فصلنامه اقتصاد کاربردی
دوره ۷، شماره ۲۲- پائیز ۱۳۹۶

# پیش‌بینی روند تغییرات قیمت سهام با به‌کارگیری شاخص‌های تحلیل تکنیکی و استفاده از روش ترکیبی الگوریتم ژنتیک و شبکه عصبی مصنوعی: مطالعه موردی سهام ایران خودرو

زینب آذریان[۱] - سید مهدی همایونی[۲]

تاریخ دریافت: ۹۶/۶/۱۳ تاریخ پذیرش: ۹۶/۹/۱۳

**چکیده**

همواره پیش‌بینی دقیق روند بازار سهام برای تصمیم‌گیری‌های مالی سرمایه‌گذاران مهم بوده است. استفاده از مجموعه‌ای از شاخص‌های تحلیل تکنیکی یکی از پرکاربردترین روش‌های پیش‌بینی‌های مالی است. تعیین پارامترهای مناسب این شاخص‌ها و همچنین ترکیب آن‌ها یکی از چالش‌های پژوهشگران است. از طرف دیگر، ماهیت غیرخطی و پویای تغییرات در روند بازار سهام موجب استفاده گسترده از روش‌های پیش‌بینی غیرخطی همچون شبکه عصبی مصنوعی شده است. با وجود استفاده گسترده از شاخص‌های تحلیل تکنیکی به عنوان ورودی شبکه‌های عصبی مصنوعی، تاکنون بهینه‌سازی پارامترهای شاخص‌های تحلیل تکنیکی به عنوان ورودی شبکه عصبی مصنوعی پژوهش نشده است. با توجه به روند تغییرات انحصاری سهام یک شرکت نسبت به سایر شرکت‌ها، استفاده از مجموعه پارامترهای پیش‌فرض یا یکسان برای تمام انواع سهام منطقی نیست. در این پژوهش، پارامترهای مجموعه‌ای از شاخص‌های تحلیل تکنیکی برای سهام یک شرکت با استفاده از الگوریتم ژنتیک بهینه شده است و به شبکه عصبی مصنوعی به عنوان ورودی داده می‌شود. از این روش ترکیبی برای پیش‌بینی روند تغییرات قیمت سهام روز بعد استفاده شده است. در این روش، فرض شده است که فرد سرمایه‌گذار براساس پیش‌بینی تصمیم می‌گیرد، که روز بعد، سهام را بخرد، بفروشد، یا نگه دارد. برای ارزیابی عملکرد روش ترکیبی ارائه شده، از یک شبکه عصبی مصنوعی با استفاده از شاخص‌های تحلیل تکنیکی با پارامترهای پیش‌فرض نیز جهت پیش‌بینی روند تغییرات قیمت سهام استفاده شده است. این دو روش برای داده‌های واقعی سهام شرکت ایران خودرو اجرا شده که نتایج نشان دهنده برتری روش ترکیبی با ۲۵،۱٪ کاهش در خطای پیش‌بینی نسبت به روش ساده است.

**طبقه‌بندی JEL**: C61 ،C53 ،C45 ،G17 ،G10

**واژه‌های کلیدی:** شاخص‌های تحلیل تکنیکی، الگوریتم ژنتیک، شبکه عصبی مصنوعی، بورس اوراق بهادار

[۱] دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه مهندسی صنایع، واحد نجف‌آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف‌آباد، ایران
*ze_aza81@yahoo.com*
[۲] استادیار، گروه مهندسی صنایع، واحد لنجان، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران (نویسنده مسئول)
*homayouni@iauln.ac.ir*

Archive of SID
www.SID.ir

## ۱- مقدمه

سرمایه‌گذاری در بورس اوراق بهادار، یکی از شکل‌های رایج سرمایه‌گذاری است که بسیاری از افراد و سازمان‌ها برای کسب درآمد و دستیابی به سود به آن روی آورده‌اند. تعیین زمان انجام معاملات به دلیل پیچیدگی بازار سهام و دخالت عوامل متعدد و روابط بین آن‌ها، چندان آسان نیست. همان‌طور که هر متخصصی برای استفاده مناسب از اطلاعات خود، از ابزارهای مختلفی استفاده می‌کند، سرمایه‌گذاران نیز باید برای تعیین زمان انجام معاملات و سرمایه‌گذاری در بورس اوراق بهادار، ابزاری در اختیار داشته باشند تا به کمک آن‌ها بتوانند مسیر حرکت قیمت سهام را پیش‌بینی کنند.

در میان ابزارهای مختلف می‌توان به استفاده از شاخص‌های تحلیل تکنیکی، برای تولید سیگنال‌های تجاری (خرید یا فروش)، اشاره کرد. بسیاری از محققان در زمینه کاربرد شاخص‌های تحلیل تکنیکی مطالعاتی را به عمل آورده‌اند که می‌توان به پژوهشگرانی مانند رزمی و همکاران (۱۳۸۶)، نجارزاده و گداری (۱۳۸۷) و تهرانی و اسماعیلی (۱۳۹۱) اشاره نمود. آنها در تحقیقات خود برتری استفاده از این شاخص‌ها را در برابر سایر روش‌ها ازجمله استراتژی خرید و نگهداری (B&H[1]) نشان داده‌اند. معامله‌گران معمولاً برای تحلیل بازار پارامترهای پیش‌فرض شاخص‌های تکنیکی را استفاده می‌نمایند، ولی آن دسته از تحلیل‌گران و معامله‌گرانی که برای اطمینان از تفسیر روند و حرکت قیمت سهام در استراتژی‌های معاملاتی خود، به‌صورت دقیق‌تری از شاخص‌های تکنیکی استفاده می‌کنند، باید به موضوع بهینه‌سازی پارامترهای شاخص‌های تکنیکی اهمیت دهند. بهینه‌سازی پارامترهای این شاخص‌ها یکی از مشکلات اصلی در استفاده از این شاخص‌ها است.

در بازار سهام هر سهم شرایط مختص به خود را دارد. اگر از یک شاخص با پارامتر پیش فرض برای همه انواع سهام استفاده شود، کیفیت پاسخ دریافتی برای هر سهم با دیگری متفاوت خواهد بود. بدین معنی، اگر یک شاخص با پارامترهای پیش فرض برای یک سهم پیش بینی خوبی ارائه دهد، ممکن است برای سهم دیگر جواب مناسبی نداشته باشد. بنابراین، بهینه‌سازی پارامترهای شاخص‌های تحلیل تکنیکی برای هر سهم به صورت جداگانه امری ضروری است، چرا که هر سهمی پارامتر مختص به خود را دارد. در میان پژوهشگرانی که در زمینه بهینه‌سازی شاخص‌های تحلیل تکنیکی تحقیقاتی را به عمل آورده‌اند، می‌توان از پاپادامو و استفانیدس[2] (۲۰۰۷) و کاپور و همکاران[3] (۲۰۱۱) نام برد. ایشان برای بهینه‌سازی قوانین معاملاتی شاخص‌های تکنیکی، از ابزارهای هوش مصنوعی مانند الگوریتم ژنتیک (GA[4]) استفاده کرده‌اند.

با در نظر گرفتن این نکته که رفتار بازار سهام یک رفتار آشوبگونه است و مانند بسیاری از پدیده‌های طبیعی، رفتاری غیرخطی دارد (منجمی و همکاران، ۱۳۸۸)، طراحی مدل‌های غیرخطی به‌منظور پیش‌بینی بازار سهام اهمیت بسیاری پیدا کرده است. شبکه‌های عصبی مصنوعی (ANN[5]) نیز از جمله ابزارهای هوش مصنوعی هستند که به علت ماهیت غیرخطی، جذابیت فراوانی در میان محققان یافته است. تحقیقات انجام شده پیشین، کارایی این ابزار را در زمینه پیش‌بینی نشان می‌دهد (تهرانی و عباسیون، ۱۳۸۷؛ کارا و همکاران،[6] ۲۰۱۱ و بیسوی و داش[7] ۲۰۱۴).

اما مسأله مهمی که معامله‌گران باید به آن توجه داشته باشند، موضوع خطا در سرمایه‌گذاری است. ضرر و زیان در بازارهای سهام گرچه برابر با از دست دادن جان نیست، اما به معنای از دست دادن ثروت یا ورشکستگی زندگی مالی است. ترکیب روش‌های پیش‌بینی باعث کاهش خطا می‌شود. به همین دلیل، بسیاری از پژوهشگران به دنبال استفاده همزمان از ابزارهای محاسباتی و کامپیوتری ازجمله ANN و GA بوده‌اند، تا بدین ترتیب بتوانند پیش‌بینی با دقت بالاتری را ارائه دهند. اما در ادبیات موجود که از تلفیق ANN و GA در زمینه پیش‌بینی بازار استفاده نموده‌اند، اغلب از GA به منظور آموزش شبکه، بهینه‌سازی معماری آن و یا جهت به دست آوردن متغیرهای تأثیرگذار بر خروجی شبکه استفاده شده است (از جمله مکوندی و همکاران، ۱۳۸۷ و گوکن و همکاران[8]، ۲۰۱۵)؛ و به موضوع تعیین پارامترهای بهینه شاخص‌های تکنیکی با استفاده از GA به عنوان ورودی ANN برای پیش‌بینی روند تغییرات قیمت سهام توجهی نشده است.

دغدغه اصلی در پژوهش حاضر، دستیابی به پیش‌بینی دقیق‌تری از روند تغییرات قیمت سهام است؛ که برای سرمایه‌گذاران و دست‌اندرکاران بازارهای مالی امکان اتخاذ تصمیم‌های صحیح‌تر و در زمان مناسب فراهم آورده است. در نتیجه، هر شخص با هر میزان دانش می‌تواند به راحتی معاملات سودمندی در بازار سهام داشته باشد. در این پژوهش، ابتدا شاخص‌های تکنیکی کارا و پرکاربرد با توجه به پیشینه ادبیات انتخاب شده و با استفاده از GA پارامترهای این شاخص‌ها بهینه شده‌اند. سپس، شاخص‌های تکنیکی با پارامترهای بهینه به عنوان ورودی ANN مورد استفاده قرار گرفته‌اند تا پیش‌بینی روند تغییرات قیمت سهام روز بعد حاصل شود. برای ارزیابی عملکرد این روش، روشی دیگر با عنوان روش ساده معرفی شده است که در آن



Archive of SID

www.SID.ir

شاخص‌های تکنیکی با پارامترهای پیش فرض به عنوان ورودی ANN استفاده می‌شوند. روش‌های ترکیبی و ساده بر روی سهام ایران خودرو به عنوان سهام نمونه مورد بررسی قرار گرفته است. در ادامه این مقاله، مبانی نظری و پیشینه پژوهش در بخش دوم مطرح شده، در بخش سوم روش شناسی پژوهش بیان شده، و در بخش چهارم نتایج عددی حاصل آورده شده است. بخش پنجم شامل نتایج به دست آمده از پژوهش حاضر است.

## ۲-مبانی نظری و پیشینه تحقیق

بورس اوراق بهادار بازار رسمی و سازمان‌یافته سرمایه است که در آن خرید و فروش سهام شرکت‌ها و اوراق بهادار، تحت ضوابط، قوانین و مقررات خاصی انجام می‌شود (صمدی و همکاران، ۱۳۸۹). موفقیت در این بازار، وابسته به تشخیص به موقع زمان خرید و فروش سهام است. هر چه تشخیص و پیش‌بینی این زمان دقیق‌تر باشد، می‌توان انتظار داشت که سود حاصل از سرمایه‌گذاری بر روی سهام افزایش و ریسک حاصل از این سرمایه‌گذاری کاهش یابد (عباسی و همکاران، ۱۳۹۴). پیش‌بینی کنندگان بازار بورس نیز بر توسعه رویکردهایی به منظور پیش‌بینی ارزش شاخص‌ها یا قیمت سهام و دستیابی به سود بالا با استفاده از استراتژی‌های مناسب تمرکز دارند.

تصمیم‌گیری در مورد زمان باز کردن و بستن یک معامله بسیار سخت است؛ چرا که اگر تأخیری صورت گیرد ممکن است به ضررهای زیادی منجر شود، و اگر معاملات به صورت مکرر انجام شوند هزینه معاملاتی زیادی را تحمیل می‌کنند. از سوی دیگر، هر شاخص تکنیکی رفتار قیمت را در طول یک بازه زمانی مشخص نشان می‌دهد، و این امکان را می‌دهد که مشخص شود برای محاسبه شاخص از چه تعداد از دوره‌های زمانی گذشته استفاده شود. هر چه دوره زمانی کوتاه‌تر باشد، حساسیت شاخص بیشتر خواهد شد و سیگنال‌های بیشتر و سریع‌تری دریافت می‌شوند، اما درصد سیگنال‌های غلط هم افزایش می‌یابد. همچنین، اگر بازه زمانی افزایش داده شود پایداری شاخص بیشتر می‌شود. بدین معنی که درصد سیگنال‌های غلط کاهش می‌یابد اما سیگنال‌های دریافتی بلندمدت‌تر می‌شوند و باید دیرتر وارد بازار شد (فایک و همکاران[۹]، ۲۰۱۳) که این موضوع باعث از دست دادن مقداری سود می‌شود.

روش‌های پیش‌بینی که در بازار بورس کاربرد داشته‌اند، به روش‌های تجزیه و تحلیل تکنیکی و تجزیه و تحلیل بنیادی تقسیم‌بندی شده‌اند. البته گاه برخی ابزارهای ابتکاری دیگر نیز برای تحلیل سهام مطرح می‌شود که در عمل از این دو گروه خارج نیست و به راحتی در یکی از این دو قالب یا ترکیبی از آن دو، قرار می‌گیرد (صمدی و همکاران، ۱۳۸۹). تحلیل بنیادی با مطالعه و بررسی اقتصاد، صنعت و وضعیت شرکت به ارزش واقعی سهام شرکت‌ها پی می‌برد. در این روش تحلیل‌گر معمولاً بر اطلاعات و داده‌های گنجانده شده در صورت‌های مالی شرکت‌ها تمرکز کرده و از فاکتورهایی مانند ریسک بنگاه، نرخ رشد درآمدهای بنگاه، ارزش ذاتی بنگاه، نرخ تنزیل، نسبت پرداخت سود سهام نقدی و درآمدهای بنگاه جهت تحلیل استفاده می‌کند (ستایش و همکاران، ۱۳۸۷). ایده اصلی تجزیه و تحلیل تکنیکی این است که روند تغییرات قیمت سهام به وسیله تغییرات نگرش سرمایه‌گذاران که خود متأثر از عوامل متعددی است، شکل می‌گیرد. پژوهشگران بر این باورند که در بازار سهام، تمامی اطلاعات مورد نیاز در قیمت‌ها نهفته است. لذا، با دانستن پیشینه تاریخی و مطالعه روند قیمت سهام می‌توان آینده را پیش‌بینی کرد. بنابراین، از جمله فرضیه‌های مهم تحلیل‌گران تکنیکی، تکراری بودن الگوهای عملکرد بازار است.

تحلیل‌گران تکنیکی بر مبنای تجربه خود، از معیارهای متفاوتی برای تعیین سیگنال‌های خرید و فروش استفاده می‌کنند. در این میان شاخص‌های تحلیل تکنیکی یکی از مهم‌ترین ابزارها برای تحلیل‌گران به حساب می‌آیند. شاخص‌های تحلیل تکنیکی انواع گوناگونی دارند و در دسته‌های مختلفی قرار می‌گیرند و هر کدام نیز به نوبه خود نقش مؤثری در تعیین نوع سهام مورد معامله، پیش‌بینی روند و قیمت سهام، تعیین نقاط خرید و فروش بازار و تعیین مقدار حد سود و حد ضرر ایفا می‌کنند. هشت شاخص مهم و پرکاربرد تکنیکی عبارتند از میانگین متحرک همگرایی-واگرایی (MACD[۱۰])، شاخص قدرت نسبی (RSI[۱۱])، نوسانگر تصادفی (STC[۱۲])، دامنه درصد ویلیام (W%R[۱۳])، شاخص کانال کالا (CCI[۱۴])، میانگین متحرک ساده (SMA[۱۵])، شاخص جریان پول (MFI[۱۶])، باندهای بولینگر (B.B[۱۷]). تعریف این شاخص‌ها، به همراه روش محاسبه و نحوه ارسال سیگنال خرید و فروش و برخی از منابعی که برای هر شاخص در دسترس هستند، در جدول (۱)، گزارش شده است.



Archive of SID

www.SID.ir

جدول (۱): پرکاربردترین شاخص‌های تحلیل تکنیکی

| شاخص‌ها | تعریف | روش محاسبه | سیگنال خرید | سیگنال فروش | منابع |
|---|---|---|---|---|---|
| **MACD** | یک نوع نوسانگر مرکزی است که در بالا و پائین صفر نوسان می‌کند و نشان دهنده همبستگی بین دو MA قیمت است. | خط MACD = EMA ۱۲ دوره‌ای - EMA ۲۶ دوره ای<br>خط سیگنال MACD = EMA ۹ دوره‌ای<br>خط MACD = خط سیگنال - نمودار ستونی<br>EMA: میانگین متحرک نمایی | خط MACD سیگنال را از پایین به بالا قطع کند. | خط MACD سیگنال را از بالا به پایین قطع کند. | کارا و همکاران (۲۰۱۱)، فو و همکاران[18] (۲۰۱۳)، تهرانی و عباسیون (۱۳۸۷)، فایک و همکاران (۲۰۱۳) |
| **RSI** | نسبت عرضه‌کنندگان به تقاضاکنندگان را نشان می‌دهد. | RSI = ۱۰۰ - ۱۰۰/(۱+RS)<br>مقدار RS برابر است با نسبت میانگین روزهایی که سهم رشد داشته به روزهایی که سهم کاهش داشته. | RSI کمتر از ۳۰ باشد. | RSI بیشتر از ۷۰ باشد. | فو و همکاران (۲۰۱۳) |
| **STC** | مقایسه قیمت بسته شدن اوراق بهادار نسبت به محدوده قیمت آن در یک بازه زمانی داده شده. | K% = (P – Ln) / (Hn – Ln)<br>P بیانگر قیمت سهم، Hn و Ln به ترتیب بیشترین و کمترین قیمت طی n روز گذشته را نشان می‌دهد. خط D%، MA ۳ روزه خط K% است. | STC خط ۲۰ را از پایین به بالا قطع کند و نیز خط K% خط D% را از پایین به بالا قطع کند. | STC خط ۸۰ را از بالا به پایین قطع کند و نیز خط K% خط D% را از بالا به پایین قطع کند. | کارا و همکاران (۲۰۱۱)، فو و همکاران (۲۰۱۳)، رزمی و همکاران (۱۳۸۶)، تهرانی و اسماعیلی (۱۳۹۱) |
| **W%R** | مشخص می‌کند که بازار در بیش خرید یا بیش فروش است. | W%R = (HH - C) / (HH - LL) * (-۱۰۰)<br>HH: حداکثر قیمت روز، LL: حداقل قیمت روز، C: قیمت بسته شدن | W%R خط ۸۰- را از پایین به بالا قطع کند. | W%R خط ۲۰- را از بالا به پایین قطع کند. | کارا و همکاران (۲۰۱۱)، فو و همکاران (۲۰۱۳) |
| **CCI** | شاخصی برای تشخیص روند و میزان قدرت روند است. | CCI = (۱/۰.۰۱۵) (Pt – SMA(Pt)) / σ(Pt)<br>Pt = (H+L+C) / ۳<br>H: حداکثر قیمت، L: حداقل قیمت، C: قیمت بسته شدن، σ انحراف از معیار | CCI خط ۱۰۰- را از پایین به بالا قطع کند. | CCI خط ۱۰۰ را از بالا به پایین قطع کند. | کارا و همکاران (۲۰۱۱) |
| **SMA** | میانگین قیمت یک سهم در یک زمان مشخص است. | $SMA = \frac{\sum_{i=1}^{n} X_i}{n}$<br>X: قیمت بسته شدن سهم<br>n: دوره زمانی | SMA میان‌مدت از بالای SMA بلندمدت عبور کند. | SMA میان‌مدت از پایین SMA بلندمدت عبور کند. | کارا و همکاران (۲۰۱۱)، فو و همکاران (۲۰۱۳) |
| **MFI** | شاخصی است که قدرت جریان ورود و خروج پول به اوراق بهادار را اندازه‌گیری می‌کند. | MFI=[(شاخص پول + ۱)/ ۱۰۰] - ۱۰۰<br>شاخص پول = (جریان پول منفی / جریان پول مثبت) | MFI خط ۲۰ را از پایین به بالا قطع کند. | MFI خط ۸۰ را از بالا به پایین قطع کند. | فو و همکاران (۲۰۱۳)، تهرانی و اسماعیلی (۱۳۹۱) |
| **B.B** | متشکل از یک MA و دو باند بالا و پایین است. | باند بالا= MA + σ<br>باند پایین= MA - σ | باند پایین نمودار قیمت را قطع کند. | باند بالا نمودار قیمت را قطع کند. | رزمی و همکاران (۱۳۸۶)، تهرانی و اسماعیلی (۱۳۹۱) |

محققان بسیاری در مقالات خود از شاخص‌های تحلیل تکنیکی استفاده نمودند، تا بدین طریق به معامله‌گران بازار کمک نمایند که بتوانند پیش‌بینی‌های بهتر با بازده بالاتر و ریسک کمتری انجام دهند. از جمله این محققان می‌توان به نجارزاده و گداری (۱۳۸۷) اشاره نمود که با تأکید بر قواعد مبادلاتی میانگین متحرک (MA[19])، به بررسی سودآوری این قواعد در بورس اوراق بهادار تهران (TSE[20]) پرداختند. صمدی و همکاران (۱۳۸۹) نیز به بررسی کارائی استفاده از شاخص تکنیکی MA در بازار سهام تهران در سه سطح شاخص کل، صنایع مختلف و شاخص شرکت‌ها پرداختند. نتایج پژوهش آنها نشان داد که استفاده از تحلیل تکنیکی در کلیه سطوح از کارائی قابل قبولی برخوردار است. پورزمانی و همکاران (۱۳۹۰) در پژوهش خود به مقایسه سه روش فیلتر، B&H و MA برای پیش‌بینی قیمت برای دوره بلندمدت برای شرکت‌های پذیرفته شده در TSE پرداختند. نتایج حاصل از تحقیق ایشان بیانگر این مطلب بود که بازده سهام محاسبه شده در روش فیلتر در دوره بلندمدت بیشتر از روش‌های B&H و MA بوده، و روش B&H بیشتر از روش MA است. همچنین، تهرانی و همکاران (۱۳۹۳) در مقاله خود با استفاده از قیمت جهانی هر اونس طلا به دلار آمریکا به صورت روزانه، به بررسی سودمندی استفاده از تحلیل تکنیکی در بازار جهانی طلا



Archive of SID

www.SID.ir

پرداختند. نتایج تحقیقات آنها نشان داد که استفاده از سیگنال‌های خرید و فروش ناشی از تحلیل تکنیکی با استفاده از RSI به طور معنی‌داری سودمند و مفید بوده است. در واقع بیان کردند که قواعد مبادلاتی MA با طول متغیر، سودآوری بیشتری نسبت به استراتژی ساده B&H دارد و استفاده از MA کوتاه مدت به جای بلندمدت نتایج بهتری را به دست می‌دهد.

در گذشته، سرمایه‌گذاران فقط با استفاده از تحلیل‌ها و مجموعه قوانین تکنیکی، زمان شروع یک روند جدید را پیش‌بینی می‌کردند. اما اکنون پژوهش‌هایی به منظور استفاده از هوش مصنوعی برای ایجاد و توسعه سیستم‌های معاملاتی صورت گرفته است (عباسی و همکاران، ۱۳۹۴). از طرفی از آنجا که هر شاخص تحلیل تکنیکی پارامترهای منحصر به خود را دارد، تنظیم و بهینه کردن پارامترهای آن‌ها نقش بسزایی در افزایش سود در بازار سهام خواهد داشت (کاپور و همکاران، ۲۰۱۱). به عبارتی پارامترهای مختلفی برای محاسبه شاخص‌های تکنیکی وجود دارند. در صورتی‌که پارامتر انتخاب شده برای هر شاخص مناسب نباشد، سیگنالی که ارائه می‌دهد صحیح نخواهد بود و نمی‌تواند در پیدا کردن روند سهم به سرمایه‌گذار کمک رساند. همچنین، تعیین پارامترهای شاخص‌های تحلیل تکنیکی از عملکرد بهتری نسبت به روش‌هایی که از این شاخص‌ها با پارامترهای پیش‌فرض در بازار استفاده می‌کنند، برخوردار است (عباسی و همکاران، ۱۳۹۴). بنابراین، استراتژی بهینه‌سازی برای تنظیم پارامترهای شاخص‌های مختلف ضروری است.

در میان ابزارهایی که برای بهینه‌سازی در این زمینه استفاده می‌شود می‌توان به GA اشاره نمود. فایک و همکاران (۲۰۱۳) از جمله محققانی بودند که سعی بر بهینه‌سازی پارامترهای چند شاخص تکنیکی با استفاده از GA داشتند. آن‌ها بیان کردند که سود به‌دست آمده از روش پیشنهادی بالاتر از سود به دست آمده از شاخص‌ها با پارامترهای معمولی، استراتژی تصادفی و استراتژی B&H است. از دیگر مطالعات در این زمینه پژوهش فو و همکاران (۲۰۱۳) است که برای بهینه‌سازی پارامترهای شاخص‌های مختلف تکنیکی و نیز برای وزن دهی سبد سهام از GA استفاده نمودند. ساحین و اوزبایاگلو[۲۱] (۲۰۱۴) نیز یک مدل معاملاتی را با استفاده از RSI اصلاح‌شده، توسعه دادند و بدین منظور پارامترهای RSI را توسط GA بهینه نمودند. سپس عملکرد مدل پیشنهادی خود را با استراتژی B&H و با شاخص RSI با پارامترهای استاندارد مقایسه کردند. نتایج تحقیق، بهبود سود را به نسبت این دو استراتژی نشان داد.

از دیگر ابزارهای توانمند هوش مصنوعی که در زمینه پیش‌بینی نیز کاربرد فراوانی دارند، ANNها هستند. ترکیب ANNها با سایر روش‌های هوش مصنوعی نیز از جمله مواردی است که مورد توجه بسیاری از محققان قرار گرفته است، زیرا به باور پژوهشگران ترکیب روش‌های پیش‌بینی می‌تواند خطای برآورد قیمت سهام را کاهش دهد. مکوندی و همکاران (۱۳۸۷) با هدف یافتن ترکیب بهینه متغیرهای ورودی از GA استفاده نمودند، و سپس ANN را برای پیش‌بینی سود نقدی سهام به کار گرفتند. در حقیقت با به کار بردن GA دریافتند که چه نسبت‌ها و متغیرهایی را باید از صورت‌های مالی استخراج نموده و مقادیر آن‌ها را در مدل پیش‌بینی وارد نمایند.

منجمی و همکاران (۱۳۸۸) نیز به طراحی و ارائه یک مدل پیش‌بینی قیمت سهام با استفاده از شبکه عصبی-فازی و GA به منظور کاهش خطای پیش‌بینی قیمت سهام پرداختند. در ادامه پس از طراحی و پیاده‌سازی مدل، نشان دادند که مدل ترکیبی آن‌ها نسبت به شبکه عصبی ساده از سرعت بالاتر و توانایی تقریب قوی‌تری برای پیش‌بینی برخوردار است. همچنین پرویج و پرویج[۲۲] (۲۰۱۲) با استفاده از ANN به پیش‌بینی بازده سهام در بورس اوراق بهادار بمبئی پرداختند و از GA برای یافتن بهترین توپولوژی شبکه عصبی استفاده نمودند. از مطالعات جالب دیگر در این زمینه می‌توان به مطالعه عباسی و همکاران (۱۳۹۴) اشاره نمود که یک سیستم معاملاتی خودکار را که از ترکیب تحلیل تکنیکی و شبکه عصبی-فازی جهت پیش‌بینی روند قیمتی سهام و افزایش بازدهی حاصل از سرمایه‌گذاری استفاده می‌شد معرفی کردند. در سیستم معاملاتی معرفی شده، نخست با استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی گروه ذرات پارامترهای بهینه شاخص‌های تحلیل تکنیکی تعیین‌شد؛ سپس با استفاده از خروجی این شاخص‌ها و سیستم استنتاج تطبیقی عصبی-فازی تغییرات قیمت سهم در دوره‌های بعدی پیش‌بینی شده است. نتایج پژوهش ایشان نشان داد که با تنظیم کردن پارامترهای شاخص‌های تحلیل تکنیکی می‌توان دقت حاصل از پیش‌بینی تغییرات قیمت سهام را افزایش داد و نیز بازدهی سرمایه‌گذاری را نسبت به روش‌های معمول در بازار سرمایه و پژوهش‌های پیشین بیشینه کرد.

## ۳- روش تحقیق

در روش اول که روش ترکیبی نامیده می‌شود، ابتدا پارامترهای هر هشت شاخص تکنیکی با استفاده از GA بهینه می‌شوند. سپس این هشت شاخص با پارامترهای



Archive of SID

www.SID.ir

جدول (۲): محدوده تغییرات پارامترهای شاخص‌های تکنیکی

| شاخص | RSI | MFI | W%R | CCI | MACD | STC | SMA | B.B |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| محدوده پارامترها | تغییرات حد پایین | تغییرات حد پایین | تغییرات حد پایین | تغییرات حد پایین | تغییرات حد پایین | محدوده زمانی خط سیگنال | تغییرات حد پایین | انحراف معیار |
| | محدوده زمانی | محدوده زمانی | محدوده زمانی | محدوده زمانی | محدوده زمانی EMA کوتاه‌مدت | محدوده زمانی K% | محدوده زمانی | دوره زمانی |
| | تغییرات حد بالا | تغییرات حد بالا | تغییرات حد بالا | تغییرات حد بالا | تغییرات حد بالا | محدوده زمانی D% | تغییرات حد بالا | دوره زمانی SMA کوتاه‌مدت |
| | ۱۰ تا ۴۰ | ۱۰ تا ۴۰ | ۱۰ تا ۴۰ | ۱۰ تا ۴۰ | ۱۰ تا ۴۰ | ۱۰ تا ۴۰ | ۱۰ تا ۴۰ | ۱ تا ۳ |
| | ۳ تا ۱۰۰ | ۳ تا ۱۰۰ | ۳ تا ۱۰۰ | ۳ تا ۱۰۰ | ۳ تا ۱۰۰ | ۳ تا ۱۰۰ | ۳ تا ۱۰۰ | ۳ تا ۱۰۰ |
| | ۶۰ تا ۹۰ | ۶۰ تا ۹۰ | ۶۰ تا ۹۰ | ۶۰ تا ۹۰ | ۶۰ تا ۹۰ | ۱ تا EMA کوتاه‌مدت | ۶۰ تا ۹۰ | SMA کوتاه‌مدت تا ۲۰۰ |
| منابع | فایک و همکاران (۲۰۱۳) | نرم‌افزار متاتریدر | نرم‌افزار متاتریدر | نرم‌افزار متاتریدر | فایک و همکاران (۲۰۱۳) | نرم‌افزار متاتریدر | فایک و همکاران (۲۰۱۳) | استاک چارت (۲۰۱۵) |

بهینه شده به ANN جهت پیش‌بینی روند تغییرات قیمت سهام وارد می‌شوند. اما در روش دوم یا همان روش ساده این هشت شاخص با پارامترهای پیش‌فرض به‌عنوان ورودی به ANN داده می‌شوند. سپس نتایج این دو روش برای پیش‌بینی روند تغییرات قیمت سهام شرکت ایران خودرو استفاده شده و نتایج آن‌ها مقایسه خواهد شد.

ابتدا هشت شاخص تکنیکی پرکاربرد (SMA، RSI، MACD، MFI، CCI، W%R، STC و B.B) که در جدول (۱) معرفی شدند، از میان شاخص‌های موجود با توجه به پیشینه پژوهش انتخاب می‌شوند. با توجه به مطالعات صورت گرفته پیشین، پارامترهای مربوط به هر یک از این شاخص‌ها و محدوده عددی آنها در جدول (۲) معرفی شده‌اند.

### ۳-۱-الگوریتم ژنتیک پیشنهادی

الگوریتم ژنتیک یکی از الگوریتم‌های جستجوی الهام گرفته از طبیعت جاندار است که براساس ژنتیک ارگانیزم-های زنده پایه‌گذاری شده است؛ و از فرآیند تکامل زیست شناختی طبیعی پیروی می‌کند. در واقع این الگوریتم بر جمعیت جواب‌های بالقوه عمل کرده و اصول تنازع بقا را در تولید تقریب‌های بهتر از جواب مسأله به کار می‌گیرد. به این ترتیب، در هر نسل مجموعه جدیدی از تقریب‌ها با فرآیند انتخاب بهترین عضو براساس میزان برازش آنها ساخته می-شود (زمانی و همکاران ۱۳۹۳). GA تفاوت‌های اساسی با روش‌های جستجو و بهینه‌سازی متداول دارد، و نحوه عملکرد آن به‌گونه‌ای است که در نهایت، ژن‌ها و کروموزوم‌های برتر و قوی‌تر باقی‌مانده و ضعیف‌ترها از بین می‌روند. برای حل هر مسأله با استفاده از GA ابتدا جمعیت ابتدایی تشکیل شده و کروموزوم‌های آن کدگذاری می‌شوند.

در این تحقیق، برای هر شاخص تکنیکی، یک الگوریتم ژنتیک مجزا استفاده شده است؛ در نتیجه هشت الگوریتم مختلف طراحی شده است. در هر GA ابتدا با در کنار هم قرار گرفتن تعدادی از ژن‌ها که همان پارامترهای شاخص‌های تکنیکی هستند، یک کروموزوم تشکیل می‌شود و جمعیت ابتدایی با مجموعه‌ای از کروموزوم‌ها ایجاد می‌شود. به عبارتی در هر جمعیت، هر کروموزوم پارامترهای مربوط به شاخص‌های تکنیکی از جمله دوره زمانی و سطوح مربوط به آن شاخص را نشان می‌دهد. نحوه ساخت هر کروموزم نیز به این صورت است که ژن‌ها با اعداد تصادفی در محدوده خود با توجه به جدول (۲) پر می‌شوند. برای نمونه جدول (۳) نحوه کدگذاری تعدادی از کروموزوم ها در یک جمعیت ابتدایی در RSI را نشان می‌دهد.

پس از تعریف روش کدگذاری، جهت ارزیابی کروموزوم‌ها در جمعیت، تعریف تابع برازندگی ضروری است. تابع برازندگی در نظر گرفته شده در این پژوهش، سود حاصل از هر کروموزوم است. بدین صورت که وقتی هر شاخص در ناحیه خرید یا فروش قرار گرفت، به ترتیب سیگنال خرید یا فروش صادر می‌شود. بنابراین، سود



Archive of SID
www.SID.ir

سرمایه‌گذاری بعد از مشخص شدن نقاط خرید و فروش سهام توسط شاخص‌های تکنیکی محاسبه می‌شود. به عبارتی دیگر، سود برابر است با درآمد حاصل از فروش کل منهای هزینه کل خرید. برای انجام این شبیه‌سازی فرض می‌شود که سرمایه‌گذار با اولین سیگنال خرید یک سهم را خریده و پس از ایجاد اولین سیگنال فروش، سهم را به فروش می‌رساند. نکته قابل توجه این است که اگر دو سیگنال مشابه متوالی ایجاد شد سیگنال دوم نادیده گرفته می‌شود یعنی اگر پس از اقدام به خرید، مجدداً سیگنال خرید صادر گردید نادیده گرفته شده و تا زمانی که سیگنال فروش ظاهر نگردد تغییری در وضعیت معامله داده نمی‌شود. بنابراین سرمایه‌گذار در تمام دوره معاملاتی در بازار فعال است و ممکن است در وضعیت نگهداری، خرید و یا فروش باشد. در نهایت سرمایه‌گذار در پایان آخرین روز معاملاتی سهامی را که در اختیار دارد بدون توجه به آخرین سیگنال دریافتی، به فروش رسانده و از بازار خارج می‌شود.

جدول (۳): نحوه کدگذاری جمعیت ابتدایی در RSI

| سود | RSI | | | کروموزوم |
|---|---|---|---|---|
| | حد بالا | حد پایین | محدوده زمانی | |
| ۵۰۰ | ۷۰ | ۳۰ | ۱۴ | ۱ |
| ۱۰۰۰۰ | ۶۰ | ۲۵ | ۲۰ | ۲ |
| -۱۴۷۹۲ | ۶۸ | ۲۴ | ۲۲ | ۳ |
| . | | . | | . |
| . | | . | | . |
| . | | . | | . |
| ۳۰۰۰۰ | ۸۰ | ۱۲ | ۲۱ | N |

پس از کدگذاری کروموزوم و تدوین تابع برازندگی، انتخاب والدین صورت می‌پذیرد. انتخاب، فرآیندی است که دو والد از جمعیت برای عمل تلفیق بیرون می‌آیند و هدف از آن، این است که والدین شایسته‌تر انتخاب شده که منجر به تولید فرزندانی با برازندگی بالا گردد. در این پژوهش از روش چرخ رولت که یکی از متداول‌ترین روش‌ها است، استفاده می‌شود. پس از رویه انتخاب، باید فرآیند تلفیق انجام شود که براساس آن، دو والد در نظر گرفته شده و کروموزوم‌های فرزندان ایجاد می‌شود. عملگر تلفیق به کار رفته در این پژوهش از نوع تلفیق ریاضی است، که در جدول (۴) نحوه محاسبه آن بیان شده است. بعد از انجام عملیات تلفیق نیز برای جلوگیری از افتادن الگوریتم در دام بهینه محلی و برای حفظ گوناگونی جمعیت باید بر روی برخی از ژن‌ها عمل جهش انجام شود. عملگر جهش استفاده شده در این پژوهش، روش یکنواخت است بدین صورت که در این روش یک متغیر به طور تصادفی انتخاب شده و توسط یک عدد تصادفی بین کران پایین و کران بالایی آن متغیر جایگزین می‌گردد. جدول (۴) سایر پارامترهای GA را نشان می‌دهد.

جدول (۴): پارامترهای الگوریتم ژنتیک پیشنهادی

| پارامترها | نوع / مقدار |
|---|---|
| اندازه جمعیت | ۲۰۰ |
| روش تلفیق | تلفیق ریاضی که در آن $a$ عددی تصادفی بین صفر و یک<br>$offspring\ 1 = a * parent\ 1 + (1-a) * parent2$<br>$offspring\ 2 = (1-a) * parent\ 1 + a * parent2$ |
| نرخ تلفیق | ۰/۷ |
| نرخ جهش | ۰/۰۲ |
| درصد نخبه گرایی | ۰/۰۲ |

### ۳-۲-شبکه عصبی مصنوعی

شبکه‌های عصبی مصنوعی یک سامانه پردازشی داده هستند که از مغز انسان و شبکه‌های عصبی زیستی ایده می‌گیرند. در این شبکه‌ها، پردازش داده‌ها به عهده پردازنده-های کوچک و بسیار زیادی است که به صورت شبکه‌ای به هم پیوسته و موازی با یکدیگر رفتار می‌کنند تا یک مسئله را حل نمایند و براساس داده‌های تاریخی که به آن داده می‌شود، می‌تواند الگوها و روندها را بیاموزد (طلوعی‌اشلقی و حق‌دوست، ۱۳۸۶). برای طراحی یک مدل شبکه عصبی به منظور حل مسأله، اصول و روش‌های سیستماتیکی وجود ندارد و از آنجا که عوامل زیادی همچون لایه‌های پنهان، تعداد نورون‌های لایه‌های پنهان و الگوریتم یادگیری می‌توانند عملکرد شبکه‌های عصبی را تحت تأثیر قرار دهند، بنابراین بهترین معماری شبکه با استفاده از تجربه و آزمون و خطا به دست می‌آید.

شبکه عصبی به کار رفته در این پژوهش از نوع پرسپترون چند لایه (MLP[۲۳]) است، که به علت قابلیت طبقه‌بندی و پیش‌بینی صحیح متغیر وابسته، در پیش‌بینی‌های مالی به طور گسترده‌ای مورد استفاده قرار گرفته است (تهرانی و عباسیون، ۱۳۸۷). از میان روش‌های متنوع آموزش در شبکه‌های MLP، الگوریتم یادگیری پس-انتشار خطا (BP[۲۴]) به عنوان الگوریتم آموزشی شبکه استفاده شده است. این الگوریتم یک روش یادگیری با ناظر است که برای آموزش شبکه‌های عصبی MLP مورد استفاده قرار می‌گیرد؛ و به معنای فرآیند انتشار به عقب خطاها از لایه خروجی به سمت لایه ورودی در طی مرحله آموزش است.



Archive of SID

www.SID.ir

پیش از شروع آموزش شبکه، باید داده‌های ورودی را به سه گروه تقسیم نمود؛ که براساس یافته‌های پژوهشگر هشتاد درصد از داده‌ها جهت آموزش، ده درصد برای اعتبارسنجی و ده درصد برای آزمون شبکه به کار رفته است. از آنجا که شبکه عصبی مدلی پویا است، این سه دسته داده به صورت کاملاً تصادفی از کل داده‌ها انتخاب شده‌اند. در این پژوهش با توجه به محدوده مقادیر ورودی و خروجی و بازبینی‌های چند باره توسط پژوهشگر، تابع تانژانت هایپربولیک به عنوان تابع فعالیت در لایه‌های میانی و خروجی شبکه عصبی مصنوعی استفاده شده است.

لازم به ذکر است که در این پژوهش شبکه عصبی برای دو روش ترکیبی و ساده مورد استفاده قرار گرفته است. در روش ترکیبی ورودی شبکه عصبی بعد از تعیین پارامترهای بهینه شاخص‌های تکنیکی با استفاده از GA حاصل می‌شود. ورودی‌های شبکه برای روش ساده هر هشت شاخص تکنیکی با پارامترهای پیش فرض می‌باشند و معماری ANN براساس این ورودی‌ها شکل گرفته است. معماری یافته شده با سعی و خطا و بازبینی‌های چند باره برای سهام شرکت ایران خودرو، برای روش ترکیبی ۱-۷-۸ و برای روش ساده ۱-۵-۱۰-۸ است.

## ۴-نتایج عددی

به منظور ارزیابی روش ترکیبی طراحی شده و روش ساده پژوهش، سهام شرکت ایران خودرو انتخاب و داده آن از تاریخ ۱۳۸۷/۱/۵ تا ۱۳۹۴/۸/۲۷ مورد محاسبه قرارگرفته است. برای بررسی این سهم، داده‌های قیمتی روزانه این شرکت از طریق سایت رسمی سازمان بورس اوراق بهادار تهران و نرم‌افزار متاتریدر جمع‌آوری شده، و در نرم‌افزار اکسل سازمان‌دهی شده است. در دو بخش زیر نتایج حاصل از پژوهش گزارش شده است.

### ۴-۱-تعیین پارامترهای بهینه برای شاخص‌های تکنیکی

معمولاً معامله‌گران برای تحلیل بازار و انجام معاملات خود از پارامترهای پیش‌فرض شاخص‌ها که در نرم‌افزارها از جمله نرم‌افزار متاتریدر وجود دارد، استفاده می‌کنند. اما در این پژوهش برای کسب سود بالاتر و به دست آوردن نتایج بهتر از بازار سهام، پارامترهای شاخص‌های تکنیکی معرفی شده، با استفاده از GA بهینه شده‌اند که روش بهینه سازی با GA در بخش ۳-۲ آورده شده است. جدول (۵) سود حاصل شده از شاخص‌ها با پارامترهای پیش فرض و پارامترهای بهینه شده به همراه درصد اختلاف آن‌ها با استفاده از رابطه (۱) را برای سهام ایران خودرو نشان می‌دهد. همان‌گونه که از جدول مشخص است، مثلاً اگر با توجه به شاخص RSI با پارامترهای پیش فرض (۹،۱۲،۲۶) معامله صورت پذیرد سود ۱۸۵۴ ریال و با پارامترهای بهینه شده (۳،۸،۲۷) سود ۸۷۳۸ ریال حاصل می‌شود. درصد اختلاف این دو سود برابر ۳۷۱/۳ است و یا اگر با توجه به شاخص MACD با استفاده از پارامترهای پیش فرض آن معامله انجام شود، سود ۸۹۱ ریال به دست می‌آید. اما اگر با پارامترهای بهینه معامله صورت پذیرد سود ۹۶۳۹ ریال حاصل می‌شود. در نهایت با توجه به نتایج جدول (۵) می‌توان گفت، هنگام استفاده از شاخص‌های تکنیکی جهت کسب نتایج بهتر و سود بالاتر در بازار سهام، برای هر سهم و تحت شرایط مختلف بازار باید پارامتر مختص به آن سهم را به دست آورد و از آن استفاده نمود.

$$\text{درصد اختلاف سود} = \frac{\text{سود پارامترهای پیش فرض} - \text{سود پارامترهای بهینه}}{\text{سود پارامترهای پیش فرض}} \times 100 \qquad (۱)$$

### ۴-۲-پیش‌بینی روند تغییرات قیمت سهام

پس از تعیین معماری مناسب شبکه عصبی برای دو روش ساده و ترکیبی، می‌توان آن‌ها را از لحاظ خطا با یکدیگر مقایسه نمود. تغییرات واقعی قیمت $Y$ مطابق رابطه (۲) شامل اعداد "یک"، "منفی یک" و "صفر" هستند که عدد "یک" بیانگر روند صعودی و خرید سهم، "منفی یک" به معنای روند نزولی و فروش سهم و "صفر" به معنای روند خنثی و نگهداری سهم است که این اعداد از مقایسه قیمت امروز با روز قبل به دست آمده‌اند. بدین‌صورت که اگر قیمت امروز از قیمت روز گذشته بیشتر باشد "یک"، اگر کمتر باشد "منفی یک" و اگر قیمت امروز و روز گذشته یکسان باشد "صفر" خواهد بود.

از طرفی مقدار پیش‌بینی حاصل از شبکه عصبی $\hat{Y}$ مطابق رابطه (۳) نیز شامل اعداد "یک"، "منفی یک" و "صفر" است. در واقع همان طور که پیش‌تر بیان شد تابع فعالیت خروجی، تابع تانژانت هایپربولیک در نظر گرفته شده است. اما از آنجا که خروجی این تابع عددی بین "یک" و "منفی یک" است و در این پژوهش به خروجی "یک"، "صفر" و "منفی یک" نیاز است، بنابراین باید تعبیری صورت پذیرد؛ که این عمل با آزمودن و سعی و خطا انجام شده است و به صورت قرارداد اعداد بیشتر از ۰/۲ نشان دهنده روند صعودی قیمت سهام و اعداد کمتر از ۰/۲- نشان دهنده روند نزولی قیمت سهام در نظر گرفته شده‌اند که به ترتیب با "یک" و "منفی یک" نشان داده می‌شوند و مقادیر بین دو عدد ۰/۲ و



Archive of SID

www.SID.ir

۰/۲- نیز صفر یا روند خنثی یا نگهداری در نظر گرفته شده است.

جدول (۵): مقایسه سود پارامترهای پیش‌فرض و بهینه شاخص‌ها برای سهام شرکت ایران خودرو

| شاخص | پارامترها | | | | سود (ضرر) حاصله به ریال | درصد اختلاف سود |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **MACD** | EMA بلندمدت | EMA کوتاه‌مدت | خط سیگنال | | ——— | |
| **مقدار پیش‌فرض** | ۲۶ | ۱۲ | ۹ | | ۸۹۱ | ۹۸۱/۸ |
| **مقدار بهینه شده** | ۲۷ | ۸ | ۳ | | ۹۶۳۹ | |
| **RSI** | حد بالا | حد پایین | دوره زمانی | | ——— | |
| **مقدار پیش‌فرض** | ۷۰ | ۳۰ | ۱۴ | | ۱۸۵۴ | ۳۷۱/۳ |
| **مقدار بهینه شده** | ۶۲ | ۳۶ | ۴۸ | | ۸۷۳۸ | |
| **CCI** | حد بالا | حد پایین | دوره زمانی | | ——— | |
| **مقدار پیش‌فرض** | ۱۰۰ | -۱۰۰ | ۱۴ | | ۵۷۱ | ۶۵۶/۷ |
| **مقدار بهینه شده** | -۱۶۲ | ۱۸۷ | ۹ | | ۴۳۲۱ | |
| **W%R** | حد بالا | حد پایین | دوره زمانی | | ——— | |
| **مقدار پیش‌فرض** | -۲۰ | -۸۰ | ۱۴ | | ۹۶۸ | ۴۰۸/۳ |
| **مقدار بهینه شده** | -۳۵ | -۷۷ | ۵ | | ۴۹۲۰ | |
| **MFI** | حد بالا | حد پایین | دوره زمانی | | ——— | |
| **مقدار پیش‌فرض** | ۸۰ | ۲۰ | ۱۴ | | -۸۸۳ | ۶۲۰ |
| **مقدار بهینه شده** | ۷۲ | ۳۶ | ۱۷ | | ۴۵۹۲ | |
| **STC** | حد بالا | حد پایین | دوره زمانی D% | دوره زمانی K% | ——— | ۲۰۲/۸ |
| **مقدار پیش‌فرض** | ۸۰ | ۲۰ | ۳ | ۱۴ | ۱۳۷۶ | |
| **مقدار بهینه شده** | ۹۰ | ۳۷ | ۱۸ | ۲۷ | ۴۱۶۶ | |
| **SMA** | دوره زمانی بلندمدت | | دوره زمانی کوتاه‌مدت | | ——— | |
| **مقدار پیش‌فرض** | ۱۰۰ | | ۵۰ | | ۷۸۶ | ۴۸۸ |
| **مقدار بهینه شده** | ۳۷ | | ۱۸ | | ۴۳۹۲ | |
| **B.B** | انحراف معیار | | دوره زمانی | | ——— | |
| **مقدار پیش‌فرض** | ۲ | | ۲۰ | | ۲۰۹ | ۱۲۴۷/۴ |
| **مقدار بهینه شده** | ۲ | | ۶۹ | | ۲۸۱۶ | |

در نهایت دو مقدار $Y$ و$\hat{Y}$ با یکدیگر مقایسه شده و خطای شبکه مطابق رابطه (۴) محاسبه شده است. مقدار خطا ممکن است حالت‌های "صفر"، "منفی یک"، "منفی دو"، "یک" و "دو" را داشته باشد، که صفر حالت مطلوب است چرا که در این حالت خروجی شبکه با تغییرات واقعی قیمت برابر است. در نهایت نیز MSE مطابق با رابطه (۵) به دست می‌آید. بنابراین، برای سهام ایران خودرو MSE روش ترکیبی ۰/۲۲۱ و MSE روش ساده ۰/۲۹۵ حاصل شده است؛ که با استفاده از رابطه (۶) بهبود ۲۵/۱ درصدی روش ترکیبی نسبت به روش ساده را نشان می‌دهد.

$$Y = \begin{cases} 1 & \text{خرید} \\ -1 & \text{فروش} \\ 0 & \text{نگهداری} \end{cases} \quad (۲)$$

$$\hat{Y} = \begin{cases} 1 & \text{خرید} \\ -1 & \text{فروش} \\ 0 & \text{نگهداری} \end{cases} \quad (۳)$$

$$e_i = (Y - \hat{Y}) \quad (۴)$$

$$MSE = \sum_{i=1}^{N} e_i^2 \ / \ N \quad (۵)$$

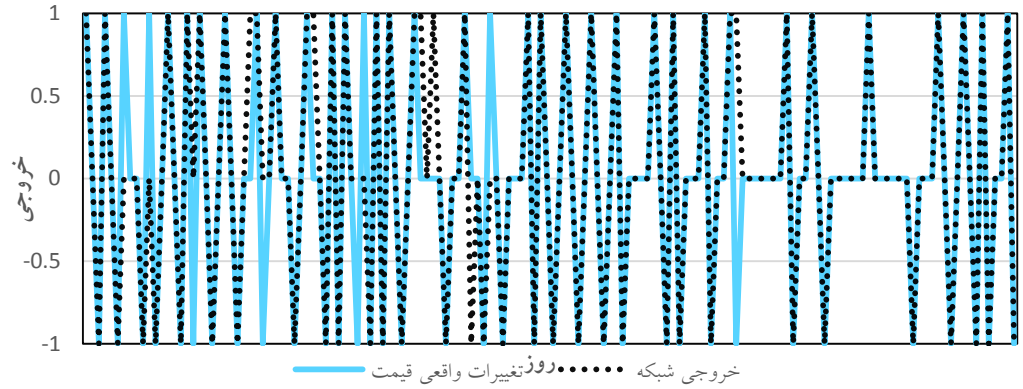
$$\text{درصد بهبود روش ترکیبی نسبت به روش ساده} = \frac{\text{روش ترکیبی} - \text{روش ساده}}{\text{روش ساده}} \times 100 \quad (۶)$$

اما برای بررسی بهتر نتایج می‌توان تغییرات واقعی و خروجی حاصل از شبکه را در هر دو روش در قالب نمودار مقایسه نمود. در این راستا، شکل‌های (۱) و (۲) به مقایسه مقادیر خروجی مطلوب و خروجی شبکه عصبی دو روش مورد بررسی پژوهش برای داده‌های تست در سهام ایران

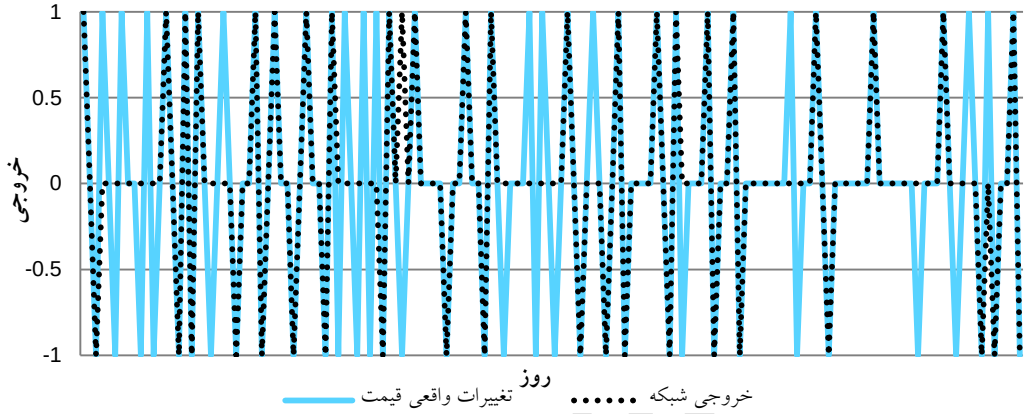


Archive of SID

www.SID.ir




شکل (۱): مقایسه تغییرات واقعی قیمت و خروجی شبکه ترکیبی برای سهام خودرو




شکل (۲): مقایسه تغییرات واقعی قیمت و خروجی شبکه ساده برای سهام خودرو

خودرو پرداخته است. شکل (۱) تغییرات واقعی قیمت و خروجی شبکه در روش ترکیبی و شکل (۲) تغییرات واقعی قیمت و خروجی شبکه در روش ساده را برای این سهم نشان می‌دهد. اگر خروجی شبکه عصبی و تغییرات واقعی قیمت با هم یکی شوند مقدار خطا صفر خواهد بود و دو نمودار بر هم منطبق می‌شوند. اما اگر مقدار خروجی شبکه عصبی با تغییرات واقعی قیمت متفاوت باشد این دو نمودار بر هم منطبق نخواهند شد. با بررسی و مقایسه شکل (۱) و (۲) مشخص است که در روش ترکیبی تطابق بیشتری بین تغییرات واقعی قیمت و خروجی شبکه در مقایسه با روش ساده وجود دارد.

در نهایت با توجه به بررسی شکل‌های (۱) و (۲) و MSE روش ترکیبی در مقایسه با روش ساده، می‌توان گفت مدل شبکه عصبی روش ترکیبی از کارایی بالاتری نسبت به روش ساده برخوردار است و به طور متوسط نتایج بهتری را در بازار سهام برای معامله‌گران ایجاد می‌کند و تحلیل‌گران تکنیکی برای پیش‌بینی بازار سهام به‌راحتی می‌توانند از این روش ترکیبی استفاده نموده و از بازار کسب سود نمایند.

## ۵-نتیجه‌گیری و پیشنهادات

به طور کلی می‌توان گفت، تأکید اصلی این تحقیق بر استفاده از شاخص‌های تکنیکی است. چرا که استفاده از این شاخص‌ها به سرمایه‌گذار ابزاری خواهد داد که دیگر نیازی به دانستن اخبار سهام رسانه‌ها در مورد اینکه چه سهامی باید خرید و فروش شود و توجه به شایعات بازار نیست و این خود مزیتی است در برابر تحقیقاتی که با تحلیل‌های بنیادی انجام شده است. چرا که اطلاعات شاخص‌های تحلیل تکنیکی به راحتی و به طور مساوی در اختیار همگان قرار دارد و معامله‌گر می‌تواند با اتکا بر تحلیل تکنیکی و استفاده از این شاخص‌ها معاملات موفقی در بازار داشته باشد. اما همان گونه که پیش‌تر نیز مطرح شد موضوع مهم طراحی روشی برای معامله در بازار سهام است که خطای کمتری داشته باشد و همگان بتوانند از آن سود جویند. الگوریتم پیشنهادی این پژوهش با هدف کاهش خطا طراحی شده است که بدین منظور دو روش ترکیبی و ساده ایجاد شد. در روش ترکیبی ابتدا پارامترهای شاخص‌های تکنیکی پرکاربرد (SMA، B.B، RSI، MACD، CCI، STC، MFI و W%R) به طور مجزا با استفاده از GA بهینه شدند. سپس، این شاخص‌ها با پارامترهای بهینه شده به عنوان ورودی به



Archive of SID
www.SID.ir

ANN برای پیش‌بینی روند تغییرات قیمت سهام داده شدند و در روش ساده نیز شاخص‌های تکنیکی با پارامترهای پیش‌فرض جهت پیش‌بینی روند تغییرات قیمت سهام به ANN وارد شدند. براساس یافته‌های پژوهش مشخص است روش ترکیبی کارایی بالاتری نسبت به روش ساده دارد، چرا که در روش ترکیبی خروجی‌های شبکه عصبی با تغییرات واقعی قیمت تطابق بیشتری دارند. همچنین MSE کمتری نسبت به روش ساده دارد. در پایان ذکر این نکته حائز اهمیت است که روش پیشنهادی این پژوهش قابل تعمیم به سهام دیگر و بازار ارز نیز است.

## منابع


پورزمانی، زهرا، حیدرپور، فرزانه، محمدی، محمدرضا. (۱۳۹۰). مقایسه استراتژی‌های خرید و فروش سهام در سرمایه‌گذاری بلندمدت به روش‌های فیلتر، خرید و نگهداری و میانگین متحرک بازار. مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار، دانشگاه آزاد اسلامی تهران مرکزی، شماره هفتم، ۲۲۸-۲۱۵.

تهرانی، رضا و عباسیون، وحید. (۱۳۸۷). کاربرد شبکه‌های عصبی مصنوعی در زمان‌بندی معاملات سهام: با رویکرد تحلیل تکنیکی. پژوهش‌های اقتصادی، سال هشتم، شماره اول، ۱۷۷-۱۵۱.

تهرانی، رضا و اسماعیلی، محمد. (۱۳۹۱). بررسی تأثیر استفاده از شاخص‌های مهم تحلیل تکنیکی بر بازدهی کوتاه مدت سرمایه‌گذاران در بورس اوراق بهادار تهران. دانش مالی تحلیل اوراق بهادار، شماره سیزدهم، ۳۳-۲۱.

تهرانی، رضا، کارگری، یاسر و داورزاده، مهتاب. (۱۳۹۳). بررسی سودمندی تحلیل تکنیکی قیمت جهانی طلا (رویکردی بر شاخص‌های هدایت گر یا نوسانگرها). دانش سرمایه‌گذاری، سال سوم، شماره ۹، ۶۴-۴۳.

رزمی، جعفر، جولای، فریبرز و امامی، امیر عباس. (۱۳۸۶). یک رویکرد «بوت استرپ» برای مقایسه سودآوری شاخص‌های تحلیل تکنیکی - بورس اوراق بهادار تهران. تحقیقات اقتصادی، شماره ۸۱، ۱۱۰-۸۵.

زمانی، محسن، افسر، امیر، ثقفی‌نژاد، سید وحید و بیات، الهام. (۱۳۹۳). سیستم خبره پیش‌بینی قیمت سهام و بهینه‌سازی سبد سهام با استفاده از شبکه‌های عصبی فازی، مدل سازی فازی و الگوریتم ژنتیک. مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی، شماره بیست و یکم، ۱۳۰-۱۰۷.

ستایش، محمد رضا، تقی‌زاده‌شیاده، سید تیمور، پورموسوی، علی اکبر، ابوذری‌لطف، علی.(۱۳۸۸). امکان سنجی بکارگیری شاخص‌های تحلیل تکنیکی (فنی) در پیش‌بینی روند قیمت سهام در بورس اوراق بهادار تهران. فصلنامه بصیرت، سال شانزدهم، شماره ۴۲، ۱۷۷-۱۵۵.

صمدی، سعید، ایزدی‌نیا، ناصر، داورزاده، مهتاب. (۱۳۸۹). کاربرد بهره‌گیری از تحلیل تکنیکی در بورس اوراق بهادار تهران (رویکری بر میانگین متحرک). پیشرفت‌های حسابداری، دانشگاه شیراز، دوره دوم، شماره اول، ۱۵۴-۱۲۱.

طلوعی‌اشلقی، عباس، حق‌دوست، شادی. (۱۳۸۶). مدل-سازی پیش‌بینی قیمت سهام با استفاده از شبکه عصبی و مقایسه آن با روش‌های پیش‌بینی ریاضی. پژوهشهای اقتصادی، شماره ۲۵، ۲۵۱-۲۳۷.

نجارزاده، رضا و گداری، اکبر. (۱۳۸۷). بررسی سودآوری قواعد مبادلاتی میانگین متحرک در بورس اوراق بهادار تهران. پژوهش‌های اقتصادی، سال هشتم، شماره سوم، ۴۳-۵۸.

منجمی، سید امیر حسین، ابزری، مهدی و رعیتی‌شوازی، علیرضا. (۱۳۸۸). پیش‌بینی قیمت سهام در بازار بورس اوراق بهادار با استفاده از شبکه عصبی فازی و الگوریتم‌های ژنتیک و مقایسه آن با شبکه عصبی مصنوعی. اقتصاد مقداری، دوره ۶، شماره ۳، ۲۶-۱.

مکوندی، پیام، جعفرعلی‌جاسبی، جواد و علوی، سید حسن. (۱۳۸۷). انتخاب مؤلفه‌های تأثیرگذار بر پیش‌بینی سود آتی سهام شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از مدل ترکیبی شبکه عصبی و الگوریتم ژنتیک. جستارهای اقتصادی، سال ۵، شماره ۱۰، ۲۰۱-۱۶۳.

عباسی، ابراهیم، عاکفی، حسین و ادیب‌مهر، شهاب‌الدین (۱۳۹۴). تنظیم پارامتر اندیکاتورهای تحلیل تکنیکال با استفاده از بهینه‌سازی چند هدفه گروه ذرات و سیستم استنتاج تطبیقی فازی-عصبی. دانش سرمایه گذاری، سال چهارم، شماره پانزدهم، ۱۳۴-۱۱۱.

Bisoi, R., & Dash, P. K. (2014). A hybrid evolutionary dynamic neural network for stock market trend analysis and prediction using unscented Kalman filter. Applied Soft Computing, 19, 41-56.

Fayek, M. B., El-Boghdadi, H. M., & Omran, S. M. (2013). Multi-objective optimization of technical stock market indicators using gas. International Journal of Computer Applications, 68(20), 41-48.

Fu, T. C., Chung, C. P., & Chung, F. L. (2013). Adopting genetic algorithms for technical analysis and portfolio management. Computers & Mathematics with Applications, 66(10), 1743-1757.




Archive of SID

www.SID.ir

Göçken, M., Özçalıcı, M., Boru, A., & Dosdoğru, A. T. (2016). Integrating metaheuristics and artificial neural networks for improved stock price prediction. Expert Systems with Applications, 44, 320-331.

Kara, Y., Boyacioglu, M. A., & Baykan, Ö. K. (2011). Predicting direction of stock price index movement using artificial neural networks and support vector machines: The sample of the Istanbul Stock Exchange. Expert systems with Applications, 38(5), 5311-5319.

Kapoor, V., Dey, S., & Khurana, A. P. (2011). Genetic algorithm: An application to technical trading system design. International Journal of Computer Applications, 36(5), 44-50.

Papadamou, S., & Stephanides, G. (2007). Improving technical trading systems by using a new MATLAB-based genetic algorithm procedure. Mathematical and computer modelling, 46(1), 189-197.

Perwej, Y., & Perwej, A. (2012). Prediction of the Bombay Stock Exchange (BSE) market returns using artificial neural network and genetic algorithm. Journal of Intelligent Learning Systems and Applications, 4(2), 108-119

Sahin, U., & Ozbayoglu, A. M. (2014). TN-RSI: Trend-normalized RSI indicator for stock trading systems with evolutionary computation. Procedia Computer Science, 36, 240-245.

## یادداشت‌ها

[1] *Buy and Hold*
[2] *Papadamou & Stephanides*
[3] *Kapoor et al.*
[4] *Genetic Algorithm*
[5] *Artificial Neural Network*
[6] *Kara et al.*
[7] *Bisoi & Dash*
[8] *Gocüken et al.*
[9] *Fayek et al.*
[10] *Moving Average Convergence Divergence*
[11] *Relative Strength Index*
[12] *Stochastic Oscillator*
[13] *William's Percent Range*
[14] *Commodity Channel Index*
[15] *Simple Moving Average*
[16] *Money Flow Index*
[17] *Bollinger Bands*
[18] *Fu et al.*
[19] *Moving Average*
[20] *Tehran Stock Exchange*
[21] *Sahin & Ozbayoglu*
[22] *Perwej & Perwej*
[23] *Multilayer perceptron*
[24] *Backpropagation*



Archive of SID

www.SID.ir