Archive of SID

فصلنامه علمی پژوهشی
دانش مالی تحلیل اوراق بهادار
سال دهم، شماره سی‌وچهارم
تابستان ۱۳۹۶

پیش‌بینی روند حرکتی قیمت سهام با استفاده از XCS مبتنی بر الگوریتم ژنتیک و یادگیری تقویتی

احمدرضا پاکرائی[۱]

تاریخ دریافت: ۹۵/۱/۲۱ تاریخ پذیرش: ۹۵/۴/۲۷

چکیده

پیشرفت‌ها در حوزهٔ هوش مصنوعی و یادگیری ماشین به‌خصوص درزمینهٔ محاسبات تکاملی نه‌تنها ما را قادر به تجزیه‌وتحلیل مؤثرتر داده‌ها نموده است، بلکه این امکان را فراهم ساخته که از آن‌ها برای فهم هرگونه الگوی زیربنایی بازارهای مالی استفاده گردد. اقتصاددانان، آماردانان و مدرسان امور مالی همواره علاقه‌مند به توسعه و آزمایش مدل‌های رفتاری قیمت سهام بوده‌اند. XCS سامانه‌ای مرکب از الگوریتم ژنتیک و یادگیری تقویتی است که به‌صورت برخط با محیط در تعامل بوده و توانایی یادگیری از تجربه‌های خود را دارد. در این پژوهش مدلی ارائه می‌گردد که با استفاده از XCS به پیش‌بینی روند حرکت قیمت سهام روز آتی یکی از شرکت‌های فعال در بازار بورس تهران بر اساس داده‌های تاریخی و استفاده از نمایه‌های فنی مختلف پرداخته است. سپس دقت پیش‌بینی مدل پیشنهادی در مقایسه با مدل قدم زدن تصادفی سنجیده شده است. نتایج حاکی است که مدل پیشنهادی در مقایسه با مدل قدم زدن تصادفی از دقت پیش‌بینی بالاتری برخوردار است.

واژه‌های کلیدی: پیش‌بینی، قیمت سهام، تحلیل فنی، سیستم‌های طبقه‌بند یادگیر توسعه‌یافته (XCS).

۱- مربی و عضو هیأت علمی گروه کامپیوتر ، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد داراب، ایران (نویسنده مسئول) pakraei@iaudarab.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

۱- مقدمه

بازار سهام، بازاری است پویا که به‌سرعت تحت تأثیر تغییرات قرار می‌گیرد، اولاً به دلیل اینکه اساس مایه و طبیعت تمامی بازارهای مالی چنین است و ثانیاً، به خاطر اینکه تحت تأثیر ترکیبی از عوامل شناخته‌شده همانند قیمت بسته شدن روز قبل، تغییر حجم مبادلات، بیشترین و کمترین قیمت‌های روز و عوامل ناشناخته‌ای همانند انتخابات ریاست جمهوری، تحولات منطقه، شایعات بازار و احساسات سرمایه‌گذاران است (Tsaih, 1998). بنابراین بسیاری از سرمایه‌گذاران سهام ترجیح می‌دهند بر روی روش‌های قابل‌اعتماد در پیش‌بینی روند قیمت‌های آتی در موقعیت‌های مختلف و در تصمیم‌گیری‌های آنی حساب باز کنند به این دلیل که، توانایی پیش‌بینی روند و نه مقدار دقیق قیمت آتی سهام، مهم‌ترین عامل در کسب ثروت از طریق پیش‌بینی‌های مالی است (Choudhry and Garg, 2008).

پیش‌بینی قیمت سهام ازجمله مسائل چالش برانگیز است. تئوری‌هایی همانند فرضیه بازار کارا بر این فرض استوار هستند که قیمت سهام به‌طور کامل قابل پیش‌بینی نیست، زیرا تمامی اطلاعات مربوط به یک سهام (نظیر داده‌های فنی و بنیادی) قیمت جاری سهام را تحت تأثیر قرار داده‌اند و نمی‌توان از آن‌ها برای پیش‌بینی قیمت در آینده استفاده کرد و بکارگیری آن‌ها برای پیش‌بینی قیمت سهام بی‌معنی است و نتیجه‌ای در بر نخواهد داشت. از سوی دیگر هستند افرادی که معتقدند قیمت سهام، روندها و الگوهای گذشته را دنبال می‌کنند و بنابراین می‌توان با استفاده از شاخص‌هایی که از داده‌های فنی و بنیادی به دست می‌آیند قیمت سهام را پیش‌بینی نمود.

در سال‌های اخیر علاوه بر پژوهش پیرامون روش‌های سنتی پیش‌بینی بازار سهام همانند سری‌های زمانی، تجزیه و تحلیل و پیش‌بینی قیمت سهام و یا تغییرات شاخص موضوع تعداد بسیاری از تحقیقات درزمینهٔ یادگیری ماشین نظیر محاسبات تکاملی و تشخیص الگو بوده است. پیشرفت در این زمینه نه‌تنها ما را قادر به تجزیه‌وتحلیل دقیق‌تر و مؤثرتر داده‌ها می‌سازد بلکه ما را قادر به درک الگوی اساسی موجود در بازارهای مالی می‌نماید. بهره‌برداری مؤثر از این روش‌های جدید محاسبات باعث می‌گردد که سرمایه‌گذاران و شرکت‌ها تصمیم‌های آگاهانهٔ بهتری اخذ نمایند (Tsang and Jaramillo, 2004).

در پژوهش‌های اخیر الگوریتم‌های تکاملی مختلف همانند شبکه‌های عصبی[1] (NN) و الگوریتم ژنتیک[2] (GA) به‌طور گسترده برای پیش‌بینی بازارهای مالی به گرفته‌شده‌اند. علاوه بر اینها اخیراً محافل علمی دنیا با معرفی حوزهٔ سیستم‌های طبقه‌بند یادگیر[3] (LCSs) توانسته‌اند امیدهایی برای غلبه بر برخی مشکلات رایج شبکه‌های عصبی نظیر فقدان قدرت توضیح دهندگی و واریانس بالا در نتایج را به متخصصان نشان دهند.

این تحقیق ضمن ارائه توصیفی درباره یکی از انواع سیستم‌های طبقه‌بند یادگیر موسوم به سیستم طبقه‌بند توسعه‌یافته[4] (XCS) از آن برای پیش‌بینی روند حرکتی قیمت سهام یکی از شرکت‌های حاضر در بازار اوراق بهادار تهران استفاده کرده و سپس دقت عمل آن را موردسنجش قرار داده است. البته ابزارهای تجاری مختلفی برای پیش‌بینی قیمت بر اساس داده‌های فنی و بنیادی وجود دارد، اما نمونه‌هایی که با استفاده از یادگیری ماشین و بدون نظارت و به‌صورت برخط سعی در مدل‌سازی و پیش‌بینی روند قیمت سهم داشته باشند بسیار نادر هستند. با بهره‌برداری از چنین ابزاری امکان کسب سود برای معامله گران حرفه‌ای و حتی سرمایه‌گذاران مبتدی در قالب یک سیستم راهنما و یا پشتیبان تصمیم وجود دارد.

www.SID.ir

Archive of SID

۲- مبانی نظری و مروری بر پیشینه پژوهش

در خصوص مدل‌های رفتاری و پیش‌بینی قیمت سهام دو نظریه اساسی مطرح است نظریه اول اینکه بازار سهام غیرقابل‌پیش‌بینی است که فرضیه‌هایی نظیر بازار کارا و تئوری قدم زدن تصادفی بر اساس آن شکل‌گرفته‌اند و نظریه دوم اینکه بازار سهام و مدل‌های رفتاری آن قابل پیش‌بینی است و این ادعا به‌عنوان مبنایی برای روش‌های مختلف پیش‌بینی قیمت سهام نظیر تحلیل‌های فنی، بنیادی و غیره مطرح است.

۲-۱- فرضیه بازار کارا

فرضیه بازار کارا دارای اشکال مختلفی است. در ابتدایی‌ترین شکل، فرضیه بازار کارا بیان می‌کند که بازارها تحت تأثیر اطلاعات می‌باشند یعنی تمامی اطلاعات در دسترس که برای کسب سود می‌توانند مفید باشند، به سرعت جذب قیمت سهام شده و نمایان می‌گردند و قیمت سهام ممکن است تنها در واکنش به اطلاعات جدید و غیرقابل‌پیش‌بینی، افزایش و یا کاهش یابد. به‌طورکلی در یک بازار کارا، قیمت ها علائم مناسب و صحیحی برای تخصیص منابع هستند در چنین بازاری افراد حقیقی و حقوقی می‌توانند تصمیم‌های متنوعی درزمینهٔ سرمایه‌گذاری گرفته و از بین اوراق بهاداری که توسط شرکت‌ها عرضه می‌گردد، بهترین انتخاب‌ها را انجام دهند.

فرضیه بازار کارا قیمت سهام را انعکاس اطلاعات شناخته‌شده می‌داند و جریان آینده اخبار که مشخص‌کننده قیمت‌ها در آینده می‌باشند را تصادفی و ناشناخته در نظر می‌گیرد. این نظریه به‌صورت تلویحی بیان می‌کند که امکان عواید بالای حد متوسط در بازار سهام از طریق معامله وجود ندارد. طبق این فرضیه امکان کسب درآمد تنها از طریق شانس و یا معامله از طریق اطلاعات داخلی (خصوصی) میسر است.

۲-۲- نظریه قدم زدن تصادفی

یکی از مهم‌ترین مدل‌های که شرایط حاکم بر بازار سهام را توضیح می‌دهد تئوری قدم زدن تصادفی است. بر اساس این مفهوم قیمت سهام غیرقابل‌پیش‌بینی است و الگوی تغییر قیمت‌ها همانند یک فرایند قدم زدن تصادفی عمل می‌نماید. فرضیه بازار کارا بر اساس نظریه قدم زدن تصادفی و برای آزمون آن مطرح شد. در حقیقت این نظریه برخلاف عقیده عده‌ای که معتقد هستند با به‌کارگیری روش‌های خاص می‌توان به تشریح و پیش‌بینی رفتار قیمت پرداخت مطرح می‌گردد.

۲-۳- انواع روش‌های پیش‌بینی

از زمان پیدایش بازارهای سهام تاکنون روش‌های مختلفی برای پیش‌بینی قیمت سهام به وجود آمده است. می‌توان گفت در عمل چهار استراتژی برای پیش‌بینی روند قیمت‌ها وجود دارد که عبارت‌اند از: تجزیه و تحلیل فنی، تجزیه و تحلیل بنیادی، سری‌های زمانی سنتی و روش‌های یادگیری ماشین (Kalyvas, 2001).

۲-۳-۱- تجزیه‌وتحلیل بنیادی[۵] (FA)

تجزیه و تحلیل بنیادی بیشتر مربوط به شرکت است تا به سهام (Shah, 2007) هدف از این روش پیش‌بینی، تخمین ارزش واقعی سهام به‌منظور سرمایه‌گذاری و تعیین ارزش حقیقی سهام از طریق بررسی پارامترهای نظیر رشد، پرداخت سود سهام، نرخ بهره، ریسک سرمایه‌گذاری، سطح فروش، نرخ مالیات و غیره است. از تجزیه و تحلیل بنیادی ترجیحاً برای سرمایه‌گذاری‌های بلندمدت استفاده می‌شود زیرا داده‌های بنیادی نظیر پرداخت سود سهام، درآمد و ترازنامه‌های یک شرکت فقط چندین بار در طول سال منتشر می‌شوند.

تحلیلگران بنیادی بر این باور هستند که بازار سهام تحت تأثیر عوامل منطقی قرار می‌گیرد تا اینکه

www.SID.ir

Archive of SID

تحت تأثیر عوامل روانی قرار گیرد. تجزیه‌وتحلیل بنیادی تحت تأثیر عوامل روانی نیست، زیرا از روی سوابق تاریخی، الگوهای قیمت و داده‌های فنی که در هرزمانی و در کسری از ثانیه تغییر می‌کنند، محاسبه نشده‌اند.

شاخص‌های به‌دست‌آمده از داده‌های بنیادی که با توجه به دارایی‌ها، درآمدها، سود سهام و میزان فروش در بازار محاسبه‌شده‌اند، برای پیش‌بینی قیمت سهام در آینده به‌کار می‌روند. شاخص‌های بنیادی متعددی برای کمک به پیش‌بینی قیمت سهام وجود دارد، اما به‌کارگیری تنها یک شاخص برای تولید سیگنال‌های خرید و یا فروش کافی نیست. این شاخص‌ها معیاری برای سنجش میزان مطلوبیت یک سرمایه‌گذاری می‌باشند. ازجمله شاخص‌های بنیادی می‌توان به مواردی نظیر سود هر سهم، قیمت به نسبت درآمد، نسبت سرمایه در گردش، رشد درآمدهای پیش‌بینی‌شده، نسبت پرداخت سود هر سهم، عملکرد سود سهام اشاره کرد.

۲-۳-۲- تجزیه‌وتحلیل فنی[۶] (TA)

تجزیه‌وتحلیل فنی در ارتباط با تأثیرات قیمت بر اساس روندها، الگوها و شاخص‌های دیگر با استفاده از تجزیه و تحلیل سری‌های زمانی است. روش تحلیل فنی بر پایه سه اصل اساسی بناشده است، که در تمامی بازارهای جهان صدق می‌کند و عبارتند از: اولاً همه‌چیز یک سهم در قیمت آن سهم منعکس می‌گردد. ثانیاً اینکه قیمت‌ها به‌صورت روندهایی حرکت می‌کنند که این روندها در برابر تغییرات مقاومت می‌کنند و ثالثاً روندهای بازار تکرار می‌شوند (کنی، ۱۳۸۳).

می‌توان تحلیل فنی را بر پایه عرضه و تقاضا تعریف نمود. استفاده‌کنندگان از تحلیل‌های فنی با استفاده از نمودارها، قیمت‌های تاریخی نظیر قیمت باز شدن، قیمت بسته شدن، کمترین قیمت و بیشترین قیمت و همچنین حجم سهام مبادله شده روند قیمت سهام در آینده را مشخص می‌نمایند. تکنسین‌ها با بررسی نمودارهای بین روزی، روزانه، هفتگی و ماهیانه و زمانی، سهام را در کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلندمدت تحلیل می‌نمایند (کنی، ۱۳۸۳).

تجزیه و تحلیل فنی همانند پیش‌بینی وضع هوا قطعاً به یک پیش‌بینی مطلق در آینده منجر نمی‌شود. تکنسین‌ها بازار را هشتاد درصد تحت تأثیر عوامل روانی و بیست درصد تحت تأثیر عوامل منطقی می‌دانند. در بیشتر موارد از نمودارهای قیمت به‌منظور تشخیص روندهایی که به نظر می‌رسد بر اساس عرضه و تقاضا شکل‌گرفته‌اند و اغلب نکات قابل‌توجه دارند، استفاده می‌شود. هدف تکنسین‌ها این است که روندها را شناسایی کرده و از آن‌ها برای تجارت و سرمایه‌گذاری و نهایتاً کسب سود استفاده نمایند.

۲-۳-۳- سری‌های زمانی سنتی[۷]

روش سری‌های زمانی سنتی داده‌های تاریخی را تجزیه و تحلیل کرده و جهت‌گیری قیمت‌ها در آینده را به‌صورت تابع خطی از داده‌های تاریخی پیش‌بینی می‌نماید. در اقتصادسنجی[۸] دو نوع استراتژی اساسی پیش‌بینی سری زمانی وجود دارد که عبارتند از رگرسیون ساده و رگرسیون چند متغیره (Kalyvas, 2001).

تجزیه و تحلیل رگرسیون برای پیش‌بینی متغیر وابسته با استفاده از سایر متغیرهای مستقل استفاده می‌شود. رگرسیون ساده یا خطی روشی است که تنها از یک متغیر مستقل استفاده می‌کند درحالی‌که رگرسیون چند متغیره فنی است که برای به دست آوردن متغیر وابسته از بیش از یک متغیر مستقل استفاده می‌کند.

۲-۳-۴- الگوریتم‌های یادگیری ماشین

طیف وسیعی از الگوریتم‌های یادگیری ماشین همانند تقویت[۹]، ماشین‌های بردار پشتیبان[۱۰]، K نزدیک‌ترین همسایه[۱۱]، الگوریتم ژنتیک، یادگیری

www.SID.ir

Archive of SID

تقویتی و شبکه‌های عصبی و غیره وجود دارند که برای پیش‌بینی نوسانات قیمت در مبادلات سهام قبل از رخداد واقعی آن‌ها در جهت کاهش یا افزایش قیمت به کار گرفته‌شده‌اند (Kalyvas, 2001) (Shah, 2007).

با توجه به اینکه بازار سهام یکی از پیچیده‌ترین و سرکش‌ترین بازارها در بین بازارهای مالی است. برای مواجهه با چنین مسئله پیچیده‌ایی سیستم‌های طبقه‌بند یادگیر ممکن است راه‌حلی را پیشنهاد دهند.آن‌ها یکی از انواع الگوریتم‌های یادگیری ماشین، چندبعدی و مبتنی بر قانون هستند که منشأ حیات و تکاملشان زیست‌شناسی تکاملی و هوش مصنوعی است. سیستم‌های طبقه‌بند یادگیر دارای دو خانواده اساسی سیستم‌های مبتنی بر قدرت[۱۲] و مبتنی بر دقت[۱۳] هستند که در کاربردهای مختلف به کار گرفته‌شده‌اند. الگوریتم ZCS[۱۴] سرآمد خانواده سیستم‌های مبتنی بر قدرت و XCS سرآمد خانواده الگوریتم‌های مبتنی بر دقت و گل سرسبد سیستم‌های طبقه‌بند یادگیر است.

۲-۴- پیشینه پژوهش

کندال (۱۹۵۳) در آزمایش قدم زدن تصادفی خود نشان داد که قیمت سهام به‌طور کامل تصادفی است و هیچ رابطه‌ای با عملکردش درگذشته ندارد. زمانی که روند قیمت غیرقابل‌پیش‌بینی به نظر می‌رسد، تأییدی بر بی‌خردی و ناکارآمدی بازار است. بااین‌حال در تجزیه‌وتحلیل دقیق‌تر مشخص شد که حرکت تصادفی قیمت نه یک حرکت غیرمنطقی بلکه نشانی از عملکرد خوب یا کارآمد بازار است (Bodie et al.,1998).

فرضیه بازار کارا فاما (۱۹۷۰) و مدل شرط‌بندی[۱۵] ساموئل سون (Samuelson, 1965) (Mandelbrot, 1966) کاربرد تجزیه‌وتحلیل فنی، بنیادی و هرگونه استراتژی پیش‌بینی قیمت سهام در آینده بر اساس داده‌های تاریخی، عمومی و خصوصی را رد کرده و بر این باور هستند که تمامی این اطلاعات در حال حاضر در قیمت فعلی ظهور یافته‌اند و کسب هرگونه درآمد هنگفت بر اساس پیش‌بینی از آن‌ها در آینده غیرممکن است.

Burton (۱۹۹۹) در آزمایش قدم زدن تصادفی خود اثبات نمود که قیمت سهام مطلقاً تصادفی است. این بدین معنی است که قیمت روز بعد کاملاً مستقل از اطلاعات فعلی و اطلاعات قیمت روزهای گذشته است.

Lo and Mackinlay (۲۰۰۲) نشان دادند که قیمت سهام یک‌روند طولانی‌مدت را دنبال می‌کنند و بنابراین قابل پیش‌بینی هستند. آن‌ها بازار هفتگی سهام در ایالات‌متحده را از سال ۱۹۶۲ الی ۱۹۸۵ بررسی و نشان دادند که می‌توان فرضیه قدم زدن تصادفی را به‌راحتی رد کرد.

تاریخچه استفاده از سیستم‌های طبقه‌بند یادگیر در پیش‌بینی بازار سهام برمی‌گردد به مدلی که Schulenburg (۲۰۰۱) در رساله دکتری خود با استفاده از سیستم های طبقه بند یادگیر و ترکیبی از نمایه های مختلف فنی ارائه و کارایی آن ها را آزمایش نمود.

Stone (۲۰۰۴) در رساله دکتری خود به ارزیابی کارایی سیستم‌های طبقه‌بند یادگیر مبتنی بر قدرت (ZCS) برای پیش بینی بازار مبادلات ارز پرداخته و اثر سیستم‌های طبقه‌بند یادگیر و الگوریتم ژنتیک را مقایسه نموده است. همچنین تحقیق انجام‌شده به‌وسیله Chen and Chen (۲۰۰۵) نشان داده که قیمت سهام و نوسانات شاخص را می توان با استفاده از سیستم های طبقه‌بند یادگیر توسعه یافته (XCS) و نمایه‌های فنی به‌گونه‌ای پیش‌بینی کرد که با تخمین دقیق منجر به کسب سود خوبی گردد.

Chen and Chen (۲۰۰۷) از XCS برای پیش بینی نوسانات قیمت سهام و ارزش شاخص استفاده کرده در مدل او از میانگین‌های متحرک و حجم اطلاعات برای تولید پیام های موردنیاز سیستم استفاده‌شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

در ایـران سـابقه اسـتفاده از XCS در مسـائل اقتصـادی برمـی‌گـردد بـه تحقیقـی کـه حقیقـی و همکارانش (۱۳۹۱) پیرامون پیش‌بینـی ورشکسـتگی سـهام شـرکت‌هـای حاضـر در بـورس بـا اسـتفاده از سیستم‌های طبقه‌بنـد یـادگیر XCS انجـام داده‌انـد. آن‌هـا بـا اسـتفاده از اطلاعـات پایگـاه داده UCI و الگوریتم XCS عامل هوشمندی را طراحی نموده‌انـد که می‌تواند با دقت نسبتاً بالایی امکان ورشکستگی یا عـدم ورشکسـتگی شـرکت‌هـای حاضـر در بـورس را پیش‌بینی نماید.

درزمینهٔ پیش‌بینی روند قیمت‌هـا طـی روزهـای آتی بازار بورس تهران بـا اسـتفاده از XCS تحقیقـی انجام‌نشده است اما دریکی از پژوهش‌های اخیر نیکـو اقبال و همکارانش (۱۳۹۳) به مقایسه دقت عملکـرد مدل‌های شبکه عصـبی ایسـتا و پویـا در پـیش‌بینـی بازدهی شاخص قیمت در بازار بورس تهران پرداختـه و نشان داده‌اند که شبکه عصبی ایستای فازی نسـبت به سایر شبکه‌های عصـبی ایسـتا و پویـا دارای دقـت عمل بیشتری در پیش‌بینی بـازدهی شـاخص قیمـت است.

در پژوهشی دیگر فلاح‌پور و همکـارانش (۱۳۹۲) سعی کردند مدلی ارائه نمایند تا بر اسـاس آن بتـوان روند حرکتی قیمت سهام شـرکت‌هـای مـوردنظر در بازار بورس تهران را با دقت بالایی پیش‌بینی نمود. بر همین اساس آن‌ها یک مدل ترکیبی برای پیش‌بینـی روند حرکتی قیمت سهام با استفاده از ماشـین بـردار پشتیبان بر پایه الگوریتم ژنتیک ارائـه کردنـد. نتـایج پژوهش آن‌ها نشان داد که مدل ترکیبی ماشین بردار پشتیبان بـر پایـهٔ الگـوریتم ژنتیـک عملکـرد خـوبی داشته و نسبت به روش ماشین بردار پشـتیبان سـاده از دقت بالاتری برخوردار است.

یکی از پژوهش‌های مربوط به پیش‌بینی شـاخص بـورس اوراق بهـادار در سـال‌هـای اخیـر بـه روش شبکه‌های عصبی انجام‌شده است (سینایی، مرتضـوی و تیمـوری اصـل، ۱۳۸۴) نتـایج نشـان داده کـه شبکه‌های عصبی عملکـرد بهتـری نسـبت بـه مـدل خطی ARIMA برای پیش‌بینی شاخص قیمت دارند.

در پژوهشی (منجمی، ابـزری و رعیتـی شـوازی، ۱۳۸۸) قیمت سهام در بازار بـورس اوراق بهـادار، بـه کمـک شـبکهٔ عصـبی فـازی و الگـوریتم ژنتیـک پیش‌بینـی‌شـده و نتـایج آن بـا روش شـبکهٔ عصـبی مصنوعی مقایسه شده است. نتـایج نشـان داده اسـت کـه مـدل ترکیبـی شـبکه‌هـای عصـبی فـازی و الگوریتم‌های ژنتیک پـیش‌بینـی‌هـای بسـیار بهتـری داشته و در مقایسه با شـبکه‌هـای عصـبی منفـرد، از سرعت و توانایی تقریب قوی‌تـری بـرای پـیش‌بینـی سهام برخوردار است.

عبادی (۱۳۸۸)، در مطالعه خـود بـه پـیش‌بینـی شاخص کل قیمت سـهام در بـازار بـورس تهـران بـا استفاده از شـبکه‌هـای عصـبی مصـنوعی پرداخـت و نشان داد، شـبکه عصـبی در بـرآوردن شـاخص کـل قیمـت سـهام بـورس اوراق بهـادار تهـران از کـارایی بالایی برخوردار است.

حسن‌زاده (۱۳۸۸)، قیمت سهام را با اسـتفاده از برنامه‌نویسی ژنتیک پیش‌بینـی کـرده اسـت. فرضـیه نخست او افـزایش متوسـط خطـا درنتیجـه افـزایش تعداد روزهای پیش‌بینـی بـود. ایـن فرضـیه در همـه موارد تأیید شد. فرضیه دوم، نسبت اجرای بهینـه بـه تعداد روزهای پیش‌بینی را بزرگ‌تر مساوی یک نشان داد. این فرضیه تنها در ۷۵ درصد موارد تأیید شد.

حسینی (۱۳۸۸)، در پایان‌نامه کارشناسـی ارشـد خـود بـه پـیش‌بینـی قیمـت سـهام بـا اسـتفاده از شبکه‌های عصبی در بازار بورس شیراز پرداخته است. در این پژوهش مدل‌سازی و پـیش‌بینـی رفتـار بـازار بورس به کمک شبکه عصبی انجـام گرفـت. نـامبرده به‌منزله مطالعه موردی، سه شـرکت را انتخـاب کـرد. نتایج این پژوهش نشان می دهـد کـه شـبکه عصـبی پیشنهادشده می‌تواند قیمت بسته روز آینده هـر سـه شرکت را با دقت بسیار خوبی پـیش‌بینـی کنـد. ایـن پـژوهش نشـان داد، اگـر متغیرهـای ورودی را از داده‌های فنی استفاده کنیم، می‌تـوانیم شـرکت‌هـای

www.SID.ir

Archive of SID

مختلف یا حتی صنعت‌های مختلف را تنها با یک شبکه مطالعه کنیم.

هاشمی (۱۳۸۹)، بررسی تأثیر فاکتورهای رفتاری بر پیش‌بینی قیمت سهام با استفاده از مدل شبکه‌های عصبی رگرسیونی و جلو سو را موردتوجه قرارداد و بامطالعه سهام ده شرکت تشکیل‌دهنده شاخص داوجونز به این نتیجه رسید که فاکتورهای رفتاری در پیش‌بینی قیمت سهام نُه شرکت از ده شرکت مؤثر هستند و دقت پیش بینی را به طرز چشمگیری افزایش می‌دهند.

اشهر (۱۳۸۹)، در پایان‌نامه کارشناسی ارشد خود در دانشگاه یزد، شاخص سهام را با استفاده از الگوریتم پرواز پرندگان تخمین زد و سپس نتیجه آن را با مدل‌های سنتی رایج در بورس اوراق بهادار تهران مقایسه کرد. نتایج پژوهش حاکی از آن است که الگوریتم پرواز پرندگان نسبت به تمام مدل های سنتی، دقیق‌ترین پیش‌بینی را ارائه می‌کند که این مدل هوشمند خطای برآورد را نسبت به بهترین مدل سنتی بهبود می بخشد. همچنین، الگوریتم پرواز پرندگان واریانس خطا را نسبت به مدل‌های سنتی بسیار کاهش می دهد که این نشان دهند دقت بالای این مدل هوشمند در پیش‌بینی است.

۳- توضیح الگوریتم و مدل پیشنهادی

۳-۱- توضیحی بر الگوریتم XCS

سیستم‌های طبقه‌بند یادگیر (LCS) ترکیبی از الگوریتم ژنتیک و یادگیری تقویتی هستند که توسط هلند (۱۹۷۵) ابداع‌شده‌اند. این سامانه‌ها مجموعه‌ای از قوانین به شکل «اگر شرط آنگاه عمل» را در یک سیستم تولید ایجاد می‌کنند. الگوریتم ژنتیک به‌منظور کشف قوانین جدید و جستجوی فضای حل مسئله به کار گرفته می‌شود درحالی‌که یادگیری تقویتی قوانین موجود را ارزش‌گذاری می‌کند. با مرور تمامی حالات ممکن شرط/عمل یادگیری تقویتی به‌گونه‌ای شرط‌ها و عمل‌ها را به یکدیگر نگاشت می‌کند که میزان پاداش دریافتی را بیشینه نماید.

یکی از انواع سیستم‌های طبقه‌بند یادگیر که امروزه به‌طور گسترده مورداستفاده قرار می‌گیرد ابداع زیرکانه ویلسون بانام XCS است (Wilson, 1995). XCS مخفف سیستم طبقه‌بند توسعه‌یافته است و از دسته سیستم‌های طبقه‌بند مبتنی بر دقت است و به این دلیل که میزان برازندگی طبقه‌بندها بر اساس دقت در تخمین پاداش دریافتی به‌جای خود تخمین پاداش دریافتی تعیین می‌گردد، متفاوت از سایر سیستم‌های طبقه‌بند است. XCS یک ماشین یادگیرنده برخط است که رفتارش را از طریق تعامل با محیط باگذشت زمان بهبود می‌بخشد و تنها هدفش این نیست که پاداش بیشتری دریافت نماید بلکه هدفش به حداکثر رساندن میزان پاداش‌های دریافتی در طولانی‌مدت از طریق یادگیری و کسب تجربه است. به سیستم حداقل اطلاعات داده می‌شود و بنابراین بیشتر دانش خود را از طریق تلاش برای تطبیق با محیط خودش کسب می‌نماید. در حقیقت به سیستم چگونگی انجام کارها نشان داده نمی‌شود (یادگیری بدون ناظر) اما اجازه داده می‌شود که طی چرخه‌های ورود داده‌ها، انتخاب عمل و تقویت داشته‌های خود، یاد بگیرد. اگر کارش را خوب انجام داد پاداش دریافت می‌کند وگرنه مجازات می‌شود.

۳-۱-۱- بررسی اجمالی چارچوب XCS

XCS مجموعه‌ای از طبقه‌بندها (جمعیت) به شکل شرط، عمل و پیش‌بینی است که هر طبقه‌بند عضو مجموعه به‌وسیله ۵ قسمت از سایرین متمایز شده است.

۱) شرط یا $C \in \{1,0,\#\}^L$ به‌منظور تشخیص این‌که چه طبقه‌بندهای قابل تطبیق با ورودی دریافت شده از محیط رادارند، استفاده می‌شود.

۲) $A \in \{a_1, a_2, \dots a_n\}$ عملی است که یک طبقه‌بند پیشنهاد می‌کند.

۳) پیش‌بینی یا p، تخمینی از میزان پاداش مورد انتظاراست، در حالتی که طبقه‌بند انتخاب‌شده و عمل پیشنهادی آن به محیط اعمال گردد.

www.SID.ir

Archive of SID

۴) خطای تخمین ε که تخمینی از میانگین تفاوت مابین پاداش دریافتی (R) و مقدار تخمینی طبقه‌بند مزبور را نشان می‌دهد. درواقع انحراف مطلق میانگین خطای تخمینی با توجه به پاداش دریافتی را محاسبه می‌کند.

۵) برازندگی F، میزان برازندگی یک طبقه‌بند است و تخمینی از دقت نسبی و تراز شده از مقدار تخمینی است.

به‌طور ساده می‌توان یک طبقه‌بند را به‌صورت رابطه ۱ نمایش داد

رابطه (۱)

$$< \text{Condition} >: < \text{Action} > \Longrightarrow \text{Prediction}$$

درصورتی‌که ۱ به معنی افزایش، ۰ کاهش و # نامشخص باشد اگر طبقه‌بندی همانند زیر موجود باشد

10##1#: 1 ⇒ 632.6

تفسیرش این است که اگر بیت اول و پنجم ۱ باشد و بیت دوم ۰ و مابقی بیت‌ها # (نامشخص) باشند هنگامی‌که عمل ۱ به محیط اعمال شود تخمین پاداش ۶۳۲,۶ خواهد بود. با توجه به قسمت شرط این طبقه‌بند با تعداد m^n ورودی جور است که n تعداد بیت‌های # (نامشخص) آن و m تعداد عمل‌های ممکن (۰ و ۱) است که اینجا $۲^۳ = ۸$ خواهد بود.

100010
100011
100110
100111
...

۳-۱-۲- چرخه یادگیری XCS

در ابتدا معمولاً [p] یا همان جمعیت طبقه‌بندها تهی است. سیستم پیام‌های محیط را دریافت نموده و آن‌ها را به‌گونه‌ای که برای ورود به XCS مناسب باشد رمزگشایی می‌کند. پس از دریافت ورودی (۰۰۱۱) XCS آن را با جمعیت طبقه‌بندها مطابقت می‌دهد تا طبقه‌بندهای که با ورودی جور هستند مشخص شوند. ۴ طبقه‌بندی از جمعیت که در شکل ۱ متمایز نشان داده‌شده‌اند همان‌های هستند که قسمت شرط آن‌ها با ورودی (۰۰۱۱) جور است و مجموعه جورها یا [M] را تشکیل می‌دهند درصورتی‌که هیچ طبقه‌بندی از جمعیت قابلیت تطبیق با ورودی را نداشته باشد سیستم به کمک عملیات پوشش[16] از روی ورودی به‌طور تصادفی طبقه‌بندی را ایجاد می‌کند که دارای تعداد مشخصی علامت # در برخی از موقعیت‌های خود است. قسمت عمل آن را نیز به‌طور تصادفی از بین عمل‌های ممکن تعیین و برای پارامتر پیش‌بینی آن نیز مقدار اولیه پایینی در نظر گرفته می‌شود. عملیات پوشش در شروع به کار سیستم به‌دفعات به کار گرفته می‌شود و با گذر زمان قوانین جدید به کمک عمل اکتشاف و از روی قوانین موجود ایجاد می‌شوند. به‌عنوان‌مثال اگر هیچ طبقه‌بندی عضو جمعیت وجود نداشته باشد که با ورودی ۱۱۰۱۱۰۱۰ جور باشد طبقه‌بند جدیدی همانند 1#01#01#:0 ⇒ 10 به کمک عملیات پوشش ایجاد می‌گردد. در ادامه کار XCS پس از ایجاد مجموعه جورها، آرایه پیش‌بینی P(A) را برای هر یک از عمل‌های ممکن تشکیل داده و میزان پاداش دریافتی به ازای هر عمل را تخمین می‌زند. در شکل ۱ در مجموعه جورها دو طبقه‌بند پیش‌بینی ۱ و دوتای دیگر پیش‌بینی عمل ۰ را داشته‌اند. XCS میانگین وزنی برازندگی پیش‌بینی‌ها برای هر یک از عمل‌ها را بر اساس رابطه ۲ محاسبه می‌نماید.

(۲)

$$\text{میانگین وزنی برازندگی} = \frac{\sum prediction * fitness}{\sum fitness}$$

$$P(1) = \frac{43*99+27*3}{99+3} = 42.57$$

به‌طور مشابه می‌توان P(0) را محاسبه نمود که مقدار آن برابر با ۱۶,۶خواهد بود.

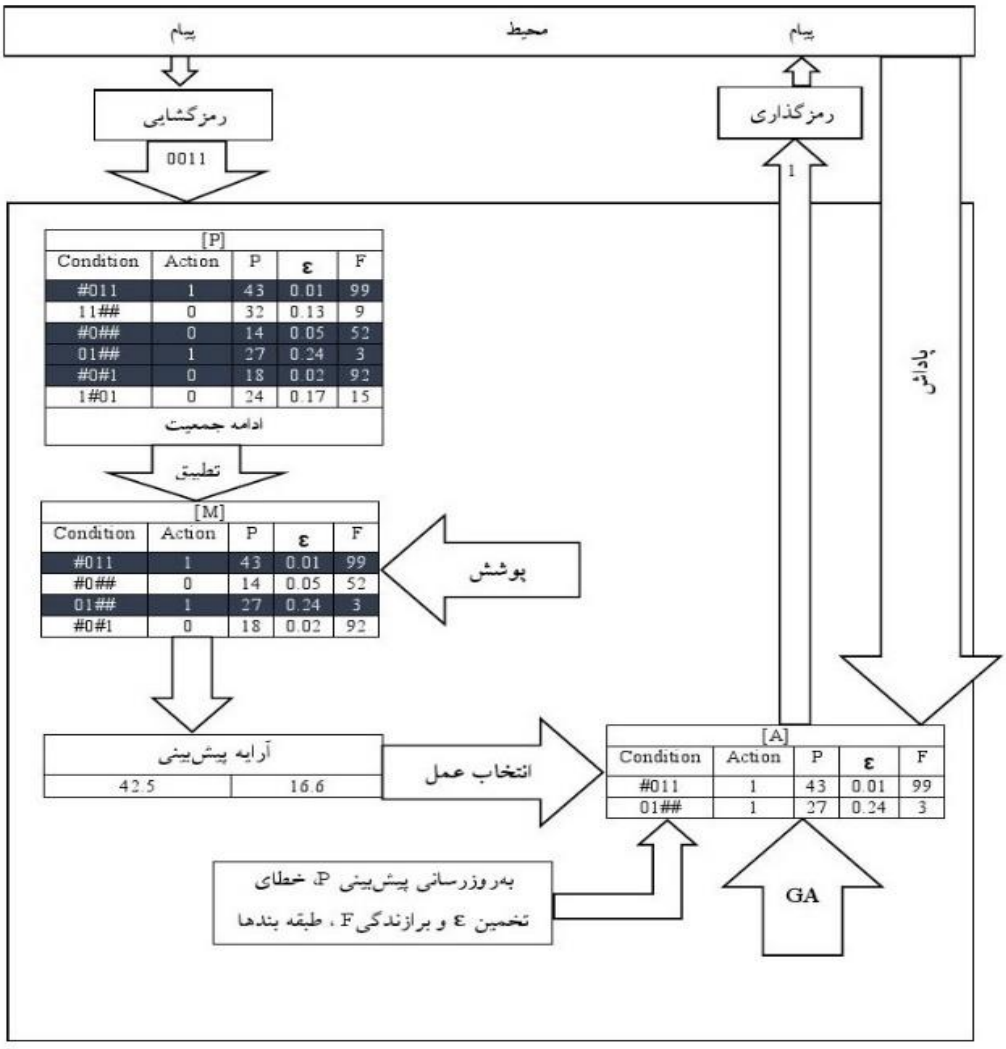
بنابراین P(A)، میانگین وزنی برازندگی تخمین پیش‌بینی پاداش تمامی طبقه‌بندهای عضو مجموعه جورها [M] برای هر عمل را نمایش می‌دهد. XCS

www.SID.ir

Archive of SID

اغلب اوقات بر اساس یک سیاست حریصانه بهترین عمل را از روی آرایه تخمین انتخاب می‌کند و در برخی مواقع و با احتمالی کم، عملی که کمتر بهینه باشد را به‌تصادف از روی آرایه پیش‌بینی انتخاب می‌نماید. پس از انتخاب یک عمل تمامی طبقه‌بندهای عضو مجموعه جورها که آن را پیشنهاد نموده‌اند مجموعه عمل [A] را تشکیل می‌دهند.

در شکل ۱ بهترین عمل (دارای بیشترین مقدار پیش‌بینی در آرایه تخمین) انتخاب‌شده و دو طبقه‌بندی که از آن حمایت کرده‌اند از مجموعه جورها انتخاب و به مجموعه عمل اضافه‌شده‌اند. سیستم عمل تعیین‌شده را اجرا کرده و به‌صورت پیام مناسبی آن را به محیط ارسال می‌نماید. در چرخه بعد صحت عمل پیشنهادشده بر اساس بازخورد محیط مورد قضاوت قرار می‌گیرد. به خاطر انتخاب عمل صحیح پاداش ۱۰۰۰ به سیستم داده می‌شود و برای انتخاب عمل اشتباه پاداش ۰ برای سیستم در نظر گرفته می‌شود. این پاداش برای به‌روزرسانی پارامترهای طبقه‌بندهای عضو مجموعه عمل [A] که پیشنهاددهنده آن عمل بوده‌اند استفاده می‌گردد.



شکل ۱- گردش کار XCS

www.SID.ir

Archive of SID

۳-۱-۳- به‌روزرسانی پارامترها

در هنگام ایجاد یک طبقه‌بند مقادیر مربوط به پارامترهای آن با مقادیر کم مقداردهی اولیه می‌شوند که این مقادیر باگذشت زمان اصلاح‌شده و بهبود می‌یابند. کدهای زیر نحوه به‌روزرسانی میزان برازندگی و سایر پارامترهای متعلق به یک طبقه‌بند عضو مجموعه عمل [A] را نشان می‌دهند که از کار Butz and Wilson (۲۰۰۱) اقتباس‌شده است.

۱- پیش‌بینی

Prediction⟵Prediction+β*(Reward - prediction)

۲- خطای پیش‌بینی

Prediction error ⟵Prediction error + β * (|Reward – prediction| - Prediction error)

۳- میزان برازندگی

UPDATE FITNESS ([A])
AccuracySum⟵0
Initialize accuracy vector k
for each classifier cl in [A]
if (Prediction error $<\varepsilon_0$)
$k(cl) \leftarrow 1$
else

$$k(cl) \leftarrow \alpha * (prediction\ error/\varepsilon_0)^{-v}$$

AccuracySum⟵ AccuracySum + $k(cl)$
for each classifier cl in [A]

$$\text{fitness} \leftarrow \text{fitness} + \beta * \left(\frac{k(cl)}{\text{AccuracySum}-\text{fitness}}\right)$$

جای که α, ε_0, v پارامترهای برای به‌روزرسانی میزان برازندگی و β نرخ یادگیری است که برای به‌روزرسانی پیش‌بینی، خطای پیش‌بینی و میزان برازندگی استفاده می‌شود. مقادیر ثابت عددی برای $\alpha = 0.1, \varepsilon_0 = 10, v =$ برابر است با $\alpha\ \varepsilon_0, v, \beta$ $5, \beta = 0.2$ (Butz and Wilson, 2001).

۳-۱-۴- تکامل قوانین[۱۷]

XCS از الگوریتم ژنتیک[۱۸] (GA) برای تکامل تدریجی قوانین استفاده می‌کند. اگر میانگین زمان از آخرین مرتبه‌ای که الگوریتم ژنتیک به کار گرفته‌شده است از یک‌میزان مشخص بیشتر باشد، پس از آن الگوریتم ژنتیک برای تولید قوانین جدید از روی قوانین موجود در مجموعه عمل [A] به کار گرفته می‌شود. GA دو والد را با توجه به نسبت میزان برازندگی آن‌ها از مجموعه عمل [A] انتخاب می‌نماید سپس از روی آن‌ها به کمک عملیات تعویض و جهش دو فرزند ایجادشده و در جمعیت طبقه‌بندها [P] با یکدیگر به رقابت می‌پردازند. اگر طبقه‌بند جدید قابل پوشش توسط طبقه‌بند دیگری باشد به جمعیت اضافه نمی‌شود و در طبقه‌بند موجود ادغام می‌گردد. میزان طبقه‌بندهای عضو جمعیت ثابت است و در صورت وجود طبقه‌بند مازاد عملیات حذف طبقه‌بندها رخ می‌دهد. اگر طبقه‌بندی تجربه زیادی داشته باشد ولی میزان برازندگی‌اش کم باشد شانس حذفش بیشتر خواهد بود؛ اما هرچقدر که یک طبقه‌بند جامع‌تر باشد بدین معنی که دارای تعداد کاراکتر # بیشتری باشد عضو مجموعه‌های عمل بیشتری خواهد بود و درنتیجه بیشتر در چرخه زادوولد شرکت نموده و سریع‌تر گسترش پیدا می‌کنند و بنابراین از GA انتظار می‌رود دقت را تکامل بخشیده و راه‌حل‌های درنهایت جامعیت را به‌عنوان خروجی تولید نماید.

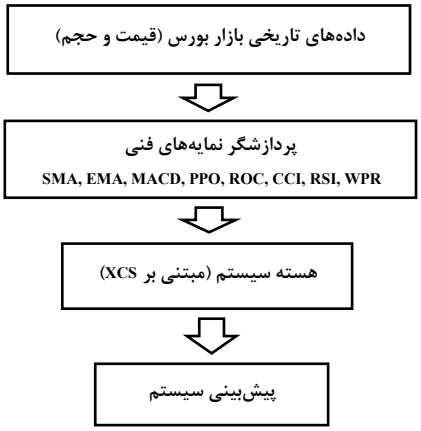
۳-۲- طرح‌ریزی مدل پیشنهادی مبتنی بر XCS

در شکل ۲ طرح مدل پیشنهادی به تصویر کشیده شده است. هدف نهایی سیستم پیش‌بینی روند قیمت سهام در روز آتی است. برای این منظور از اطلاعات روز قبل سهام از قبیل قیمت (قیمت‌های باز شدن، بسته شدن، بالاترین قیمت و کمترین قیمت) و حجم استفاده‌شده است. با استفاده از این داده‌ها و به کمک فرمول‌های ریاضی نمایه‌های فنی مختلفی محاسبه و مقادیرشان مشخص گردیده است. انواع مختلفی از نمایه‌های فنی وجود دارند که می‌توان از آن‌ها برای انواع مختلف از سهام موجود در بازار استفاده کرد. در اینجا مجموعاً ۸ نمایهٔ فنی SMA,EMA,MACD,PPO,ROC,CCI,RSI,WPR که به‌طورمعمول و به‌صورت گسترده توسط

www.SID.ir

Archive of SID

سرمایه‌گذاران استفاده می‌شوند به کار گرفته‌شده‌اند. کارایی برخی از این نمایه‌های فنی برای بازار بورس تهران اثبات‌شده است (نبوی چامشی، سید علی، ۱۳۹۰). هرکدام از این نمایه‌ها سیگنالی مبنی برافزایش یا کاهش قیمت تولید می‌کنند. مقادیر به‌دست‌آمده از نمایه‌های مختلف به‌منظور ساخت و ایجاد یک بردار بیتی (۰ و ۱) که وضعیت یا حالت بازار را نشان می‌دهند با یکدیگر ترکیب‌شده‌اند. اگر نمایه‌ای سیگنالی افزایش صادر کرده مقدار یک و اگر سیگنال کاهشی صادر کرده مقدار صفر برای آن نمایه در بردار بیتی ذکرشده در نظر گرفته‌شده است. لازم به ذکر است که ترتیب قرار گرفتن مقادیر مربوط به نمایه‌های مختلف بر روی بردار بیتی مذکور مهم است و در کل آزمایش یکسان در نظر گرفته‌شده است. بردار بیتی حاصل‌شده به‌عنوان ورودی که حاصل حسگرهای محیطی در ارتباط با بازار است به XCS داده‌شده و XCS با بهره‌برداری از دانشی که طی تجربه‌های قبلی کسب کرده است خروجی لازم را تولید نموده است. خروجی یک حاکی از پیش‌بینی مثبت بودن قیمت روز بعد و خروجی صفر حاکی از پیش‌بینی منفی بودن قیمت در روز بعد است. در روز بعد اگر XCS پیش‌بینی درستی از وضعیت قیمت ارائه داده باشد، توسط سیستم پاداش دریافت کرده و درصورتی‌که پیش‌بینی نادرستی از وضعیت بازار ارائه کرده باشد توسط سیستم مجازات شده است. بدین ترتیب XCS در هرروز با توجه به پاداش یا مجازات دریافتی داشته‌های خود را تقویت نموده و سعی در کاهش خطای پیش‌بینی داشته است.



شکل ۲- طرحی از مدل پیشنهادی

۴- روش‌شناسی پژوهش

این پژوهش کاربردی بوده، مبتنی بر پژوهش‌های میدانی است؛ یعنی بر مبنای اطلاعات جمع‌آوری‌شده از یکی از شرکت‌های فعال در بازار بورس تهران، فرضیه پژوهش مورد آزمون قرارگرفته است. در این پژوهش، ابتدا پیش‌بینی روند حرکتی قیمت سهام در روز آتی به کمک مدل قدم زدن تصادفی انجام گرفت و دقت پیش‌بینی این روش محاسبه شد. سپس مدلی پیشنهادی مبتنی بر XCS به کار گرفته‌شده و دقت پیش‌بینی این روش نیز محاسبه‌شده است. در آخر به مقایسه دقت پیش‌بینی روش قدم زدن تصادفی و مدل پیشنهادی پرداخته‌شده است.

هدف اصلی این پژوهش طرح مدلی است که با استفاده از XCS و همچنین دریافت داده‌های پیشین بازار و به کمک نمایه‌های فنی، بدون ناظر و به کمک یادگیری تقویتی و شبیه‌سازی بازار الگوی تغییر قیمت‌ها در بازار سرمایه را کشف و نهایتاً روند حرکتی قیمت یک روز آتی را پیش‌بینی نماید. منظور از روند حرکتی قیمت سهام، مثبت یا منفی بودن قیمت پایانی سهام در یک روز بعد تعریف‌شده است. فرض پژوهش بر این استوار است که اگر قیمت پایانی سهم موردنظر در روز بعد نسبت به امروز مثبت باشد خروجی یک تعریف شود در غیر این صورت اگر قیمت پایانی سهم موردنظر در روز بعد

www.SID.ir

Archive of SID

منفی باشد خروجی صفر تولید شود. فرضیهٔ پـژوهش بدین‌صورت تعریف‌شده اسـت کـه مـدل پیشـنهادی مبتنی بـر XCS عملکـرد بهتـری از مـدل قـدم زدن تصادفی برای پیش‌بینی روند حرکت قیمت سـهام در روز آتی دارد.

۴-۱- مدل قدم زدن تصادفی[۱۹]

در مدل قدم زدن تصادفی، الگوریتم برای هـرروز معامله پیش‌بینی افزایش و یا کـاهش قیمـت داشـته است. درصورتی‌که الگوریتم پیش‌بینی درستی داشته به‌عنوان‌مثال پیش‌بینی افزایش قیمت داشته باشـد و قیمـت پایـانی سـهام مـوردنظر افـزایش‌یافتـه و یـا پـیش‌بینـی کـاهش قیمـت داشـته و قیمـت پایـانی کاهش‌یافتـه اسـت موفقیـت و در غیـر ایـن صـورت شکست در نظر گرفته‌شده اسـت. درنتیجـه ایـن‌یـک آزمـایش برنـولی اسـت و توزیـع آن، تـوزیعی اسـت گسسته که مقـادیر ۱ (در صـورت موفقیـت) و ۰ (در صورت شکست) را می‌گیرد. اگر احتمال موفقیـت در یک آزمایش برنولی p باشـد آنگـاه احتمـال شکسـت برابر q=1-p خواهد بود. الگـوریتم بـرای پـیش‌بینـی روزهای معاملاتی X که مستقل از یکدیگر هستند به کار گرفته‌شده است و توزیع آن تـوزیعی دوجملـه‌ای است[۲۰]. در علـم آمـار و احتمـال توزیـع دوجملـه‌ای، تـوزیعی گسسـته از تعـداد موفقیـت‌هـا در دنبالـه‌ای شامل X آزمایش مسـتقل برنـولی همـه بـا احتمـال موفقیت p است. اگر فرض شـود کـه تعـداد روزهـای افزایش و کاهش قیمت طی یک دوره زمـانی یکسـان باشد، آنگاه احتمال اینکـه κ پـیش‌بینـی از مجمـوع پیش‌بینی‌ها صحیح باشد از رابطه ۳ به دست می‌آید.

(۳)

$$P(\text{Hit rate} = k) = \binom{n}{k} 0.5^k * (1 - 0.5)^{n-k}$$

و این به معنای تبعیت $P(\text{Hit rate} \leq k)$ از توزیع دوجمله‌ای است و بنا بر رابطه ۴ خواهیم داشت:

(۴)

$$P(\text{Hit rate} > k) = 1 - P(\text{Hit rate} \leq k) = 1 - \text{bionom cdf}(k, n, 0.5)$$

که bionom cdf تابع توزیع تجمعی است.

۴-۲- داده‌های پژوهش

در این پژوهش از داده‌های تاریخی قیمت و حجم مبادلات شرکت ایران‌خودرو که یکی از شـرکت‌هـای فعال صنعت خودرو ایران و بازار بورس تهـران اسـت استفاده‌شده اسـت. تنهـا دلیـل اسـتفاده از داده‌هـای مرتبط با این شرکت تنها بـه خـاطر تعـداد روزهـای معامله موردنیاز به‌منظـور آمـوزش و بهـره‌بـرداری از مدل اسـت. داده‌هـای موردنیـاز از شـرکت مـدیریت فن‌آوری بورس تهران گردآوری‌شده است. این داده‌ها شامل تاریخ، قیمت آغـازین، بـالاترین و پـایین‌تـرین قیمت ثبت‌شده برای یک روز، قیمت پایـانی و حجـم سهام معاملـه‌شـده اسـت. بـرای آزمـایش و سـنجش کـارایی سیسـتم از سـوابق تـاریخی معـاملات سـهام شـرکت ایـران‌خـودرو طـی ۱۶۰۰ روز معاملـه بـین تـــاریخ‌هـــای ۱۳۸۰/۰۱/۰۵ الـــی ۱۳۸۸/۰۳/۲۷ استفاده‌شده است.

۴-۳- یافته‌های پژوهش

برای اینکه درستی دقت پـیش‌بینـی دو مـدل بـا یکدیگر مقایسه شود به تعداد ۱۰ مرتبه آزمـایش بـر روی‌داده‌هـای یکسـان تکـرار و نتـایج حاصـل از پیش‌بینی هر دو مدل ثبت گردید. میزان دقت هر دو مدل بر اساس میانگین تعداد پیش‌بینی‌هـای صـحیح آن‌ها به ازای هـر ۵۰ پـیش‌بینـی پـس از ۱۰ مرتبـه آزمایش ثبت‌شده است. منظور از پیش‌بینـی صـحیح یعنـی زمـانی کـه رونـد واقعـی بـازار مثبـت بـوده و خروجی مدل هم مثبت برآورد شده است و یا زمـانی که روند واقعی بازار منفی بوده و خروجـی مـدل هـم منفی برآورد شده است. لازم به ذکر است که نیمی از داده‌های مورد استفاده توسط مدل پیشنهادی صـرف

www.SID.ir

Archive of SID

یادگیری و تنها نیمی دیگر برای بهره‌برداری استفاده‌شده است. جدول ۱ نتایج کلی به‌دست‌آمده از دو مدل قدم زدن تصادفی و مدل مبتنی بر XCS را نشان می‌دهد.

جدول ۱- دقت کل پیش‌بینی برای دو مدل قدم زدن تصادفی و مدل مبتنی بر XCS

نام نماد		میانگین	بیشترین	کمترین	انحراف استاندارد
خودرو	XCS	۰,۶۶	۰,۶۹	۰,۶۴	۰,۰۱۳۴۷۳
	RW	۰,۴۶	۰,۴۸	۰,۴۴	۰,۰۱۲۵۵۳

همان‌طور که از نتایج جدول ۱ مشخص است دقت کل پیش‌بینی در مدل مبتنی بر XCS نسبت به مدل قدم زدن تصادفی بالاتر به‌دست‌آمده است که نشان از عملکرد بهتر این مدل نسبت به مدل قدم زدن تصادفی است. با توجه به نتایج درج‌شده در جدول ۱ میانگین دقت پیش‌بینی مدل مبتنی بر XCS برابر ۶۶ درصد است. احتمال اینکه نتیجه معادل یک آزمایش قدم زدن تصادفی باشد با توجه به رابطه ۴ برابر صفر است.

$$P(\text{Hit rate} > 1056) = 1 - P(\text{Hit rate} \leq 1056) = 1 - \text{bionom cdf}(1056, 1600, 0.5) = 1 - 1 = 0$$

۴-۴- تجزیه‌وتحلیل داده‌ها و آزمون فرضیات

برای مقایسه دقت پیش‌بینی مدل پیشنهادی (XCS) و مدل قدم زدن تصادفی فرضیهٔ اصلی به شرح زیر مطرح می‌گردد.

فرضیه: هیچ اختلافی در دقت پیش‌بینی روند قیمت روز آتی بین مدل پیشنهادی XCS و قدم زدن تصادفی وجود ندارد.

۴-۴-۱- آزمون لون و آزمون t با دو نمونه مستقل[۲۱]

در ابتدا به کمک آزمون لون همگن بودن واریانس متغیر دقت پیش‌بینی موردبررسی قرار می‌گیرد. فرض صفر این آزمون آن است که واریانس متغیر دقت پیش‌بینی در دو گروه تفاوت معناداری باهم ندارند و فرض جایگزین آن مبنی بر تفاوت معنادار در واریانس متغیر دقت پیش‌بینی بین دو گروه موردمطالعه است. نتایج حاصل از آزمون در جدول ۲ آورده شده است. با توجه به سطح معناداری (۰,۰۱۸) حاصل از آزمون لون برای متغیر دقت پیش‌بینی، شرط برابری واریانس رد شده بدین معنی که واریانس‌ها در دو نمونه برابر نمی‌باشند.

جدول ۲- نتیجه آزمون همگونی واریانس لون

آماره آزمون F	سطح معناداری
۶,۲۸۰	۰,۰۱۸

در ادامه با استفاده از آزمون t نمونه‌های زوجی حاصل از دو مدل آزمایشی با یکدیگر مقایسه شد. درصورتی‌که اختلاف معناداری وجود داشته باشد فرضیه صفر مبنی بر عدم اختلاف در دقت پیش‌بینی مدل پیشنهادی XCS و قدم زدن تصادفی رد شده و در غیر این صورت فرضیهٔ صفر پذیرفته می‌شود. با توجه به نتایج آزمون t (جدول ۳) به دلیل کمتر بودن سطح معناداری آزمون (۰,۰۰۰) از مقدار ۰,۰۵، فرض صفر رد می‌گردد. به‌عبارتی‌دیگر دقت پیش‌بینی در میان دو مدل دارای تفاوت معناداری است؛ بنابراین فرضیه جایگزین آزمون در سطح اطمینان ۹۵ درصد تائید می‌شود که نشان از بالاتر بودن دقت مدل مبتنی بر XCS است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳- نتیجه آزمون t برای مقایسه نتایج حاصل از پیش‌بینی دو مدل XCS و قدم زدن تصادفی

شاخص‌ها / متغیرها مقایسه‌ای	آماره آزمَون t	درجه آزادی	سطح معناداری	اختلاف میانگین	خطای انحراف استاندارد	فاصله اطمینان در سطح معناداری ۹۵ درصد	
						حد پایین	حد بالا
دقت پیش‌بینی	۱۰,۱۶۰	۲۴,۰۳۷	۰,۰۰۰	۰,۲۰۲۶۳	۰,۰۱۹۹۴	۰,۱۶۱۴۷	۰,۲۴۳۷۸

۵- نتیجه‌گیری و بحث

مدل پیشنهادی مبتنی بر XCS به همراه مدل قدم زدن تصادفی بر روی‌داده‌های واقعی سهام شرکت ایران‌خودرو به‌منظور پیش‌بینی روند حرکت قیمت در روز آتی به کار گرفته شدند. مقایسهٔ عملکرد دو مدل با یکدیگر نشان داد که مدل پیشنهادی مبتنی بر XCS نسبت به مدل قدم زدن تصادفی در سطح معناداری (بیش از ۹۵ درصد) عملکرد بهتری داشته و از دقت عمل بیشتری در پیش‌بینی برخوردار بوده است. نتایج حاصل نشان می‌دهد که با توجه به پیچیدگی‌های بازار بورس مدل پیشنهادی مبتنی بر XCS در حد قابل قبولی قادر به پیش‌بینی روند حرکت قیمت در روز آتی با استفاده از نمایه‌های فنی و استفاده از داده‌های تاریخی قیمت سهام است در چنین حالتی می‌توان نتیجه گرفت که حداقل در خصوص سهام شرکت موردبررسی در این پژوهش تغییرات قیمت از الگوی قدم زدن تصادفی پیروی نکرده است و تغییرات قیمت بر اساس الگوی خاصی صورت گرفته است که این موضوع گواهی بر ناکارا بودن بازار برای سهام بررسی شده است.

با توجه به نتایج حاصل‌شده در این تحقیق می‌توان امید داشت که از سیستم‌های طبقه‌بند یادگیر به‌عنوان یکی از زمینه‌های محاسبات تکاملی در حل مسائل و مشکلات اقتصادی بازارهای مالی مختلف داخلی استفاده نمود.

از آنجائی که تعداد نمایه‌های فنی مختلف وجود دارد، پیشنهاد می‌گردد در پژوهش‌های آتی ترکیبی دیگری از نمایه‌های فنی مورد بررسی قرار گیرد. همچنین می‌توان ترکیبی از نمایه‌های فنی و نمایه‌های بنیادی را برای بهبود عملکرد مورد استفاده قرارداد. ضمناً می‌توان در پژوهش‌های آتی از XCS برای پیش‌بینی مواردی همچون پیش‌بینی شاخص بازار بورس، پیش‌بینی قیمت طلا و ارز و پیش‌بینی قیمت نفت در بازارهای جهانی و مسائلی ازاین‌دست استفاده نمود. در پایان پژوهشگر آمادگی خود برای همکاری با سایر محققان در این زمینه تحقیقی را اعلام می‌نماید.

فهرست منابع

* اشهر، م. (۱۳۸۹). پیش‌بینی شاخص سهام با استفاده از الگوریتم پرواز پرندگان و مقایسه آن با مدل‌های سنتی رایج در بورس اوراق بهادار تهران. پایان نامهٔ کارشناسی ارشد، دانشکدهٔ مدیریت و اقتصاد دانشگاه یزد.
* جهانخانی، ع.، عبده تبریزی، ح. (۱۳۷۲). نظریه بازار کارای سرمایه . تحقیقات مالی،۱ (۱):۲۳-۷.
* حسن زاده، س. (۱۳۸۸). پیش‌بینی قیمت سهام با استفاده از برنامه‌ریزی ژنتیک. پایان نامهٔ کارشناسی ارشد، دانشکدهٔ مدیریت واقتصاد دانشگاه تربیت مدرس، تهران.
* حسینی، م. (۱۳۸۸). پیش بینی قیمت سهام با استفاده از شبکه‌های عصبی (مطالعهٔ مورد ی: بازار بورس شیراز). پایان نامهٔ کارشناسی ارشد، دانشگاه شیراز.
* حقیقی، م.، مشتاقی یزدانی، ن. و معتمدزاده، ح. (۱۳۹۲). پیش بینی ورشکستگی سهام شرکت های حاضر در بورس با استفاده از سیستم های طبقه بند (XCS) توسعه یافته، اولین همایش ملی مهندسی کسب و کار، کرمان.

www.SID.ir

Archive of SID

* سینایی، ح.، مرتضوی، س. و تیموری اصل، ی. (۱۳۸۴). پیش بینی شاخص بورس اوراق بهادار با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی. بررسی‌های حسابداری و حسابرسی، ۱۲(۴۱): ۵۹-۸۳.
* عبادی، ا. (۱۳۸۸). پیش‌بینی شاخص کل قیمت سهام در بازار بورس تهران با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی. پایان نامهٔ کارشناسی ارشد. دانشکدهٔ اقتصاد و علوم اجتماعی دانشگاه بوعلی سینا، همدان.
* فلاح پور، س.، گل ارزی، غ. و فتوره چیان، ن. (۱۳۹۲). پیش بینی روند حرکتی قیمت سهام با استفاده از ماشین بردارپشتیبان برپایهٔ الگوریتم ژنتیک در بورس اوراق بهادار تهران. تحقیقات مالی، ۱۵ (۲): ۲۸۸-۲۶۹.
* کنی، ا. ع. (۱۳۸۳). مبانی تحلیل تکنیکی بازار سرمایه. تهران.
* منجمی، س.ا.، ابزری، م. و رعیتی شوازی، ع. (۱۳۸۸). پیش بینی قیمت سهام در بازار بورس اوراق بهادار با استفاده ازشبکهٔ عصبی فازی و الگوریتم های ژنتیک و مقایسهٔ آن با شبکهٔ عصبی مصنوعی. فصلنامهٔ اقتصاد مقداری، ۶(۳):۲۶-۱.
* نبوی‌چاشمی، ع.، حسن‌زاده، آ. (۱۳۹۰). بررسی کارایی شاخص MA در تحلیل تکنیکال در پیش بینی قیمت سهام. فصلنامهٔ دانش مالی تحلیل اوراق بهادار، ۵(۵): ۱۰۵-۸۳.
* نیکواقبال، ع.، گندلی علیخانی، ن. و نادری، ا. (۱۳۹۳). ارزیابی مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی ایستا و پویا در پیش‌بینی قیمت سهام. فصلنامهٔ دانش مالی تحلیل‌اوراق بهادار، ۷(۶): ۹۱-۷۷.
* هاشمی، ا. (۱۳۸۹). تأثیر فاکتورهای رفتاری بر پیش‌بینی قیمت سهام با استفاده از مدل شبکه‌های عصبی رگرسیونی و جلوسو (مورد مطالعه: سهام ده شرکت تشکیل دهندهٔ شاخص داوجونز. پایان نامهٔ کارشناسی ارشد، دانشکدهٔ صنایع دانشگاه علم و فرهنگ، تهران.
* Bodie, Z., Kane, A., Marcus, A. J. (1998).Investments (3rd Ed.). Boston, Mass.Irwin/McGraw Hill Companies, Chapter 12 market efficiency.
* Burton, M. (1999). A Random Walk Down Wall Street, New York, itd. Norton.
* Butz, M. V., Wilson, S. W. (2001). An algorithmic description of XCS. In P. L. Lanzi, W. Stolzmann, and S.W. Wilson, S. (1995). Classifier Fitness Based on Accuracy. Evolutionary Computation, (3)2, 149-175.
* Chen, M. C., Lin, C. L., Chen, A. P. (2007). Constructing a dynamic stockportfolio decisionmaking assistance model: using the Taiwan 50 Index constituentsas an example.
* Chen, P., Chen, M. Y. (2005). Integration extended classifier system and knowledge extraction model for financial investment prediction: An empirical study. Taiwan, Institute of Information Management, National Chiao Tung University.
* Choudhry, R., Garg, K. (2008). A Hybrid Machine Learning System for Stock Market Forecasting. World Academy of Science, Engineering and Technology. 4, 315 –318.
* Fama, E. F. (1970). Efficient Capital Markets: A Review of Theory and Empirical Work.The Journal of Finance 25(2): 383-417.
* Holland, J. (1975). Adaptation in Natural and Artificial Systems, University of Michigan Press, Ann Arbor, Mich, USA.
* Kalyvas, E. (2001). Using Neural Networks and Genetic Algorithms to Predict Stock MarketReturns. Master's Thesis, University of Manchester.
* 23. Kendall, M. G. (1953). The Analysis of Economic Time Series, Part I. Prices. Journal of the Royal Statistical Society (96), 11-25.
* Lo, Andrew W., Mackinlay, A. C. (2002) A Non-Random Walk Down Wall Street.5th (Ed.) Princeton, Princeton University, 4-47.
* Mandelbrot, B. (1966). Forecasts of future prices, unbiased markets and martingale, models, Journal of Business, (39), 242-255.
* Samuelson, P.A. (1965).Proof that properly anticipated prices fluctuate

www.SID.ir

Archive of SID

randomly.Industrial Management Review, (6), 41-49.

* Schulenburg, S., Ross, p. (2001). Strength and Money: An LCS Approach to Increasing Returns. Pier Luca Lanzi, Wolfgang Stolzmann, and Stewart W. Wilson, (Ed.). Advances in Learning Classifier Systems, volume 1996 of Lecture Notes in Artificial Intelligence, pages Springer-Verlag, Berlin, 114–137.
* Shah, V. H. (2007). Machine Learning Techniques for Stock Prediction. Foundations of Machine Learning, New York University.
* Stone, C., Bull, L. (2004). Foreign Exchange Trading using a Learning Classifier System. Bristol United Kingdom: university of the West of England Bristol.
* Tsaih, R. H. (1998). Forecasting S&P 500 stock index. Decision Support Systems, 161- 174.
* Tsang, E. P.K., Jaramillo, S.M. (2004).Computational Finance. IEEE Computational Intelligence Society Newsletter.
* Wilson, S.W.(1995) Classifier Fitness Based on Accuracy., Evolutionary Computation,3(2):149–175.

www.SID.ir

Archive of SID

Predict the trend of stock prices using XCS based on genetic algorithms and reinforcement learning

Ahmad Reza Pakraei[1]

Receipt: 2016 / 4 / 10 Acceptance: 2016 / 7 / 18

Abstract

Developments for investigation in the area of artificial intelligence and machine learning, especially in the field of evolutionary computation not only enabled us for having more effective analysis of data, but also providing the ability to use it for understanding any underlying model of financial markets. Economists, statisticians, and finance teachers were always interested in the development and experiment of stock price behavioral models. XCS is a compound system of genetic algorithm and reinforcement learning, which has on-line interaction with the environment and the ability of learning from its own experience. In this study we will provide a model which predicts the movements of next day's stock price on one of the corporations in Tehran stock exchange based on historical data and different technical indicators by using XCS. Then, efficiency of the proposed model was measured in comparison with the random walk model. Results showed that the proposed model has more predicting accuracy in comparison with that random walk model.

Keywords: Prediction, Stock Price, Technical Analysis, XCS (eXtended Classifier Systems)

1- Department of Computer Engeering, Darab Branch, Islamic Azad Universiy, Darab, Iran, arpakraei@gmail.com

www.SID.ir