

Stock Price Prediction Modeling Using Artificial Neural Network Approach and Imperialist Competitive Algorithm Based On Chaos Theory

Sohail Ahmad Khan Beygi¹

Neda Abdolvand²

Abstract

Stock market is one of the options available to invest in liquidity. Investors in this area used a variety of approaches to predict stock prices. But due to the nonlinear relationship between variables affecting stock prices, Artificial Neural Networks are one of the most suitable approaches for this work. These networks, through different search optimization algorithms, try to identify the relationships between these variables. The higher the algorithms used, the higher the efficiency of the algorithms, the more accurate the identification of the relationships between the variables. In this paper, an attempt has been made to combine chaotic maps and colonial competition algorithms with the reform movement angle to the colonial colonies so that we can deal with the possibility of being trapped in local optimum to reduce as much as possible. Therefore, using this approach, it is tried to predict the stock price of Iran Khodro Company. To evaluate the performance of the proposed approach to other conventional approaches of neural network education, three perspectives: the degree of accuracy of prediction, the amount of memory used and the time of execution were used. The results show that the proposed approach has a better performance than other approaches.

Keywords: Stock price forecast, colonial competition algorithm based on chaos theory

JEL: G13

1 . Master of Science (MSc) in Information Technology Engineering - E-Commerce, Islamic Azad University, Qazvin Branch, Sohail_AhmadKhanBeygi@yahoo.com

2 . Assistant Professor, Faculty Member of Al-Zahra University, Corresponding Author, Abdolvand@gmail.com

پیش بینی قیمت سهام با رویکرد ترکیبی شبکه عصبی مصنوعی و الگوریتم رقابت

استعماری مبتنی بر تئوری آشوب^۱

سهیل احمدخان بیگی^۱، ندا عبدالوند^۲

چکیده

یکی از گزینه‌های موجود جهت سرمایه‌گذاری نقدینگی، بورس و اوراق بهادار می‌باشد. با توجه به ارتباطات غیرخطی موجود میان متغیرهای مؤثر بر قیمت سهام، شبکه‌های عصبی مصنوعی یکی از مناسب‌ترین رویکردهای موجود جهت پیش‌بینی قیمت سهام می‌باشند. در این مقاله سعی شده تا از طریق ترکیب نگاشت‌های آشوبی و الگوریتم رقابت استعماری، زاویه حرکتی مستعمرات به سمت استعمارگر اصلاح شده و به این ترتیب احتمال قرارگیری در دام نقطه بهینه محلی تا حد ممکن کاهش یابد. هدف این مقاله معرفی و مقایسه عملکرد رویکرد پیشنهادی با سایر الگوریتم‌های بهینه‌سازی جستجوی پیشین می‌باشد. از این رو با استفاده از اطلاعات قیمتی روزانه سهام شرکت ایران‌خودرو بین سال‌های ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۵ به آموزش شبکه عصبی با الگوریتم‌های بهینه‌سازی مختلف پرداختیم. جهت ارزیابی میزان عملکرد رویکردها، از سه دیدگاه: میزان دقت پیش-بینی (آماره‌های اندازه‌گیری خطا $R2, RMSE$)، میزان حافظه مصرفی و زمان اجرایی استفاده شد، نتایج حاکی از آن است که رویکرد پیشنهادی از عملکرد بهتری نسبت به سایر رویکردهای پیشین برخوردار می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: پیش‌بینی قیمت سهام، الگوریتم رقابت استعماری مبتنی بر تئوری آشوب

طبقه‌بندی موضوعی: G13

۱. کد DOI مقاله: 10.22051/jfm.2017.14635.1319

۲. دانشجوی کارشناسی ارشد رشته مهندسی فناوری اطلاعات - تجارت الکترونیک، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد قزوین،

Email:Sohail_AhmadKhanBeygi@yahoo.com

۳. استادیار، عضو هیأت علمی دانشگاه الزهرا، نویسنده مسئول، Email:Abdolvand@gmail.com

مقدمه

پیش‌بینی قیمت سهام همواره موضوعی چالش‌برانگیز برای پژوهشگران بوده است (پارک و همکاران ۲۰۰۷)^۱. نرخ بازدهی و عدم قطعیت بالای این بازار سبب گردیده تا سرمایه‌گذاران از روش‌های متنوعی جهت تسهیل در فرآیند تصمیم‌گیری بهره‌گیرند (منجمی و همکاران ۲۰۱۳)^۲ و تیکنور (۲۰۱۳)^۳. در یک طبقه‌بندی کلی تمامی این روش‌ها را می‌توان در یکی از گروه‌های: تحلیل بنیادی، تحلیل تکنیکی، پیش‌بینی سری‌های زمانی و روش‌های یادگیری ماشینی جای داد. تحلیل بنیادی از طریق بررسی داده‌های شرکت و بازاری که شرکت در آن فعالیت دارد، سعی در پیش‌بینی قیمت سهام می‌نماید. تحلیل تکنیکی براین باور است که گذشته همواره خود را تکرار می‌کند، پس از طریق شناسایی الگوهای موجود در داده‌های گذشته به پیش‌بینی آینده می‌پردازد. در پیش‌بینی از طریق سری‌های زمانی از طریق شناسایی روابط میان متغیرهای مستقل و وابسته به پیش‌بینی آتی پرداخته می‌شود. روش‌های یادگیری ماشینی از طریق به‌کارگیری یک سری از الگوریتم‌های خاص سعی می‌نمایند تا الگوهای پنهان میان داده‌ها را کشف نمایند. در صورتی که تعداد متغیرهای مستقل و وابسته زیاد بوده و میان آن‌ها ارتباط خطی برقرار نباشد؛ این روش بهترین گزینه برای پیش‌بینی می‌باشد. جهت پیاده‌سازی تکنیک‌های یادگیری ماشینی روش‌های متعددی همچون شبکه عصبی مصنوعی، درخت تصمیم‌گیری، خوشه‌بندی و طبقه‌بندی موجود است که می‌بایست با توجه به نتیجه موردنظر از انجام پیش‌بینی و داده‌های مسئله، مناسب‌ترین روش را جهت مدل‌سازی مسئله انتخاب نماییم. شبکه‌های عصبی مصنوعی به دلیل توانایی بالایشان در شناسایی ارتباطات غیرخطی، گزینه مناسبی برای حل مسائلی با ساختار سری زمانی می‌باشند. جهت آموزش این شبکه‌ها می‌توان از الگوریتم‌های بهینه‌سازی متنوعی استفاده نمود که کارایی هر یک از این الگوریتم‌ها تأثیر بسزایی در نتایج به‌دست‌آمده از شبکه عصبی دارد (چارلز و همکاران ۲۰۰۹)^۴ و لی و همکاران (۲۰۰۲)^۵ و مدگچی و همکاران (۲۰۱۵)^۶ و حاجی‌زاده و همکاران (۲۰۱۰)^۷. الگوریتم رقابت استعماری، الگوریتمی نوپا

-
1. Park, Cheol-Ho; Irwin, Scott H - 2007
 2. Monjemi, Dr.Seyed Amir Hosein; Abzari, Dr.Mehdi; Rayati Shavazi, Alireza
 3. Ticknor - 2013
 4. Charles & Darné - 2009
 5. Lee & Chen - 2002
 6. Metghalchi, Chen, & Hayes - 2015
 7. Hajizadeh, Ardakani, & Shahrab - 2010

جهت آموزش شبکه عصبی می‌باشد که با الهام‌گیری از فرآیند اجتماعی، سیاسی در دنیای واقعی به حل مسائل مختلف می‌پردازد (بوزا و همکاران ۲۰۱۴^۱ و مدگاچی و همکاران ۲۰۱۵ و آیودل ۲۰۱۲^۲). اما از آنجایی که در فرآیند حرکت مستعمرات به سمت استعمارگر این الگوریتم از تابعی با توزیع یکنواخت استفاده شده است باز هم احتمال قرارگیری در دام نقطه بهینه محلی وجود دارد (طلاطهاری و همکاران ۲۰۱۲^۳). در این مقاله سعی شده است تا با استفاده از نگاشت‌های آشوبی و تصادفی نمودن زاویه حرکتی مستعمرات، مشکل موجود برطرف شود.

ادامه مقاله بدین شرح سازمان‌دهی شده است: بخش ۲ به بررسی برخی از مطالعات انجام‌شده، بخش ۳ به شرح متدلوژی پژوهش، بخش ۴ به بیان نتایج به دست آمده از رویکرد جاری و مقایسه آن با سایر رویکردهای پیشین و بخش ۵ به نتیجه‌گیری اختصاص یافته است.

مبانی نظری و پیشینه پژوهش

یک سرمایه‌گذار برای رسیدن به بیشترین سودآوری ممکن می‌بایست بینشی دقیق از آینده بازار را در اختیار داشته باشد (تیکنر ۲۰۱۳ و وانگ ۲۰۱۱^۴ و باجلان و همکاران ۱۳۹۵^۵ و منجمی و همکاران ۱۳۸۸). دستیابی به این بینش می‌تواند از طرق مختلفی حاصل گردد. در حوزه بورس و اوراق بهادار پژوهش‌های گسترده‌ای صورت گرفته است که به‌طور کلی تمامی این پژوهش‌ها را می‌توان از ۴ منظر مورد بررسی قرارداد: ۱- تکنیک‌های مدل‌سازی ۲- چارچوب‌های زمانی ۳- متغیرهای ورودی و ۴- تکنیک‌های ارزیابی. در حوزه تکنیک‌های مدل‌سازی با توجه به نوع و ساختار مسئله، مدلی خلاصه‌شده از واقعیت ایجاد می‌شود تا به واسطه آن مقادیر آینده را پیش‌بینی نمایند (پارک و همکارانش ۲۰۰۷^۶). در حوزه چارچوب زمانی با توجه به داده‌های روزانه، هفتگی، ماهیانه و سالیانه

-
1. Buza, Nagy, & Nanopoulos - 2014
 2. Ayodele - 2012
 3. Talatahari, Kaveh, & Sheikholeslami - 2012
 4. Wang & Jian-Zhou - 2011
 5. Bajelan, Fallahpour Dana
 6. Park, Cheol-Ho; Irwin, Scott H - 2007

ارائه شده به تحلیل بازار و شناسایی الگوهای موجود در این بازار می‌پردازند. در حوزه متغیرهای ورودی از طریق شناسایی متغیرهای بنیادی و تکنیکی مؤثر بر قیمت سهام به پیش‌بینی قیمت سهام می‌پردازند. در حوزه ارزیابی عملکرد از طریق به‌کارگیری معیارهای ارزیابی مختلف سعی در بررسی میزان کارایی هر رویکرد می‌نمایند. دکتر منجمی و همکارانش در سال ۱۳۸۸، با استفاده از ترکیب شبکه عصبی فازی و الگوریتم ژنتیک مدلی را جهت پیش‌بینی قیمت سهام ارائه نمودند و نتایج حاصل از آن را با نتایج به‌دست‌آمده از یک شبکه عصبی ساده بررسی کردند، نتایج نشان دادند که استفاده از شبکه عصبی ترکیبی از سرعت و دقت بالاتری نسبت به یک شبکه عصبی مصنوعی ساده برخوردار است. مهدی ابزری و همکارانش در سال ۱۳۹۱ با ترکیب شبکه عصبی مصنوعی و الگوریتم رقابت استعماری داده‌های مرتبط با ۱۲ شرکت عضو بورس اوراق و بهادار تهران را مورد پیش‌بینی قرار دادند، نتایج نشان دادند که استفاده از این روش برای پیش‌بینی قیمت سهام تا حد زیادی می‌تواند مفید باشد. تی سانگ چن و همکارانش در سال ۲۰۱۱ به مقایسه عملکرد شبکه‌های عصبی مصنوعی و درخت‌های تصمیم‌گیری در پیش‌بینی قیمت سهام پرداختند، برای این منظور از ۱۰ عدد مجموعه داده قیمت سهام استفاده کردند و جهت ارزیابی نتایج به‌دست‌آمده از ضریب تعیین استفاده نمودند، نتایج نشان داد که شبکه‌های عصبی نسبت به سایر روش‌های دیگر از دقت بالاتری برخوردار می‌باشند. در جدول زیر خلاصه‌ای از مطالعات صورت گرفته شده از طریق شبکه عصبی مصنوعی و الگوریتم‌های بهینه‌سازی متنوع در زمینه پیش‌بینی قیمت سهام را مشاهده می‌نمایید.

همان‌طور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود نقطه ضعف اصلی تمامی رویکردهای پیشین نحوه مدل‌سازی تک‌بعدی مسئله می‌باشد، که جهت رفع آن از الگوریتم رقابت استعماری استفاده شده، اما از آنجایی که در پیاده‌سازی حرکت مستعمرات به سمت استعمارگر الگوریتم رقابت استعماری از توابعی با توزیع یکنواخت استفاده شده است باز مشکل قرارگیری در دام نقطه بهینه محلی به چشم می‌خورد. این مقاله سعی دارد تا از طریق ترکیب الگوریتم رقابت استعماری با نگاشت‌های آشوبی، و اصلاح زاویه حرکتی مستعمرات به سمت استعمارگر، نقاط ضعف رویکردهای سابق را بهبود بخشد. با توجه به جستجوهای صورت گرفته می‌توان بیان نمود که تاکنون در بورس و اوراق بهادار ایران از چنین رویکردی برای پیش‌بینی قیمت سهام استفاده نشده است.

جدول ۱. پژوهش‌های صورت گرفته از طریق شبکه‌های عصبی مصنوعی

حوزه‌های مطالعاتی پژوهش‌های صورت گرفته	تکنیک‌های یادگیری ماشینی استفاده شده	قالب زمانی استفاده شده			متغیرهای ورودی		مدل‌های ارزیابی عملکرد
		روزانه	هفتگی	ماهانه	متغیرهای تحلیل تکنیکی	متغیرهای تحلیل بنیادی	
سید امیر منجوی و همکارانش ۱۳۸۸	الگوریتم‌های ژنتیک شبکه عصبی فازی	✓			•	✓	MSE NMSE MAPE R ²
محمدرضا عباس پور و همکارانش ۱۳۸۱	MLP شبکه عصبی Elman شبکه عصبی Cascade شبکه عصبی GRNN	✓				✓	MAE MSE MAPE MdAPE R ² Trend
بهزاد جلدی زارع و همکارانش ۱۳۹۴	MLP شبکه عصبی	✓				✓	MAD MSE RMSE MAPE BIAS R ²
جی جی لو ۲۰۱۰	شبکه عصبی مصنوعی و تحلیل وابستگی مؤلفه‌ها	✓			✓	✓	RMSE MAPE DA
احمد کاکم و همکارانش ۲۰۱۳	بردار پشتیبان رگرسیون و تئوری آشوب با تابع Fidelity	✓			✓		MSE MAPE
مالک آسر بویاسگلو و همکارانش	شبکه عصبی تطبیقی بر اساس سیستم استنتاج فازی	✓				✓	RMS R ²
تی سلگاشن چن و همکارانش ۲۰۱۱	مقایسه بین شبکه‌های عصبی مصنوعی و درخت‌های	✓			✓		R ²
مهتابی اوزاری ۱۳۹۱	شبکه عصبی مصنوعی و الگوریتم رقابت	✓			✓		MSE

روش‌های ارزیابی رگرسیون
روش‌های ارزیابی طبقه‌بندی کلمه
سایر موارد

فرضیه پژوهش

با توجه به مزایای بیان شده پیرامون رویکرد جاری و کاهش احتمال قرارگیری در دام نقطه بهینه محلی نسبت به سایر رویکردهای پیشین، فرض بر این قرار می‌باشد که رویکرد حاضر از توانایی بالقوه‌ای در پیش‌بینی و کاهش میزان خطای حاصل از برآورد نسبت به سایر رقبای هم‌ردیف خود برخوردار است که برای تأیید این امر از مقایسه میزان کارایی (دقت پیش‌بینی، حافظه مصرفی، زمان اجرایی) الگوریتم حاضر با سایر الگوریتم‌های مرسوم جهت آموزش شبکه عصبی استفاده شده می‌گردد.

روش‌شناسی پژوهش

ابتدا از طریق مطالعه مقالات پیشین، متغیرهای مؤثر بر قیمت سهام شناسایی و سپس داده‌های مرتبط باقیمت سهام شرکت ایران‌خودرو از سال ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۵ از طریق سایت بورس و اوراق بهادار جمع‌آوری شده است. داده‌های اولین قیمت سهم، حداکثر قیمت سهم، حداقل قیمت سهم، ارزش سهم و حجم معاملات به‌عنوان متغیرهای مستقل و قیمت باز شده سهم در روز بعد به‌عنوان متغیر وابسته در نظر گرفته شده است. پس از نرمال‌سازی داده‌ها در بازه [۱-]، ابتدا داده‌ها به‌صورت تصادفی مرتب و سپس ۸۰٪ از داده‌ها به فاز آموزش و ۲۰٪ به فاز آزمون اختصاص داده شده است. سپس از طریق نرم‌افزار متلب و سیستمی با پردازنده ۵ هسته‌ای ۲/۲۷ گیگا هرتز و ۴ گیگا بایت حافظه اصلی به‌وسیله پیاده‌سازی یک شبکه عصبی پرسپترون ۳ لایه (۵ نرون در لایه ورودی، ۳ نرون در لایه پنهان و یک نرون در لایه خروجی) آموزش شبکه عصبی از طریق الگوریتم‌های مختلف بهینه‌سازی جستجو انجام شده و در نهایت کارایی هر یک از این الگوریتم‌ها مورد ارزیابی قرار گرفته است. نمودار ۱ شمای کلی متدولوژی پژوهش را نشان می‌دهد.



نمودار ۱. شمای کلی متدولوژی پژوهش

الگوریتم رقابت استعماری مبتنی بر تئوری آشوب

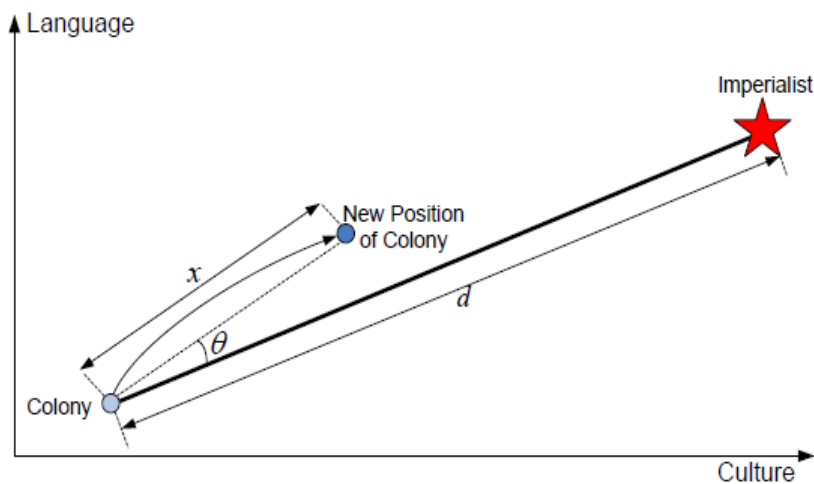
در سیاست جذب (همگون سازی) پیاده‌سازی شده در نسخه اصلی الگوریتم رقابت استعماری، استعمارگر مستعمره را به اندازه x واحد به سمت خود جذب می‌نماید؛ x عددی تصادفی و با توزیع یکنواخت است که از فرمول زیر به دست می‌آید (آتشپز ۱۳۸۷ و طلاطهاری و همکاران ۲۰۱۲).

$$x \sim u(0, \beta, d)$$

که در آن d فاصله بین مستعمره و استعمارگر و β عددی بزرگتر از یک و نزدیک ۲ است. پس از تعیین میزان اندازه نزدیک شدن مستعمره به سمت استعمارگر نوبت تعیین زاویه این حرکت می‌باشد که این کار به وسیله θ که عدد تصادفی با توزیع یکنواخت است انجام می‌گیرد (آتشپز ۱۳۸۷ و طلاطهاری و همکاران ۲۰۱۲).

$$\theta \sim u(-\gamma, \gamma)$$

γ پارامتری دلخواه است که کاهش آن سبب می‌شود تا زاویه حرکتی به سمت استعمارگر به صورت یک خط مستقیم صورت گیرد و افزایش آن باعث دور شدن زاویه حرکتی نسبت به استعمارگر می‌شود. حرکت با توزیع یکنواخت مستعمره به سمت استعمارگر سبب افزایش احتمال قرارگیری در دام نقطه بهینه محلی می‌گردد (آتشپز ۱۳۸۷ و طلاطهاری و همکاران ۲۰۱۲).



نمودار ۲. حرکت واقعی مستعمرات به سمت استعمارگر

جهت غلبه بر این مشکل، برای تعیین زوایای حرکتی مستعمرات به سمت استعمارگر از نگاشت‌های آشوبی زیر استفاده شده است.

جدول ۲. نگاشت‌های آشوبی

نگاشت آشوبی	فرمول
CM1 ^۱	$\theta_{n+1} = \alpha\theta_n(1 - \theta_n)$
CM2 ^۲	$\theta_{n+1} = \alpha\theta_n^2 \text{Sin}(\pi\theta_n)$
CM3 ^۳	$\theta_{n+1} = \theta_n + n - \left(\frac{\alpha}{2\pi}\right) \text{Sin}(2\pi\theta_n) \text{Mod}(1)$
CM4 ^۴	$= \theta_{n+1} \begin{cases} 0 & \text{if } \theta_n=0 \\ 1/\theta_n \text{Mod}(1) & \theta_n \in (0,1) \end{cases}$

که در آن α پارامتر کنترل؛ و θ متغیر آشوبی است که در طی اجرای الگوریتم مقدار آن هیچ‌گاه تکرار نخواهد شد. در نمودار زیر شبه کد الگوریتم رقابت استعماری مبتنی بر تئوری آشوب را مشاهده می‌نمایید (طلاطهاری و همکاران ۲۰۱۲).

(۱) چند نقطه تصادفی بر روی تابع انتخاب کرده و امپراطوری‌های اولیه را تشکیل بده.

(۲) مستعمرات را به سمت کشور امپریالیست حرکت بده (سیاست همگون سازی).

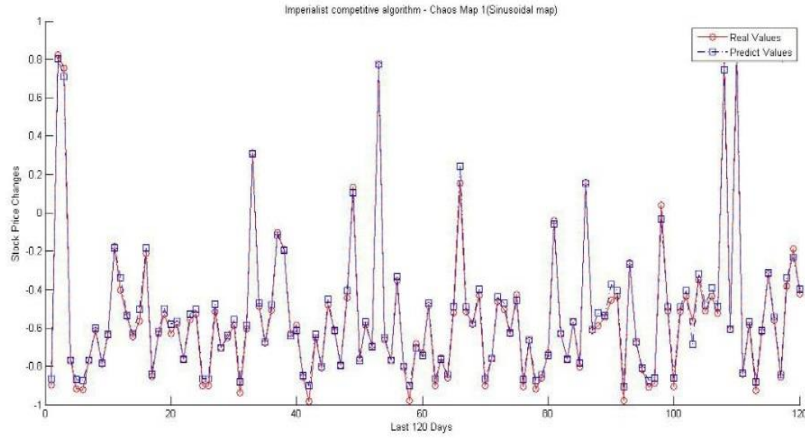
(۳) اگر مستعمره‌ای در یک امپراطوری وجود داشته باشد که هزینه آن کمتر از امپریالیست باشد، جای مستعمره و امپریالیست را باهم عوض کن.

1. Sinusoidal map
2. Logistic map
3. Zaslavskii map
4. Tent map

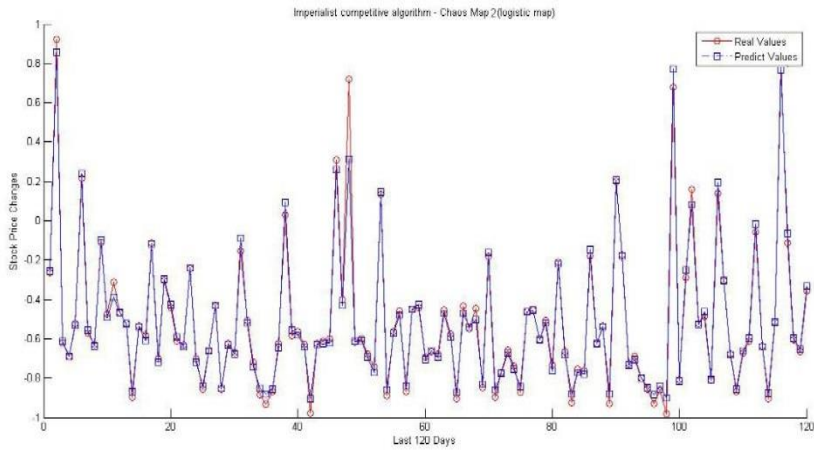
- (۴) هزینه‌ی کل یک امپراطوری را با در نظر گرفتن هزینه‌ی امپریالیست و مستعمراتش را حساب کن.
- (۵) یک مستعمره از ضعیف‌ترین امپراطوری را انتخاب کرده و آن را به امپراطوری‌ای که بیشترین احتمال تصاحب را دارد بده.
- (۶) امپراطوری‌های ضعیف را حذف کن.
- (۷) تکرار گام‌های ۲-۴ تا رسیدن به شرایط توقفی که کاربر از پیش تعیین کرده است، شرایط توقف می‌تواند بر اساس زمان الگوریتم، تعداد دفعات تکرار، میزان جمعیت، تغییر در تابع هدف و ... تعیین شود.

تحلیل داده‌ها

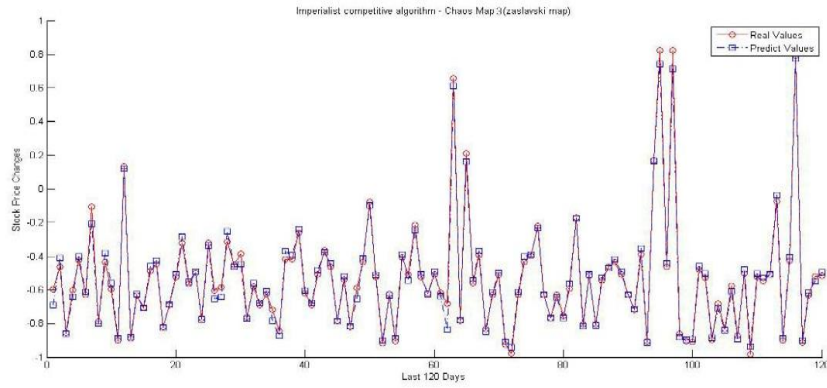
در مقاله حاضر سعی شده تا با اصلاح زاویه حرکتی مستعمرات به سمت استعمارگر از طریق نگاهت‌های آشوبی رویکردی نوین جهت پیش‌بینی قیمت سهام و بررسی کارایی معرفی و عملکرد آن نسبت به سایر الگوریتم‌های بهینه‌سازی جستجوی پیشین بررسی گردد. جهت ارزیابی عملکرد هر یک از رویکردها از سه معیار میزان دقت پیش‌بینی، میزان حافظه مصرفی و میزان زمان اجرایی استفاده شده است. از آنجایی که رویکرد مورد استفاده مبتنی بر روش رگرسیون می‌باشد، جهت ارزیابی عملکرد و کارایی رویکردها از معیارهای RMSE (ریشه میانگین مربعات خطا) و R^2 (ضریب تعیین) استفاده شده است. RMSE یکی از شایع‌ترین فرمول‌های مورد استفاده جهت ارزیابی مدل‌های رگرسیون می‌باشد که تنها برای مقایسه مدل‌هایی با واحد اندازه‌گیری خطای یکسان بکار می‌رود و R^2 (ضریب تعیین)، بیانگر میزان همبستگی بین متغیرهای مستقل و وابسته در آینده است که هرچه مقدار R^2 به یک نزدیک‌تر باشد، نشان می‌دهد مدل از عملکرد بهتری برخوردار است. در کنار این موارد میزان مصرف حافظه اصلی به کیلوبایت و زمان اجرایی الگوریتم به ثانیه از معیارهای دیگری می‌باشند که در این مقاله از آنها استفاده شده است. تصاویر زیر نمودارهای پیش‌بینی قیمت سهام در ۱۲۰ روز کاری توسط نگاهت‌های آشوبی مختلف پیاده‌سازی شده را نشان می‌دهند.



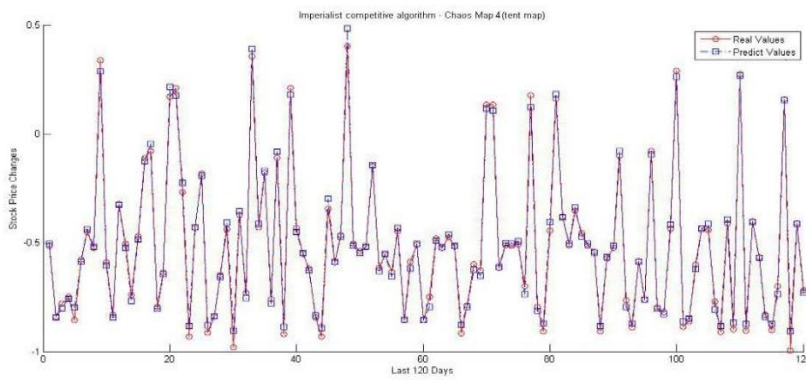
نمودار ۳. الگوریتم رقابت استعماری مبتنی بر تئوری آشوب- نگاشت آشوبی ۱



نمودار ۴. الگوریتم رقابت استعماری مبتنی بر تئوری آشوب- نگاشت آشوبی ۲

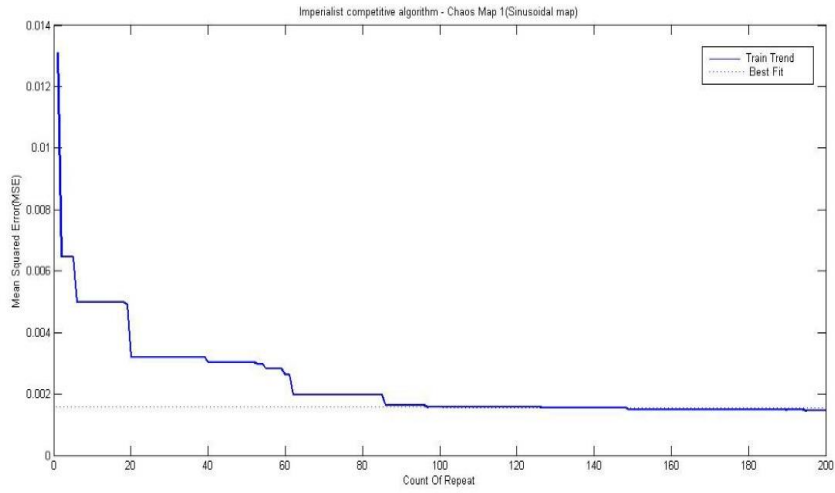


نمودار ۵. الگوریتم رقابت استعماری مبتنی بر تئوری آشوب- نگاشت آشوبی ۳

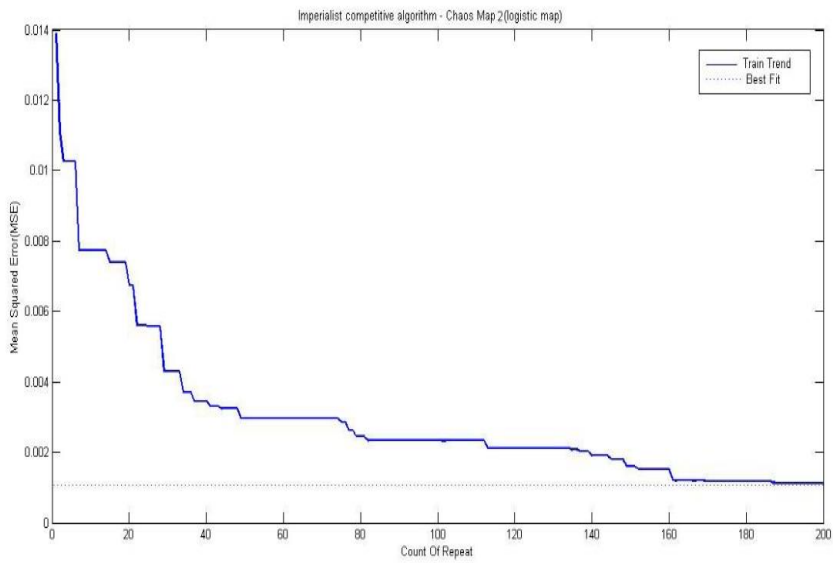


نمودار ۶. الگوریتم رقابت استعماری مبتنی بر تئوری آشوب- نگاشت آشوبی ۴

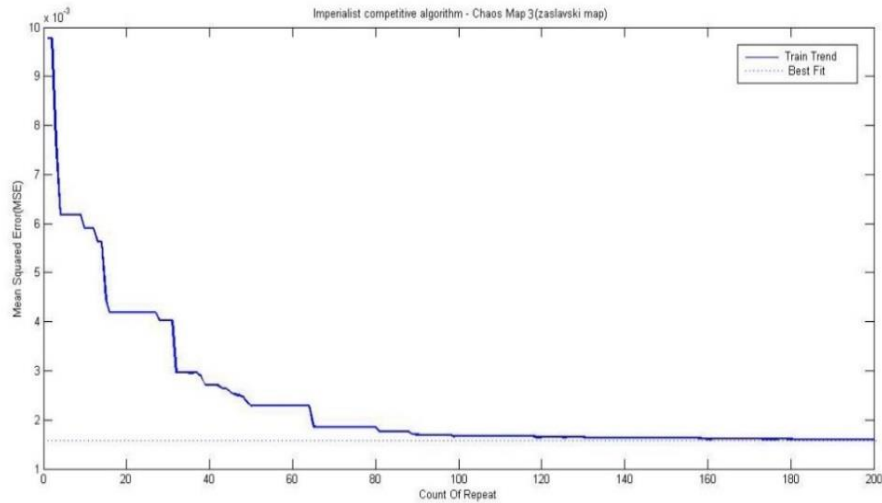
نمودارهای زیر نشانگر روند کاهش میانگین مربعات خطا (MSE) توسط نگاشت‌های آشوبی مختلف پیاده‌سازی شده می‌باشند.



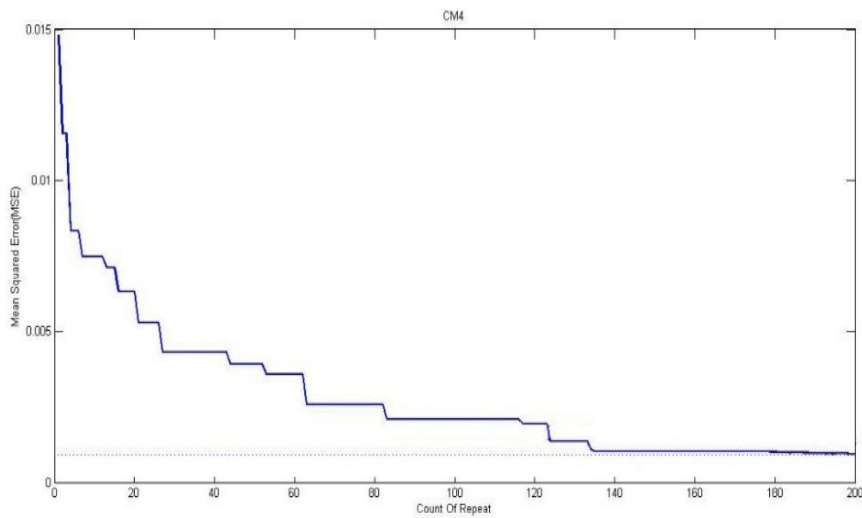
نمودار ۷. الگوریتم رقابت استعماری مبتنی بر تئوری آشوب- نگاشت آشوبی ۱



نمودار ۸. الگوریتم رقابت استعماری مبتنی بر تئوری آشوب- نگاشت آشوبی ۲



نمودار ۹. الگوریتم رقابت استعماری مبتنی بر تئوری آشوب- نگاشت آشوبی ۳



نمودار ۱۰. الگوریتم رقابت استعماری مبتنی بر تئوری آشوب- نگاشت آشوبی ۴

جهت بررسی میزان کارایی مدل پیشنهادی، رویکرد جاری با سایر الگوریتم‌های مرسوم بهینه‌سازی جستجو از جمله: الگوریتم گرادیان نزولی، الگوریتم ژنتیک، بهینه‌سازی ازدحام ذرات و الگوریتم رقابت استعماری مورد مقایسه قرار گرفته و نتایج آن به‌طور خلاصه در جدول آورده شده است.

جدول ۳. معیارهای ارزیابی عملکرد

سایر رویکردهای مرسوم آموزش شبکه عصبی		رویکرد پیشنهادی حاضر (رقابت استعماری مبتنی بر تئوری آشوب)						
معیار ارزیابی	نگاشت ۱ آشوبی	نگاشت ۲ آشوبی	نگاشت ۳ آشوبی	نگاشت آشوبی ۴	گراییان نزولی	ژنتیک	بهینه‌سازی ازدحام ذرات	رقابت استعماری
رشته‌های ماکزیم مربعات خطا	۰/۳۳۷	۰/۳۳۰۵۶	۰/۳۱۳۳	۰/۲۸۲۱	۰/۴۹۴	۰/۸۲۲	۰/۴۳۵۹	۰/۰۴
ضریب تعیین	۰/۹۸۶	۰/۹۸۴	۰/۹۰۲	۰/۹۳۱	۰	۰/۹۴۱	۰/۹۵۴	۰/۹۶۶
زمان اجرایی	۳۸۴/۴۳	۳۵۱/۳۱	۱۱۰/۳۰	۲۳۲/۹۴	۳۱۴۵	۳۹۵۸/۵۵	۲۱۲۹/۵۲۱	۱۸۷۰/۰۵
حافظه مصرفی	۱۷۴۱۲	۲۵۱۳۳	۱۲۷۹۶	۳۳۳۴	۳۳۵۱۱	۳۳۰۸۰	۴۷۹۶	۵۸۷۲

در میان توابع آشوبی پیاده‌سازی شده در رویکرد جاری بهترین کارایی مربوط به نگاشت آشوبی ۴ می‌باشد و در نقطه مقابل آن بهترین کارایی در میان سایر الگوریتم‌های مرسوم به الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات اختصاص دارد، جدول زیر ارزیابی عملکرد این دو الگوریتم برتر را نشان می‌دهد.

جدول ۴. مقایسه الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات و الگوریتم رقابت استعماری مبتنی بر آشوب (نگاشت آشوبی ۴)

رقابت استعماری مبتنی بر تئوری آشوب نگاشت ۴	ضریب تعیین	زمان اجرایی	حافظه مصرفی
۰/۹۳۱	۲۷۲۲/۹۴۱	۲۲۳۶۴	۴۷۷۹۶
۰/۹۸۴۴	۲۱۲۹/۵۲۱	۲۲۳۶۴	۴۷۷۹۶

نتایج به‌دست آمده از مقایسه رویکردهای مورد استفاده جهت آموزش شبکه عصبی نشان می‌دهند که زاویه حرکتی ایجاد شده توسط نگاشت آشوبی ۴ با ضریب تعیین ۰/۹۹۳۱، حافظه مصرفی ۲۲۳۶۴ کیلوبایت و زمان اجرایی ۲۷۲۲/۹۴۱ ثانیه در مقایسه با سایر رویکردهای پیشین از کارایی بالاتری برخوردار است. مشاهده می‌نماییم که تابع نگاشت آشوبی ۴ بهترین روند تصادفی نمودن حرکت مستعمرات به سمت استعمارگر را به همراه دارد و به این ترتیب احتمال قرارگیری در دام نقطه بهینه محلی را نسبت به سایر توابع نگاشت آشوبی به میزان زیادی کاهش می‌دهد.

نتیجه گیری و بحث

مقاله حاضر با ترکیب الگوریتم رقابت استعماری با برخی از پرکاربردترین نگاشت‌های آشوبی به معرفی رویکردی جدید جهت پیش‌بینی قیمت سهام پرداخته شده است. به منظور تأیید کارایی رویکرد پیشنهادی حاضر نسبت به سایر رویکردهای پیشین آموزش شبکه عصبی، نتایج حاصله از سه دیدگاه میزان دقت پیش‌بینی، میزان حافظه مصرفی و میزان زمان اجرایی مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند. الگوریتم رقابت استعماری با نگاشت آشوبی ۴ (زاسلاوسکی) با ضریب تعیین ۰/۹۹۳۱، زمان اجرایی ۲۷۲۲/۹۴۱ ثانیه و میزان حافظه مصرفی ۲۲۳۶۴ کیلوبایت توانست رتبه نخست را در میان سایر الگوریتم‌های آموزش شبکه عصبی، از لحاظ کارایی را به خود اختصاص دهد. جهت آموزش شبکه عصبی مصنوعی و جلوگیری از به وجود آمدن بایاس برای هر الگوریتم ابتدا داده‌ها به صورت تصادفی چیدمان و سپس ۸۰٪ از داده‌ها به آموزش شبکه عصبی و ۲۰٪ از داده‌ها به آزمون شبکه عصبی اختصاص داده شدند. الگوریتم‌های بهینه‌سازی پیشین برای پیمایش فضای جستجو از توابعی با توزیع یکنواخت استفاده می‌نمایند؛ در این رویکرد با بکار بستن توابع آشوبی و تصادفی نمودن پیمایش فضای جستجو احتمال قرارگیری در دام نقطه بهینه محلی به میزان قابل توجهی نسبت به سایر رویکردهای پیشین کاهش یافته که نتایج به دست آمده نیز تأکیدی بر این امر می‌باشند. با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان چنین ادعا نمود که رویکرد پیشنهادی حاضر می‌تواند به عنوان یک ابزار کمکی مناسب جهت پیاده‌سازی سیستم‌های تصمیم‌یار برای کمک به فرایند تصمیم‌گیری در تحلیل‌های تکنیکی مورد استفاده قرار گیرد. در کنار مزایای حاصل شده از به کارگیری رویکرد پیشنهادی، رویکرد فوق شامل محدودیت‌هایی نیز می‌باشد که بهبود و رفع هر یک از این محدودیت‌ها می‌تواند سرآغازی جهت پژوهش‌های آتی باشد. یکی از محدودیت‌های موجود در این مقاله استفاده از مجموعه داده بک سهم خاص جهت ارزیابی عملکرد الگوریتم در شناسایی الگوی داده می‌باشد. استفاده از داده یک سهم احتمال دارد به افزایش یا کاهش دقت نتایج بیانجامد به همین دلیل لازم است الگوریتم مذکور با داده‌های شاخص بورس و یا ترکیبی از داده‌های چند سهم آزموده شود. مقاله جاری تنها به استفاده ۴ مورد از پرکاربردترین توابع آشوبی محدود شده است، در حالی که تعداد توابع آشوبی بسیار بیشتر از موارد ذکر شده می‌باشد، پیشنهاد می‌شود از سایر نگاشت‌های آشوبی نیز جهت تغییر زاویه حرکتی مستعمرات به سمت استعمارگر استفاده شود. از آنجایی که متغیرهای مستقل تأثیر بسزایی در آموزش شبکه عصبی و پیش‌بینی متغیر وابسته دارند و در مقاله جاری تنها از متغیرهای تکنیکی بورس بهره گرفته شده است، پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آتی از ترکیبی از متغیرهای تکنیکی و بنیادی جهت آموزش شبکه استفاده شود.

منابع

- آتش پز گرگری ، اسماعیل " توسعه الگوریتم بهینه سازی اجتماعی و بررسی کارایی آن"، مهندسی برق-گرایش کنترل -دانشگاه تهران، ۱۳۸۷
- باجلان ، سعید ؛ فلاچپور، سعید ؛ دانا، ناهید. " پیش بینی روند تغییرات قیمت سهم با استفاده از ماشین بردار پشتیبان وزن دهی شده و انتخاب ویژگی هیبرید به منظور ارائه استراتژی معاملاتی بهینه" راهبرد مدیریت مالی ۱۳۹۵
- منجمی، سید امیر حسین ؛ ابزری، مهدی ، شوازی، علیرضا رعیتی. "پیش بینی قیمت سهام در بازار بورس اوراق بهادار با استفاده از شبکه ی عصبی فازی و الگوریتم های ژنتیک و مقایسه آن با شبکه ی عصبی مصنوعی، فصلنامه اقتصاد مقصداری بررسی های اقتصادی سابق، ۱۳۸۸
- Atashpaz Gargary Esmael. (2008). Development of Social Organizational Optimization Algorithm and its Performance Evaluation. *Electrical Engineering - Control Taught - Tehran University(in persian)*.
- Al-Radaideh, Qasem, A., & Adel Abu Alnagi, E. (2013). Predicting Stock Prices Using Data Mining Techniques. *The International Arab Conference on Information Technology*.
- Ayodele, A. (2012). Stock Price Prediction using Neural Network with Hybridized Market Indicators. *Journal of Emerging Trends in Computing and Information Sciences*, 3, 2079-8407.
- Bajelan, S., Falahpour, S.Dana,N. (2016). Projection of share price changes using a weighted support machine and selecting a hybrid feature to provide an optimal trading strategy. *Financial Management Strategy(in persian)*.
- Buza, K., Nagy, G. I., & Nanopoulos, A. (2014). Storage-optimizing clustering algorithms for high-dimensional tick data. *Expert Systems with Applications*, 41, 4148–4157.
- Charles, A., & Darné, O. (2009). The random walk hypothesis for Chinese stock markets: Evidence from variance ratio tests. *Economic Systems*, 33, 117–126.
- Hajizadeh, E., Ardakani, H. D., & Shahrab, J. (2010). Application of data mining techniques in stock markets:A survey. *Journal of Economics and International Finance*, 2, 109-118.
- Lee, T.-S., & Chen, N.-J. (2002). Investigating the information content of non-cash-trading index futures using neural networks. *Expert Systems with Applications*, 22, 225–234.
- Metghalchi, M., Chen, C.-P., & Hayes, L. A. (2015). History of share prices and market efficiency of the Madrid general stock index. *International Review of Financial Analysis*, 40, 178–184.
- Monajemi, A., Abzari, M.Shavazi,A. (2009). Prognosis of Stock Price in the Stock Market Using Fuzzy Neural Network and Genetic Algorithms and

- Comparison with Artificial Neural Network. *Quarterly Journal of Economics, Some ex-economic studies(in persian)*.
- Park, Cheol-Ho; Irwin, Scott H. (2007). WHAT DO WE KNOW ABOUT THE PROFITABILITY OF TECHNICAL ANALYSIS? *Journal of Economic Surveys*, 21, 786–826.
 - Talatahari, S., Azar, B. F., Sheikholeslami, R., & Gandomi, A. (2012). Imperialist competitive algorithm combined with chaos for global optimization. *Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation*, 1312–1319.
 - Talatahari, S., Azar, B. F., Sheikholeslami, R., & Gandomi, H. (2012). Imperialist competitive algorithm combined with chaos. *Commun Nonlinear Sci Numer Simulat*, 17, 1312–1319.
 - Talatahari, S., Kaveh, A., & Sheikholeslami, R. (2012). Chaotic imperialist competitive algorithm for optimum design of truss structures. *Structural and Multidisciplinary Optimization*, 46, 355–367.
 - Talataharia, S., Azarb, B. F., Sheikholeslamib, R., & Gandomi, A. (2012). Imperialist competitive algorithm combined with chaos for global optimization. *Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation*, 1312–1319.
 - Ticknor, J. (2013). A Bayesian regularized artificial neural network for stock market forecasting. *Expert Systems with Applications*, 40, 5501–5506.
 - Wang, & Jian-Zhou. (2011). Forecasting stock indices with back propagation neural network. *Expert Systems with Applications*, 38, 14346–14355.