون مقایسه نموده اند. در این تحقیق از شبکه های عصبی به عنوان یک جایگزین برای تکنیک های آماری کلاسیک برای پیش بینی سهام شرکتهای بزرگ استفاده شده است. نتایج این تحقیق نشان می دهد که شبکه های عصبی نسبت به تکنیک های آماری عملکرد بهتری دارند و مدل های بهتری ارائه می دهند.

Tan, Prokhorov and Wunsch (1995) سیستمی را طراحی نمودند که تغییرات قابل ملاحظه کوتاه مدت قیمت سهام را پیش بینی میکند. ابتدا پیش پردازشی روی داده ها صورت گرفته و سپس شبکه های عصبی مدلسازی می شود که موقعیتهای خیلی خوب سوددهی را تخمین میزند.

Kuo, Chen and Hwang (2001) در مقاله ای با عنوان "یک سیستم هوشمند پشتیبان تصمیم گیری معاملات سهام با به کارگیری و اجتماع الگوریتم های ژنتیک مبتنی بر شبکه های عصبی فازی و شبکه های عصبی مصنوعی" به ایجاد سیستمی مشاوره ای در خصوص حفظ، فروش یا خرید سهام در بازار بورس مبادرت نموده اند. ویژگی سیستم ایجاد شده، فراهم نمودن امکان کمی کردن متغیرهای کیفی دخیل در پیش بینی قیمت سهام است. این محقق در سال ۱۹۹۸، مقاله ای با عنوان مشابه، بدون در نظر گرفتن الگوریتم های ژنتیک ارائه نموده است. در مقاله مذکور، پرسش نامه ای با روش فازی دلفی جهت استفاده از نظر خبرگان در پیش بینی قیمت سهام مورد استفاده قرار گرفته است.

Yim (2002) پژوهشی جهت مقایسه‌ی روشهای پیش‌بینی ARMA و GARCH با شبکه‌ی عصبی انجام داده است. نتایج نشان دهنده‌ی برتری شبکه‌های عصبی نسبت به مدل های کلاسیک GARCH و ARMA بوده است. عباسعلی نوری و همکاران (۱۳۹۲) نیز پژوهشی به منظور مقایسه شبکه های عصبی مصنوعی (ANN) و مدل میانگین متحرک انباشته اتورگرسیو (ARIMA) در مدلسازی و و پیش بینی کوتاه مدت نرخ ارز در ایران صورت دادند. نتایج نشان دهنده آن است که شبکه عصبی مورد استفاده نسبت به مدل ARIMA از قدرت پیش بینی بهتری برخوردار است.

در پژوهشی دیگر داریوش فروغی (۱۳۹۲) به پیش بینی سود هر سهم براساس ترکیب شبکه های عصبی مصنوعی و الگوریتم بهینه سازی حرکت تجمعی ذرات پرداختند. نتایج این مدل نشان می دهد که مدل تک متغیره با دقت ۷۸٫۵٪ و مدل چند متغیره با دقت ۹۱٫۷٪ سود هر سهم را پیش بینی می نماید.

Souto- Maior (2006) به پیش‌بینی جهت حرکت شاخص قیمت سهام برزیل با استفاده از منطق فازی پرداخته است که در نهایت، نتیجه‌ی پیش‌بینی انجام شده، مناسب ارزیابی شده است.

در طی چندین دهه اخیر روش های هوش مصنوعی نظیر الگوریتم ژنتیک و شبکه های عصبی مصنوعی توسط محققان بسیاری مورد استفاده قرار گرفته است (Rumelhart, 1986; Goldberg, 1989). این روش ها به صورت موفقیت آمیزی در حل مسائل مختلف به کار گرفته شده اند. هوش مصنوعی به صورت موفقیت آمیزی به منظور ساخت سیستم های هوشمند بسیاری مورد استفاده قرار گرفته اند. در این بین یکی از حوزه های کاربرد هوش مصنوعی در مورد مسائل مالی است. امروزه محققان متعددی به تحقیق در مورد کاربردهای هوش مصنوعی در حوزه مالی می پردازند (Refenes, 1995; Baba, 2002).

Alejandro Rodríguez و دیگران در سال ۲۰۱۱ از شبکه های عصبی به منظور بهبود شاخص‌های تحلیل تکنیکال بهره گرفته‌اند.

در جدید ترین مطالعات از الگوریتم ژنتیک به منظور بهبود پارامترهای پیش بینی، مورد استفاده در تحلیل تکنیکال، و ارتقاء شبکه های ESN به کمک پارامترهای بهبود یافته به منظور پیش بینی نقاط گردش بهره گرفته اند که نتایج این تحقیق عملکرد بهتر رویکرد استفاده شده را نسبت به سیاست خرید و نگهداری نشان داده است (Xiaowei Lin et.al, 2011).

فریدون رهنمای رودپشتی و همکاران (۱۳۹۳) با اتخاذ رویکرد الگوریتم ژنتیک به بهینه سازی پرتفوی متشکل از سهام صندوق های سرمایه گذاری مشترک بورس اوراق بهادار تهران پرداختند. نتایج حاکی از آنست که الگوریتم ژنتیک می تواند جهت انتخاب سبدهای تشکیل شده با استفاده از الگوریتم ژنتیک نسبت به روش سنتی مطلوب تر باشد.

رضا تهرانی و وحید عباسیون (۱۳۹۱) زمانبندی ورود به معاملات سهام با رویکرد تکنیکی را تنها با ابزار شبکه عصبی مورد بررسی قرار دادند. نتیجه کار آنها نشان می دهد که عملکرد سیستم تنها در بازارهای نزولی مناسب بوده است و در بازار صعودی تفاوت معناداری میان سیستم معاملاتی پیشنهادی روش خرید و نگهداری وجود ندارد.

۳- فرضیه پژوهش

"سودآوری سیستم معاملاتی مبتنی بر قواعد تکنیکی بهبود یافته تفاوت معناداری با میزان سودآوری راهبرد خرید و نگهداری در یک دوره سه ساله (مورد بررسی) دارد."

۴- مدل پژوهش و فرآیند اجرای آن

این تحقیق شامل سه فاز مجزا خواهد بود. در فاز اول متغیرها بوسیله الگوریتم ژنتیک بهینه سازی خواهد شد. در فاز دوم روند جاری بازار از طریق استنتاج فازی^۱ تشخیص داده خواهد شد و در فاز سوم متغیرها جمع شده و با کمک شبکه عصبی سیگنال خروجی نهایی به صورت خرید، فروش و یا نگهداری به ارائه خواهد شد.

۴-۱- بهینه سازی متغیرها

در فاز ابتدایی به رفع مشکل عدم تنظیم متغیرهای به کار رفته در تحقیق پرداخته خواهد شد. تغییر در متغیرهای به کار برده شده پاسخ های متفاوتی را صادر کرده و بعضاً سیگنال های نادرستی ارائه داده می شود. در این شرایط فرد بنا به تجربه شخصی خود پارامترها را به صورت تجربی و با سعی و خطا تعیین خواهد نمود. به عنوان مثال برای یک سهام خاص ممکن است میانگین متحرک ۱۰ روزه سیگنال های به نسبت صحیح و به موقعی را ارائه دهد، در صورتیکه در یک سهم دیگر بازه بلندتری نیاز باشد. براین اساس می بایست الگوریتمی تعریف گردد تا تمامی متغیرهای یاد شده را برای هر سهم خاص به درستی تنظیم پارامتر نماید. الگوریتم ژنتیک یکی از مناسب ترین الگوریتم ها به لحاظ یافتن پاسخ های سریع و صحیح خواهد بود.

فرض شود توالی از نقاط معاملاتی مورد انتظار که در آنها سیگنال های خرید و فروش دارایی وجود دارند، به صورت $T = \{T_1, T_2, \dots, T_n\}$ وجود دارد.

برای هر نقطه معاملاتی مورد انتظار (T_i) ما به دنبال سیگنال های عملیاتی S_j که توسط قواعد مختلف تحلیل تکنیکال پیشنهاد می گردند خواهیم بود. پر واضح است که هر سیگنال مابین دو نقطه معاملاتی مورد انتظار قرار می گیرد ($T_{i-1} < S_j < T_{i+1}$).

براساس نوع نقطه معاملاتی یعنی نقطه معاملاتی خرید و نقطه معاملاتی فروش، حالت های ذیل برای تابع برازش متصور است.

(۱) در صورتی که T_i یک نقطه معاملاتی مورد انتظار برای خرید دارایی باشد سه حالت زیر برای تابع برازش وجود دارد:

الف) اگر S_j (سیگنال معاملاتی) یک پیشنهاد برای خرید باشد، مقدار تابع برازش در نقطه T_i به صورت زیر محاسبه می شود:

$$\text{Fitness}(T_i) = \text{Close}(S_j) - \text{Close}(T_i)$$

در معاملات اخیر:

Close (Ti) بیانگر قیمت پایانی در Ti است.

Close (Sj) بیانگر قیمت پایانی در Sj است.

هر چه قیمت پایانی در Sj به قیمت پایانی در Ti نزدیکتر باشد، اندازه تابع برآزش کوچکتر خواهد بود.

ب) اگر Sj سیگنال پیشنهادی فروش باشد و قیمت در آن به قیمت در Ti نزدیک باشد، اندازه تابع برآزش از رابطه زیر محاسبه می گردد:

$$\text{Fitness (Ti)} = 2 \times (\max(\text{close}(\text{Ti}-1:\text{Ti}+1)) - \text{close}(\text{Ti}))$$

شرط نزدیک بودن در رابطه اخیر به صورت زیر است :

$$|\text{close}(\text{sj}) - \text{close}(\text{Ti})| / \text{close}(\text{Ti}) < 0.05$$

در تابع برآزش بالا $\max(\text{close}(\text{Ti}-1:\text{Ti}+1))$ به معنی حداکثر قیمت پایانی مابین نقاط Ti-1 و Ti+1 است. از آنجایی که فروش دارایی در نقاط حداقلی قیمت در روند سیاست معاملاتی اشتباهی است. چنین تصمیمی با جریمه همراه خواهد بود.

ج) در صورتیکه هیچگونه عملیاتی مابین Ti+1-1 و Ti-1+1 پیشنهاد نگردد. جریمه ای برای از دست رفتن فرصت معاملاتی در مدل لحاظ می گردد. که در این حالت تابع برآزش به صورت زیر خواهد بود:

$$\text{Fitness}(\text{Ti}) = \max(\text{close}(\text{Ti}-1+1:\text{Ti}+1-1)) - \text{close}(\text{Ti})$$

۲) به طور مشابه در صورتی که Ti یک نقطه فروش مورد انتظار باشد، تابع برآزش به صورت زیر جریمه خواهد بود:

الف) اگر Sj یک سیگنال پیشنهادی فروش باشد تابع برآزش در Ti به صورت زیر خواهد بود:

$$\text{Fitness (Ti)} = \text{close}(\text{Ti}) - \text{close}(\text{Sj})$$

ب) اگر قیمت در Sj به قیمت در Ti نزدیک باشد و Sj اشتبهاً به عنوان یک نقطه خرید در نظر گرفته شود، تابع برآزش به صورت زیر خواهد بود:

$$\text{Fitness}(\text{Ti}) = 2 \times \text{close}(\text{Ti}) - \min(\text{close}(\text{Ti}-1+1:\text{Ti}+1-1))$$

به طوریکه $\min(\text{close}(\text{Ti}-1+1:\text{Ti}+1-1))$ به معنی حداقل قیمت پایانی مابین Ti-1+1 و Ti+1-1 است. ج) در صورتی که فرصت معاملاتی در فاصله Ti+1-1 و Ti-1+1 از دست برود، تابع برآزش به صورت زیر خواهد بود:

$$\text{Fitness}(\text{Ti}) = \text{close}(\text{Ti}) - \min(\text{close}(\text{Ti}-1+1:\text{Ti}+1-1))$$

در نهایت تابع برازش توالی نقاط معاملاتی $S = \{S_1, S_2, \dots, S_n\}$ به صورت زیر تعریف می شود:

$$\text{Fitness}(S) = \sum_{i=1}^n \text{fitness}(T_i)$$

انتظار می رود الگوریتم ژنتیک بتواند ترکیبی بهینه از پارامترها را در اختیار گذارد به طوریکه میزان تابع برازش حداقل گردد.

در اینجا دو حالت متصور است:

الف- اگر $Z_t \geq 0$ ، به دنبال عددی مثل t_1 خواهیم بود که نزدیکترین نقطه به t ($t_1 < t$) بوده و شرایط $Z_t - 1 \leq 0$ و $Z_{t_1} > 0$ را برآورد کند. فرض کنید

$$\overline{Mzt} = \max(z_1, z_{t_1+1}, \dots, z_t)$$

آنگاه در صورتی که دو شرط ذیل تحقق یابد، زمان خرید دارایی است:

$$\overline{Mzt} > b \times c$$

$$Z_t < \min(\overline{Mzt}/a, c)$$

لازم به ذکر است که در دو رابطه اخیر a, b, c پارامتر هستند.

ب- در صورتیکه $Z_t < 0$ به دنبال عددی مثل K_1 خواهیم بود که نزدیکترین نقطه به K ($K_1 < K$) خواهد بود و شرایط $Z_{K_1} < 0$ و $Z_{K_1-1} \geq 0$ را برآورده کند. فرض کنید

و $\overline{Mwk} = \max(W_{k_1}, W_{k_1+1}, \dots, W_k)$ و $W_k = -Z_k$ ($k=k_1, \dots, W_k$) و در صورتیکه شرایط ذیل تحقق پیدا

کند، زمان فروش دارایی است:

$$\overline{Mwk} > \bar{b} \times \bar{c}$$

$$W_k < \min(\overline{Mwk}/\bar{a}, \bar{c})$$

در اینجا نیز \bar{a} و \bar{b} و \bar{c} پارامتر هستند.

۴-۲- تشخیص موقعیت جاری بازار

متغیرهای مورد استفاده در تحقیق هرکدام به تناسب در نوع خاصی از بازار به لحاظ دارای روند یا بدون روند، سیگنال مناسب را صادر خواهد نمود. به عنوان مثال استفاده از نوسان نمای استوکاستیک γ در یک بازار دارای روند (صعودی یا نزولی) از کارایی مناسبی برخوردار نخواهد بود. اما همین نوسان نما در یک بازار خنثی کاربرد بسیار مناسب تری را خواهد داشت. براین اساس لزوم تعیین نوع و موقعیت جاری بازار پیش از استفاده از این متغیرها محسوس است.

اما تعیین موقعیت بازار یکی از اصلی ترین چالش های فعالین بازار سرمایه محسوب می گردد. چرا که هیچگونه ملاک و معیار متقنی برای آن وجود ندارد. به طوریکه یک کارشناس ممکن است موقعیت بازار را خنثی و دیگر دارای روند پندارد. این مساله نیز بیشتر یک امر شهودی به شمار می آید و هیچگونه قطعیت در آن وجود ندارد.

یکی از ابزارهای قوی ریاضی که امروزه استفاده از آن به عنوان بیان و توصیف عدم قطعیت کاربرد فراوانی پیدا کرده، تئوری منطق فازی می باشد. این ابزار، ابزار جدیدی برای حل مشکلاتی است که تئوری احتمالات راهی برای آن ارائه نمی دهد و از دانش انسانی به صورت مستقیم بهره می برد.

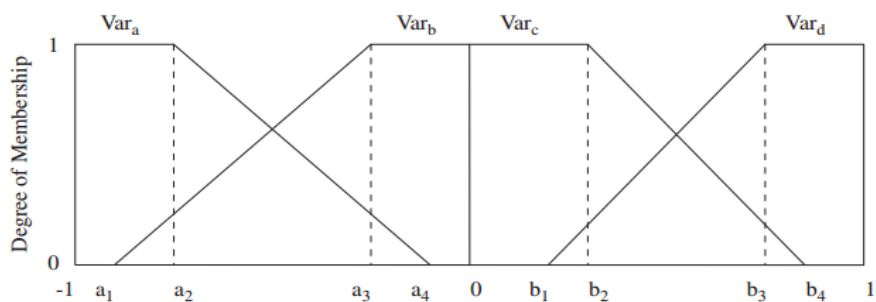
۴-۹-۱- فازی سازی

در این مرحله برای هر متغیر ورودی، توابع عضویت در نظر می گیریم تا ورودی های قطعی تبدیل به فازی شوند و در سیستم استنتاج فازی قرار بگیرند. توابع عضویت انواع مختلفی دارند، مانند مثلثی، ذوزنقه ای، گوسی و غیره، که ما در این تحقیق از نوع ذوزنقه ای استفاده می کنیم. در اینجا سه متغیر شامل فاصله از میانگین متحرک (d)، شیب میانگین متحرک (s) و شاخص حرکت جهت دار میانگین (adx) به عنوان متغیرهای زبانی ورودی پیش نهاد می گردند. تمامی این متغیرها مطابق رابطه ذیل به صورت بازه عددی میان ۱- و ۱ نرمالایز می گردند.

$$v^* = \frac{|2v - (\max(v) + \min(v))|}{\max(v) - \min(v)}$$

که در آن $\max(v)$ بیشترین مقدار در داده های آموزش و $\min(v)$ کمترین میزان در کل داده های آموزش می باشد.

در شکل زیر نمای تابع عضویت به کار رفته در تحقیق مشخص می باشد که $\text{Var}_a, \text{Var}_b, \text{Var}_c, \text{Var}_d$ مقدار زبانی متغیرهای زبانی می باشند.



شکل ۱- تابع عضویت ذوزنقه ای برای متغیرهای زبانی ورودی

a_1, a_2, a_3, a_4 و b_1, b_2, b_3, b_4 پارامترهایی هستند که شکل تابع عضویت را مشخص می کنند. در جدول شماره ۱ خلاصه ای از بازه انتخابی برای پارامترهای فوق الذکر آمده است:

جدول ۱- بازه های انتخابی برای پارامترهای تابع عضویت

پارامتر	حد بالا	حد پایین
a1	-۰,۵	-۱
a2	-۰,۵	-۱
a3	۰	-۰,۵
a4	۰	-۰,۵
b1	۰,۵	۰
b2	۰,۵	۰
b3	۱	۰,۵
b4	۱	۰,۵

در زیر توابع عضویت به کار رفته در تحقیق به منظور تعیین میزان درجه عضویت یک متغیر ورودی آمده است:

$$\mu_{\text{var}_a}(x) = \begin{cases} 1 & \text{if } x \leq a_2 \\ 0 & \text{if } x \geq a_4 \\ 1 + (x - a_2) \left(\frac{-1}{a_4 - a_2} \right) & \text{if } a_2 < x < a_4 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{var}_b}(x) = \begin{cases} 0 & \text{if } x \leq a_1 \\ 1 & \text{if } x \geq a_3 \\ \left(\frac{x - a_1}{a_3 - a_1} \right) & \text{if } a_1 < x < a_3 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{var}_c}(x) = \begin{cases} 1 & \text{if } x \leq b_2 \\ 0 & \text{if } x \geq b_4 \\ 1 + (x - b_2) \left(\frac{-1}{b_4 - b_2} \right) & \text{if } b_2 < x < b_4 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{var}_d}(x) = \begin{cases} 0 & \text{if } x \leq b_1 \\ 1 & \text{if } x \geq b_3 \\ \left(\frac{x - b_1}{b_3 - b_1} \right) & \text{if } b_1 < x < b_3 \end{cases}$$

مشخصات تمامی متغیرهای زبانی که در این سیستم مورد استفاده قرار گرفته اند در جدول شماره ۲ آمده است.

جدول ۲- خلاصه ای از وضعیت متغیرهای زبانی

مقدار زبانی	بازه	نماد	متغیر زبانی
زیاد (vara) کم (varb) کم (varc) زیاد (vard)	[-1, 0] [0, 1]	-d +d	d (MA _t - Pt)
شیبدار (vara) کم شیب (varb) شیبدار (varc) کم شیب (vard)	[-1, 0] [0, 1]	-s +s	SMA (MA _t - MA _{t-10})
قوی (vara) ضعیف (varb) ضعیف (varc) قوی (vard)	[-1, 0] [0, 1]	-adx +adx	Adx
جهت دار (vara) خنثی (varb) خنثی (varc) جهت دار (vard)	[-1, 0] [0, 1]	خنثی جهت دار	موقعیت

۳-۲-۴- پایگاه قواعد

پایگاه قواعد به مجموعه "اگر - آنگاه" فازی گفته می شود که قلب سیستم استنتاج فازی را تشکیل می دهد. دو روش عمده برای تعیین قواعد فازی وجود دارد: یکی استفاده از دانش خبره و دیگری استفاده از دانش های خود سازمانده، مانند الگوریتم های نوین و شبکه عصبی است که در این تحقیق از روش اول برای تعیین قواعد فازی استفاده شده است.

پایگاه دانش برای استنتاج فازی در این سیستم به صورت زیر تعریف می شود:

قاعده ۱: اگر +d زیاد و -s کم باشد، آنگاه روند خنثی است.

قاعده ۲: اگر -d کم و -s زیاد، آنگاه روند جهت دار است.

قاعده ۳: اگر -d کم و -s کم و adx قوی، آنگاه روند جهت دار است.

قاعده ۴: اگر -d کم و -s کم و adx ضعیف، آنگاه روند خنثی است.

قاعده ۵: اگر +d کم و -s زیاد و adx قوی، آنگاه روند جهت دار است.

قاعده ۶: اگر +d کم و -s کم و adx قوی، آنگاه روند جهت دار است.

قاعده ۷: اگر +d کم و -s کم و adx ضعیف، آنگاه روند خنثی است.

قاعده ۸: اگر -d زیاد و -s کم و adx ضعیف، آنگاه روند خنثی است.

- قاعده ۹: اگر $d+$ کم و $s+$ زیاد، آنگاه روند جهت دار است.
 قاعده ۱۰: اگر $d+$ کم و $s+$ کم و adx قوی، آنگاه روند جهت دار است.
 قاعده ۱۱: اگر $d+$ کم و $s+$ کم و adx ضعیف، آنگاه روند خنثی است.
 قاعده ۱۲: اگر $d-$ کم و $s+$ زیاد، آنگاه روند جهت دار است.
 قاعده ۱۳: اگر $d-$ کم و $s+$ کم و adx قوی، آنگاه روند جهت دار است.
 قاعده ۱۴: اگر $d-$ کم و $s+$ کم و adx ضعیف، آنگاه روند خنثی است.

۴-۲-۴- دیفازی کردن

دیفازی کردن، فرآیندی است که یک مجموعه فازی را به یک عدد قطعی تبدیل می‌کند. بنابراین ورودی فرآیند دیفازی یک مجموعه فازی (حاصل اجتماع مجموعه های فازی خروجی) و خروجی آن یک عدد است. روش های مختلفی برای این منظور استفاده می‌شود که ما در این تحقیق با استفاده از روش مرکز ثقل (COG) خروجی قطعی λ را ایجاد خواهیم نمود.

$$COG = \frac{\int_a^b \mu_A(x) \cdot x \, dx}{\int_a^b \mu_A(x) \, dx}$$

خروجی قطعی ایجاد شده به وسیله درجه اطمینان تعریف شده توسط خودمان مقایسه می‌شود. برای این اساس اگر COG بیشتر از ۰,۶ باشد، بازار دارای روند و در غیراینصورت با بازار خنثی مواجه خواهیم بود.

۴-۳- ایجاد سیگنال نهایی

در دو فاز قبلی به بهینه سازی و سپس تعیین موقعیت بازار پرداخته شد. در فاز دوم پس از تعیین موقعیت بازار با توجه به تفکیک ایجاد شده میان متغیرها، از آنها سیگنال های خروجی اخذ خواهد شد. نوع متغیرها به صورت ذیل قابل تفکیک است:

متغیرهای مورد استفاده در بازار دارای روند ۹:

میانگین متحرک دابل ۱۰، شاخص میانگین جهت دار ۱۱، پارابولیک سار ۱۲، میانگین متحرک همگرایی / واگرایی ۱۳، اندیکاتور حجمی او-بی-وی ۱۴

متغیرهای مورد استفاده در بازار خنثی: ۱۵

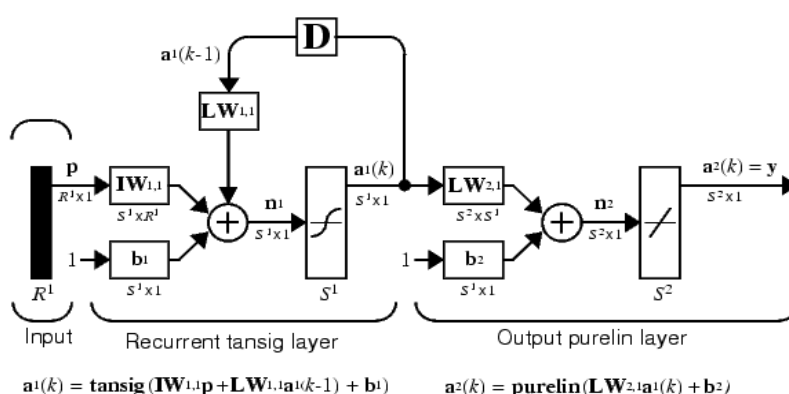
شاخص شتاب ۱۶، شاخص قدرتی نسبی ۱۷، شاخص استوکاستیک، اندیکاتور میانگین متحرک همگرایی / واگرایی، شاخص جریان پول ۱۸

هرکدام از شاخص های فوق الذکر سیگنالی صادر خواهند نمود که لزوماً با دیگری برابر نیست. از اینرو می‌بایست ۵ سیگنال صادره یکی گردد. ابزار مورد استفاده در این ابزار یک شبکه عصبی خواهد بود.

۴-۳-۱- معماری شبکه عصبی مورد استفاده در تحقیق

هر قاعده تحلیل تکنیکال به روش خود با توجه به قیمت پایانی به پیش بینی آینده قیمت و اینکه آیا برگشت روند در نزدیکی قیمت پایانی فعلی وجود خواهد داشت، می پردازد. در این حالت دو وضعیت متصور هستیم. در صورتیکه زمان خرید دارایی باشد، قاعده تکنیکی سیگنال خرید (۱-) را تولید خواهد کرد و در صورتی که زمان فروش دارایی باشد، سیگنال فروش (۱+) را تولید خواهد نمود. همچنین در صورتیکه هیچ پیشنهادی مبنی بر خرید یا فروش دارایی در اختیار نگذارد سیگنال صفر (۰) را تولید خواهد نمود. ممکن است قواعد مختلف سیگنال های متفاوتی را تولید کنند. در اینجا شبکه عصبی به کمک مدل خواهد آمد. شبکه عصبی که در اینجا یک شبکه Elman است، با اتخاذ سیگنال های مختلف از قواعد تکنیکی، تعیین خواهد نمود که سیگنال درست، یک سیگنال خرید است و یا سیگنال فروش. شبکه Elman نوعی از شبکه های عصبی پس انتشار ۱۹ با دو لایه اصلی است. در این نوع شبکه یک نوع فرآیند بازخورد میان خروجی لایه های میانی با ورودی برقرار است. این بازخورد این امکان را برای شبکه فراهم می سازد که بیشترین و مؤثرترین ارتباط بین ورودی ها و خروجی ها را شناسایی کند. این شبکه قابلیت ثبت و نگهداری بردارهای هدف پایدار را دارد. این بردارهای پایدار به عنوان حافظه شبکه در نظر گرفته می شوند (Elman, 1990).

شبکه المان شبکه ای تکرارپذیر با دولایه ۲۰ اصلی است. در این نوع شبکه ارتباطی بین خروجی لایه اول با ورودی لایه نخست برقرار است. این اتصال برگشت پذیر ۲۱ شبکه را قادر می سازد از یک سو الگوهای متغیر در زمان را شناسایی و از سوی دیگر چنین الگوهایی را ایجاد نماید (Li et al, 1989). شبکه Elman دارای نورون های tansig در لایه پنهان ۲۲ (تکرارپذیر) خود است و نیز نورون های purelin در لایه خروجی ۲۳ خود. چنین ترکیبی شبکه را قادر خواهد ساخت تقریباً هر نوع تابعی (با تعداد محدود ناپیوستگی) را تقریب زند. همچنین بایست در لایه پنهان تعداد کافی نورون در نظر گرفته شود.



شکل ۲- نمایی از شبکه المان

مهمترین تفاوت شبکه دولایه ای Elman با سایر شبکه های دولایه ای، این است که ارتباط در لایه نخست شبکه تکرارپذیر است. تاخیری که در این نوع ارتباط به وقوع می پیوندد موجب می گردد تا مقادیر گذشته در شبکه ذخیره و در گام های بعدی مورد استفاده قرار گیرد. سازوکار بازخورد ۲۴ در این شبکه به گونه ای است که حتی دو شبکه Elman با وزن ها و Bias های مشابه و با ورودی های یکسان می توانند خروجی های متفاوتی داشته باشند.

۵- روش شناسی پژوهش

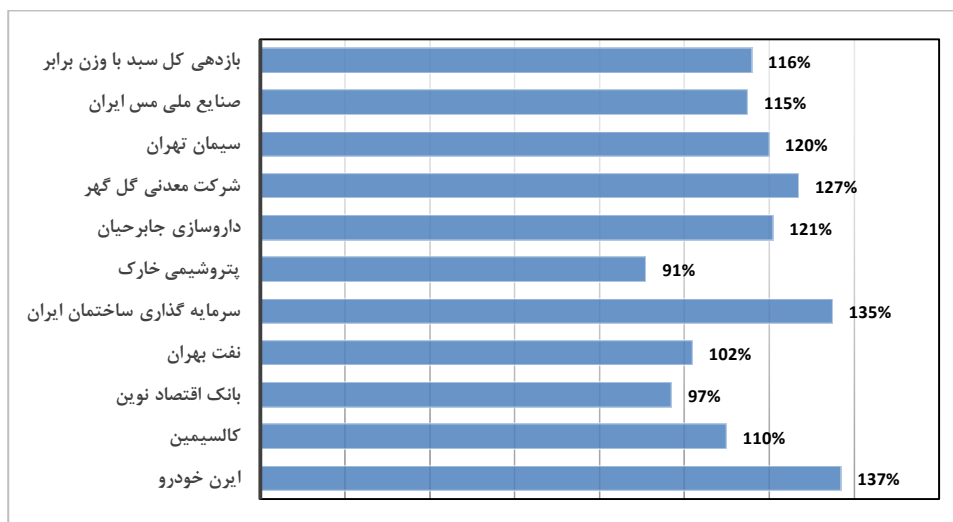
جامعه آماری این تحقیق شرکت های عضو شاخص ۵۰ شرکت بورس اوراق بهادار تهران می باشد که ۱۰ نمونه به صورت تصادفی از میان این ۵۰ نماد انتخاب شده اند. بازه تحقیق سال های ۸۵ تا ۹۳ می باشد سری زمانی به فرکانس روزانه از سایت www.tsetmc.com استخراج می شود. این اطلاعات شامل قیمت آغازین ۲۵، قیمت حداکثر ۲۶، قیمت حداقل ۲۷ و قیمت پایانی نماد در هر روز است. لازم به ذکر از داده های مربوط به قیمت تعدیل شده هر نماد در این پژوهش بهره گرفته شده است. تمامی فازهای مسئله شامل الگوریتم ژنتیک، منطق فازی و شبکه عصبی در نرم افزار متلب کدنویسی و پیاده سازی گردیده است. داده های قیمتی به صورت فایل اکسلی از طریق نرم افزار متلب فراخوانی شده و وارد منطق کدها می گردد. در انتهای اجرای برنامه نیز دستورات به صورت برداری و شامل دستورات " خرید"، "فروش" و "نگهداری" در طی سری زمانی ارائه می گردد.

۶- یافته های پژوهش

در جدول ۳ مجموع بازده حاصل از خرید و فروش ۱۰ نماد از ابتدای سال ۱۳۹۰ تا پایان آذرماه ۱۳۹۳ در دو رویکرد آمده است. در رویکرد اول سیاست معاملاتی مبتنی بر خرید دارایی در ابتدای هر سال و نگهداری آن دارایی تا پایان هر سال می باشد. رویکرد دوم استفاده از سیستم معاملاتی پیشنهادی در تحقیق می باشد. در سیستم پیشنهادی معاملاتی که در سود هستند، مادامیکه سیگنالی به منظور خروج یا موقعیت فروش در اندیکاتورها صادر نشده است، باز خواهند ماند و به محض ارائه سیگنال، معامله بسته خواهد شد. در تمامی نمادها شاهد وضعیت بهتر رویکرد معاملاتی بر مبنای قواعد بهبود یافته تکنیکال هستیم و به تبع در مجموع نیز این تفاوت مشهود است. در نمودار شکل ۳ مقایسه ای بین متوسط بازدهی سالیانه در مورد هر سهم در سیستم معاملاتی و سیاست خرید و نگهداری انجام شده است. در نمودار زیر تفاوت مجموع بازدهی دو رویکرد در هر یک از ۱۰ نماد آورده شده است. همانطور که در نمودار مشخص است در هر ۱۰ دارایی شاهد عملکرد بهتر سیستم معاملاتی پیشنهادی نسبت به سیاست خرید و نگهداری دارایی هستیم.

جدول ۳- بازدهی حاصل از دو رویکرد

ردیف	نام شرکت	رویکرد خرید و نگهداری	رویکرد معاملات هوشمند
۱	ایرن خودرو	٪۱۱۹	٪۲۵۶
۲	کالسیمین	٪۱۰۲	٪۲۱۲
۳	بانک اقتصاد نوین	٪۱۲۵	٪۲۲۲
۴	نفت بهران	٪۲۶۵	٪۳۶۷
۵	سرمایه گذاری ساختمان ایران	٪۱۱۰	٪۲۴۵
۶	پتروشیمی خارک	٪۱۸۱	٪۲۷۲
۷	داروسازی جابرحیان	٪۲۶۸	٪۳۸۹
۸	شرکت معدنی گل گهر	٪۱۶۴	٪۲۹۱
۹	سیمان تهران	٪۱۷۰	٪۲۹۰
۱۰	صنایع ملی مس ایران	٪۲۷	٪۱۴۲
	بازدهی کل سبد با وزن برابر	٪۱۵۳	٪۲۶۹



شکل ۳- تفاوت در مجموع بازدهی دو رویکرد در هر نماد

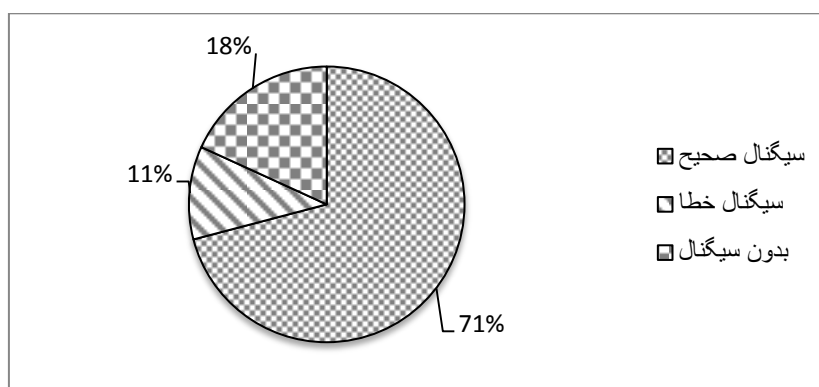
در جدول شماره ۴ مقایسه ای بین سیگنال های واقعی بر روی داده های تست و سیگنال های پیشنهادی مدل صورت گرفته است. منظور از سیگنال های صحیح، آن دسته از سیگنال های خرید و فروشی است که متناظر با سیگنال واقعی در نقاط برگشت روند است و سیگنال های غلط هم سیگنال های

مغایر با موقعیت معاملاتی در نقطه برگشت روند است. همچنین سیگنال های صفر متناظر با نقاط برگشت روندی است که سیستم هیچگونه سیگنال معاملاتی تولید نکرده است.

جدول ۴. فراوانی سیگنال های معاملاتی پیشنهاد شده توسط سیستم

ردیف	نام شرکت	تعداد سیگنال های معاملاتی صحیح پیشنهادی توسط شبکه	تعداد سیگنال های معاملاتی غلط پیشنهادی توسط شبکه	تعداد سیگنال های صفر
۱	ایرن خودرو	۱۶	۴	۴
۲	کالسیمین	۱۹	۳	۷
۳	بانک اقتصاد نوین	۱۷	۲	۴
۴	نفت بهران	۱۲	۱	۲
۵	سرمایه گذاری ساختمان ایران	۱۴	۳	۴
۶	پتروشیمی خارک	۱۳	۲	۲
۷	داروسازی جابر حیان	۱۲	۱	۳
۸	شرکت معدنی گل گهر	۱۷	۲	۵
۹	سیمان تهران	۱۵	۲	۴
۱۰	صنایع ملی مس ایران	۲۱	۴	۵

همانگونه که ملاحظه می گردد بیشترین فراوانی سیگنال های تولید شبکه، سیگنال های صحیح می باشد. به طوریکه بیش از ۶۳٪ از سیگنال های صادره صحیح بوده و تنها ۱۶٪ از آن اشتباه بوده است. در ۲۱٪ از موارد نیز سیستم قادر به ارائه سیگنال در زمان مناسب نبوده است. (شکل ۴)



شکل ۴. نمودار فراوانی سیگنال های درست و غلط در شبکه

۶-۱- آزمون فرض پژوهش

در این بخش از آزمون ناپارامتریک U یا همان من-ویتنی برای مقایسه میانگین دو جامعه و آزمون فرض پژوهش استفاده می کنیم. در جدول زیر نتیجه آزمون میانگین دو جامعه (میانگین بازدهی سبد در هر سال) نشان داده شده است. (جدول ۴)

جدول ۴- خروجی آزمون ناپارامتریک

Ranks			
رویکرد	N	Mean Rank	Sum of Ranks
بازدهی	1	10	68.00
	2	10	142.00
	Total	20	

جدول ۵- گزارش آماره آزمون من-ویتنی

Test Statistics ^a	
	بازدهی
Mann-Whitney U	13.000
Wilcoxon W	68.000
Z	-2.797
Asymp. Sig. (2-tailed)	.005
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.004 ^b

با توجه به اینکه مقدار sig. از $\alpha = 0.05$ کوچکتر است (آماره آزمون در ناحیه رد قرار گرفته)، لذا فرضیه H_0 یعنی برابری میانگین عملکرد دو رویکرد معاملاتی رد می شود. نتایج آزمون مقایسه میانگین ها برای دو نمونه مستقل نشان می دهد که تفاوت معناداری بین میانگین سودآوری دو رویکرد معاملاتی در سطح اطمینان ۹۵٪ وجود دارد. به عبارت دیگر سیستم معاملاتی مبتنی بر قواعد تکنیکال از عملکرد بسیار بهتری نسبت به سیاست خرید و نگهداری دارای برخوردار بوده است.

۷- نتیجه گیری و بحث

نتایج به دست آمده نشان می دهد، این رویکرد از پتانسیل بسیار خوبی در سودآوری و اتخاذ تصمیمات معاملاتی برخوردار است. در واقع سیستم هوشمند معاملاتی می تواند به عنوان ابزار کمکی و حتی اصلی در تصمیم گیری مورد استفاده قرار گیرد. نتایج این تحقیق نشان می دهد علاوه بر کسب سودآوری قابل توجه از سیستم می توان پایداری و ثبات را در عملکرد به همراه داشت.

رضا تهرانی و وحید عباسیون (۱۳۸۷) زمانبندی ورود به معاملات سهام با رویکرد تکنیکی را تنها با ابزار شبکه عصبی مورد بررسی قرار دادند. نتیجه کار آنها نشان می‌دهد که عملکرد سیستم تنها در بازارهای نزولی مناسب بوده است و در بازار صعودی تفاوت معناداری میان سیستم معاملاتی پیشنهادی روش خرید و نگهداری وجود ندارد.

که ما در تحقیق خود با تعیین نوع بازار پیش از ورود به فاز زمانبندی معامله، پاسخگویی سیستم در هر دو بازار (صعودی و نزولی) را بالا بردیم.

لین و همکاران (۲۰۱۱) با تنظیم پارامتر اندیکاتورها بوسیله الگوریتم ژنتیک و همچنین هدایت آنها به شبکه عصبی، نتیجه گرفتند که سیستم پیشنهادی متشکل از دو فاز مجزا در هر دو بازار صعودی و نزولی نتیجه بهتری نسبت به سیاست خرید و نگهداری دارد. نتیجه کار آنها نشان داد در حالیکه در دوره تست سیاست خرید و نگهداری ۲۰٫۵٪ بازده داشته است، سیستم پیشنهادی با بازده ۴۱٫۶٪ درصد مواجه بوده است. تعداد سیگنال‌های صحیح ۶۴٪ و اشتباه ۳۶٪ در سیستم آنها بود. این در حالیست که در سیستم پیشنهادی ما با یک فاز اضافی شاهد سیگنال خطای تنها ۱۱ درصد هستیم.

متوسط عملکرد سیستم معاملاتی طراحی شده در تحقیق نشان می‌دهد تحلیل تکنیکال در بازار ایران از کارایی لازم برای معامله گران بازار برخوردار است. هوش مصنوعی می‌تواند به منظور افزایش کارایی معاملاتی از طریق بهینه‌یابی پارامترهای تصمیم‌گیری قواعد تکنیکال به کار برده شود. همچنین با بهره‌گیری از منطق فازی به خوبی روش شهودی می‌توان موقعیت و شرایط بازار را تشخیص داد. مهمترین نتایج این مطالعه را می‌توان به شرح ذیل دانست:

- تحلیل تکنیکال در بازار معاملاتی ایران از کارایی لازم برخوردار است.
- رویکرد فعال در بازار ایران از پتانسیل بیشتری نسبت به رویکرد منفعلانه برخوردار است.
- هوش مصنوعی می‌تواند به منظور افزایش کارایی معاملاتی از طریق بهینه‌یابی پارامترهای تصمیم‌گیری قواعد تکنیکال به کار برده شود.
- عملکرد تحلیل تکنیکال در این مطالعه می‌تواند دلیلی بر کارایی ضعیف بازار باشد.
- با بهره‌گیری از منطق فازی به خوبی روش شهودی می‌توان موقعیت و شرایط بازار را تشخیص داد. مهمترین موضوعات پیشنهادی برای مطالعات آتی به شرح ذیل می‌تواند باشد:

(۱) مقایسه عملکرد سیستم معاملاتی مبتنی بر تحلیل تکنیکال با عملکرد سایر سیاست‌های معاملاتی نظیر سیاست‌های معکوس و مومنتوم

(۲) در این تحقیق وزن دارایی‌های سبد یکسان لحاظ گردید. می‌توان با توزیع وزنی دیگر و نیز اعمال بالانس مجدد^{۲۸} میزان سرمایه‌گذاری در دارایی‌ها سیستم معاملاتی را ایجاد نمود و عملکرد آن را مورد ارزیابی قرار داد.

(۳) به دلیل تنوع بسیار بالای قواعد تکنیکال، بهره‌گیری از تعداد بیشتری از این قواعد برای تولید سیگنال معاملاتی می‌تواند از موضوعات جذاب تحقیقاتی باشد.

۴) مطالعه بر روی حد زیان^{۲۹} و حد سود^{۳۰} برای خروج از موقعیت معاملاتی در زمان مناسب، به گونه ای که میزان سودآوری سیستم حداکثر گردد. لازم به یادآوری است که در این پژوهش حدود زیان و سود به وسیله سعی و خطا مشخص گردیده اند و شاید بتوان رویکرد عملی مناسبی را در تعیین این حدود پیشنهاد داد.

۵) بهره گیری از سایر الگوریتم های فراابتکاری در فاز اول و سوم همچون تغییر نوع شبکه و جایگزینی سایر الگوریتم ها با ژنتیک و مقایسه آن با تحقیق موجود.

فهرست منابع

- * داگلاس، مارک (۱۳۸۷)، "تحلیل بنیادی، تحلیل تکنیکال یا ذهنی"، ترجمه هاشم پور، ریحانه، نشر چالش.
- * مورفی، جان (۱۳۸۷)، "تحلیل تکنیکال در بازار سرمایه"، ترجمع و اقتباس: کامیار فراهانی فرد، رضا قاسیمان لنگرودی، انتشارات چالش.
- * محمدی، علی (۱۳۹۱)، "استراتژی های معامله در بازار سرمایه"، انتشارات آراد.
- * عالم تبریز، اکبر و مصطفی زندیه (۱۳۹۰)، "الگوریتم های فراابتکاری در بهینه سازی ترکیبی"، انتشارات صفار.
- * رهنمای روپشتی، کاظم چاوشی، ابراهیم صابر، (۱۳۹۳)، "بهینه سازی پرتفوی متشکل از سهام صندوق های سرمایه گذاری مشترک بورس اوراق بهادار تهران با رویکرد الگوریتم ژنتیک"، فصلنامه دانش سرمایه گذاری، سال سوم، شماره دوازدهم.
- * داریوش فروغی، حیدر فروغ نژاد، منوچهر میرزایی، (۱۳۹۲)، "پیش بینی سود هرسهم: ترکیب شبکه های عصبی مصنوعی و الگوریتم بهینه سازی حرکت تجمعی ذرات"، فصلنامه دانش سرمایه گذاری، سال دوم، شماره ششم.
- * عباسعلی ایونوری، فرداد فرخی، سیده فاطمه شجاعیان، (۱۳۹۲)، "مقایسه عملکرد شبکه های عصبی مصنوعی (ANN) و مدل میانگین متحرک انباشته اتورگرسیو (ARIMA) در پیش بینی نرخ ارز در ایران"، فصلنامه دانش سرمایه گذاری، سال سوم، شماره دهم.
- * رضا تهرانی، وحید عباسیون، (۱۳۸۷)، "کاربرد شبکه های عصبی مصنوعی در زمانبندی معاملات سهام: بارویکرد تحلیل تکنیکی"، پژوهش های اقتصادی، هشتم، اول.
- * X. Lin, Z. Yang, Y. Song, (2011), "Intelligent stock trading system based on improved technical analysis and Echo State Network", Expert Systems With Applications, 34, 620-627.
- * N. Baba, T. Kawachi, T. Nomura, Y. Sakatani, (2004), "Utilization of NNs & Gas for improving the traditional technical analysis in the financial market", SICE annual Conference, 2(2), 1409-1412.
- * D. Bao, Z. Yang, (2008), "Intelligent Stock trading system by turning point confirming and probabilistic reasoning", Expert System With Applications, 34, 620-627.
- * J.H. Holland, (1992), "Adaption in natural and artificial systems". Ann Harbor, MI: MIT Press.

- * H. Jaeger, (2001), "The Echo State approach to analyzing and training recurrent neural network", GMD-German National Research Institute for Computer Science.
- * H. Jaeger, H. Hass, (2004), "Harnessing nonlinearity: Predicting Chaotic systems and saving energy in wireless communications", Science, 304, 78-80.
- * M. Kim, S.H. Min, I. Han, (2006), "An evolutionary approach to the combination of multiple classifiers to predict a stock price index, Expert Systems With Applications", 31, 241-247.
- * [H.J. Kim, K.S. Shin, (2007), " A hybrid approach based on neural network and genetic algorithms for detecting temporal patterns in stock markets, Applied Soft Computing, 7, 569-576.
- * B. Vanstone, G. Finni, (2009), "An empirical methodology for developing stock market trading systems using artificial neural networks", Expert systems With Application, 36, 6668-6680.
- * S.N. Neftci, A.J. Policano,(1984), "Can chartists outperform the market? Market Efficiency tests for Technical Analysis", Journal of futures market, 4, 465-478.
- * J.J. Murphy, (1988)," Intermarket Analysis", Intermarket, 202-21.
- * S.N. Neftci, (1991), "Naïve Trading rules in Financial Markets and Wiener-kolmogrov Prediction Theory: A Study of Technical Analysis, Journal of Business, 549-571.
- * W. Brock, J. Lakonishok, B. Lebaron, (1992), "Simple Technical Trading Rules and the Stochastic Properties Of stock Return", Journal of Finance, 47, 1731-1764.
- * B. Lebaron, (1997), "Technical Trading rules and regime shifts in foreign exchange", Butterworth Heinemann.
- * B.N. Lehmann, Fads, (1990), " Martingales and Market Efficiency", The Quarterly journal of Economics, 1, 1-28.
- * N. Jegadeesh, (1990), "Evidence of Predictable Behavior of Security Returns", Journal of Finance, 3, 881-898.
- * J.J. Siegel, (2002), "Stocks for the Long Run", McGraw-Hill.
- * H. Pan, D. Sornette, K. Kortanek, (2006), "Intelligent Finance-An Emerging Direction", Quantitative Finance, 4, 273-277.
- * B. Vanstone, C. Tan, (2003), "A survey of the Application of Soft Computing to Investment and Financial Trading", Bond University.
- * C.N.W. Tan, (2001), "Artificial Neural Network: Applications in Financial Distress Prediction and Foreign Exchange Trading", Gold Coast, QLD:Wilberto.

یادداشت‌ها

- ¹ Fuzzy Inference system
- ² Soft Computing technics
- ³ Genetic Algorithm
- ⁴ Peaks
- ⁵ Bottoms
- ⁶ Fuzzy Inference system
- ⁷ Stochastic Oscillator
- ⁸ Crisp
- ⁹ Trending Market
- ¹⁰ Double Moving Average
- ¹¹ ADx
- ¹² Parabolic SAR

- ¹³ MACD
- ¹⁴ OBV
- ¹⁵ None Trending Market
- ¹⁶ Momentum
- ¹⁷ RSI
- ¹⁸ Money Flow Index
- ¹⁹ Back Propagate
- ²⁰ Layer
- ²¹ Recurrent
- ²² Hidden Layer
- ²³ Output Layer
- ²⁴ Feedback
- ²⁵ Open Price
- ²⁶ High Price
- ²⁷ Low Price
- ²⁸ Rebalancing
- ²⁹ Stop Loss
- ³⁰ Take Profit