

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

### استعماری مبتنی بر تئوری آشوب<sup>۱</sup>

سهیل احمدخان بیگی<sup>۱</sup>، ندا عبدالوند<sup>۲</sup>

#### 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 نکاشت‌های 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 ... ..)، 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: .. ..

- 
۱. کد ... مقاله: .....
  ۲. دانشجوی کارشناسی ارشد رشته مهندسی فناوری اطلاعات - تجارت الکترونیک، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد قزوین، .....
  ۳. استادیار، عضو هیأت علمی دانشگاه الزهرا، نویسنده مسئول، .....

## مقدمه

پیش‌بینی قیمت سهام همواره موضوعی چالش‌برانگیز برای پژوهشگران بوده است (پارک و همکاران ۲۰۰۷)<sup>۱</sup>. نرخ بازدهی و عدم قطعیت بالای این بازار سبب گردیده تا سرمایه‌گذاران از روش‌های متنوعی جهت تسهیل در فرآیند تصمیم‌گیری بهره‌گیرند (منجمی و همکاران ۱۳۸۸<sup>۲</sup> و تیکنور ۲۰۱۳<sup>۳</sup>). 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<sup>۴</sup> و لی و همکاران ۲۰۰۲<sup>۵</sup> و مدگچی و همکاران ۲۰۱۵<sup>۶</sup> و حاجی‌زاده و همکاران ۲۰۱۰<sup>۷</sup>). الگوریتم رقابت استعماری، الگوریتمی نوپا

1. ....
2. ....
3. ....
4. ....
5. ....
6. ....
7. ....

جهت آموزش شبکه عصبی می‌باشد که با الهام گیری از فرآیند اجتماعی، سیاسی در دنیای واقعی به حل مسائل مختلف می‌پردازد ( بوزا و همکاران ۲۰۱۴<sup>۱</sup> و مدگاچی و همکاران ۲۰۱۵ و آیودل ۲۰۱۲<sup>۲</sup>). 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<sup>۳</sup>). 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 شده‌است: 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<sup>۴</sup> و باجلان و همکاران ۱۳۹۵<sup>۵</sup> 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<sup>۶</sup>). در حوزه چارچوب زمانی با توجه به داده‌های روزانه، هفتگی، ماهیانه و سالیانه

- 
- 1.....
  - 2.....
  - 3.....
  - 4.....
  - 5.....
  - 6.....

ارائه شده به تحلیل بازار و شناسایی الگوهای موجود در این بازار می پردازند. در حوزه متغیرهای ورودی از طریق شناسایی متغیرهای بنیادی و تکنیکی مؤثر بر قیمت سهام به پیش بینی قیمت سهام می پردازند. در حوزه ارزیابی عملکرد از طریق به کارگیری معیارهای ارزیابی مختلف سعی در بررسی میزان کارایی هر رویکرد می نمایند. دکتر منجمی و همکارانش در سال ۱۳۸۸، با استفاده از ترکیب شبکه عصبی فازی و الگوریتم ژنتیک مدلی را جهت پیش بینی قیمت سهام ارائه نمودند و نتایج حاصل از آن را با نتایج به دست آمده 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 داده های مرتبط با ۱۲ شرکت عضو بورس اوراق و بهادار تهران را مورد پیش بینی قرار دادند، نتایج نشان دادند که استفاده از این روش برای پیش بینی قیمت سهام تا حد زیادی می تواند مفید باشد. تی سانگ چن و همکارانش در سال ۲۰۱۱ به مقایسه عملکرد شبکه های عصبی مصنوعی و درخت های تصمیم گیری در پیش بینی قیمت سهام پرداختند، برای این منظور از ۱۰ عدد مجموعه داده قیمت سهام استفاده کردند و جهت ارزیابی نتایج به دست آمده از ضریب تعیین استفاده نمودند، نتایج نشان داد که شبکه های عصبی نسبت به سایر روش های دیگر از دقت بالاتری برخوردار می باشند. در جدول زیر خلاصه ای از مطالعات صورت گرفته شده از طریق شبکه عصبی مصنوعی و الگوریتم های بهینه سازی متنوع در زمینه پیش بینی قیمت سهام را مشاهده می نمایید.

همان طور که در جدول ۱ مشاهده می شود نقطه ضعف اصلی تمامی رویکردهای پیشین نحوه مدل سازی تک بعدی مسئله می باشد، که جهت رفع آن از الگوریتم رقابت استعماری استفاده شده، اما از آنجایی که در پیاده سازی حرکت مستعمرات به سمت استعمارگر الگوریتم رقابت استعماری از توابعی با توزیع یکنواخت استفاده شده است باز مشکل قرار گیری در دام نقطه بهینه محلی به چشم می خورد. این مقاله سعی دارد تا از طریق ترکیب الگوریتم رقابت استعماری با نگاشت های آشوبی، و اصلاح زاویه حرکتی مستعمرات به سمت استعمارگر، نقاط ضعف رویکردهای سابق را بهبود بخشد. با توجه به جستجوهای صورت گرفته می توان بیان نمود که تاکنون در بورس و اوراق بهادار ایران از چنین رویکردی برای پیش بینی 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			مدل‌های ارزیابی عملکرد
			روزانه	هفتگی	ماهانه	
سید امیر منجھی و همکارانش ۱۳۸۸	✓	الگوریتم‌های ژنتیک شبکه عصبی فازی	✓			روش‌های ارزیابی رگرسیون روش‌های ارزیابی طبقه‌بندی کلمه سایر موارد
محمدرضا عباس پور و همکارانش ۱۳۸۱	✓	شبکه عصبی ... شبکه عصبی ... شبکه عصبی ... شبکه عصبی ...	✓			
بهراد جلدی زارع و همکارانش ۱۳۹۴	✓	شبکه عصبی ...	✓			
جی جی لو ۲۰۱۰	✓	شبکه عصبی ... تحلیل مصنوعی و تحلیل وابستگی مولفه‌ها	✓			
احمد کاطم و همکارانش ۲۰۱۳	✓	بردار پشتیبان رگرسیون و تئوری آشوب با تابع ...	✓			
مالک آسر و همکارانش ۲۰۱۱	✓	شبکه عصبی تطبیقی بر اساس سیستم استنتاج فازی	✓			
تی سلگ شین و همکارانش ۲۰۱۱	✓	مقایسه بین شبکه‌های عصبی مصنوعی و درخت‌های	✓			
مهای اوزاری ۱۳۹۱	✓	شبکه عصبی مصنوعی و الگوریتم رقابت	✓			

### 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 ۱-۰، 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 هریک 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 . واحد به سمت خود جذب می‌نماید؛ . 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 . فاصله بین مستعمره و استعمارگر و  $\beta$  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  $\theta$  که عدد تصادفی با توزیع یکنواخت است انجام می‌گیرد (آتشپز ۱۳۸۷ و طلاطهاری و همکاران ۲۰۱۲).

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

$\gamma$  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
۱	$\theta_{n+1} = \alpha\theta_n(1 - \theta_n)$
۲	$\theta_{n+1} = \alpha\theta_n^2 \text{Sin}(\pi\theta_n)$
۳	$\theta_{n+1} = \theta_n + n - \left(\frac{\alpha}{2\pi}\right) \text{Sin}(2\pi\theta_n) \text{Mod}(1)$
۴	$=\theta_{n+1} \left[ \begin{array}{l} \dots \theta_n \dots \\ \dots \theta_n \dots \end{array} \right]$

که در آن  $\alpha$  پارامتر کنترل؛ و  $\theta$  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).

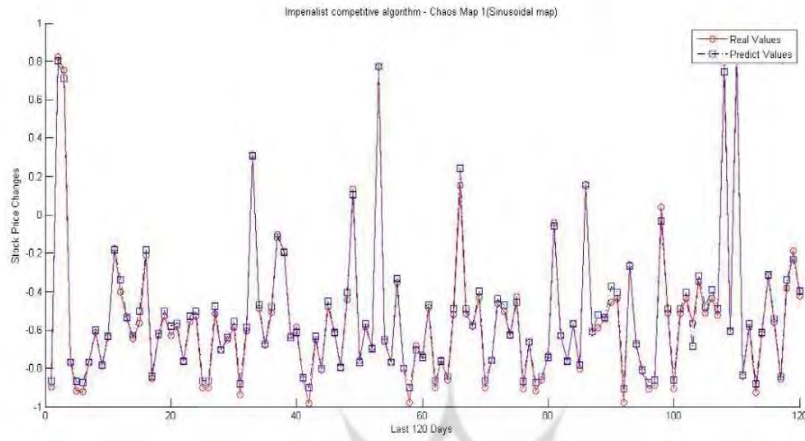
- ۱) چند نقطه تصادفی بر روی تابع انتخاب کرده و امپراطوری‌های اولیه را تشکیل بده.
- ۲) مستعمرات را به سمت کشور امپریالیست حرکت بده (سیاست همگون سازی).
- ۳) اگر مستعمره‌ای در یک امپراطوری وجود داشته باشد که هزینه آن کمتر از امپریالیست باشد، جای مستعمره و امپریالیست را باهم عوض کن.

1.....  
 2.....  
 3.....  
 4.....

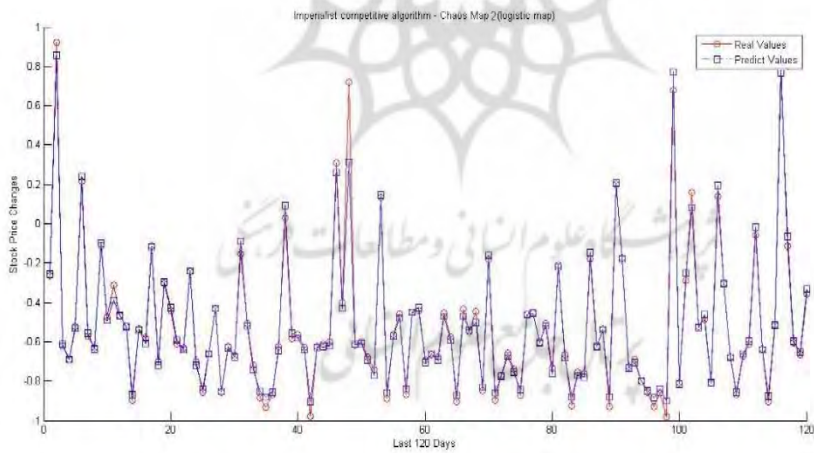
- (۴) هزینه‌ی کل یک امپراطوری را با در نظر گرفتن هزینه‌ی امپریالیست و مستعمراتش را حساب کن. .
- (۵) یک مستعمره از ضعیف‌ترین امپراطوری را انتخاب کرده و آن را به امپراطوری‌ای که بیشترین احتمال تصاحب را دارد بده. .
- (۶) امپراطوری‌های ضعیف را حذف کن. .
- (۷) تکرار گام‌های ۲-۴ تا رسیدن به شرایط توقفی که 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

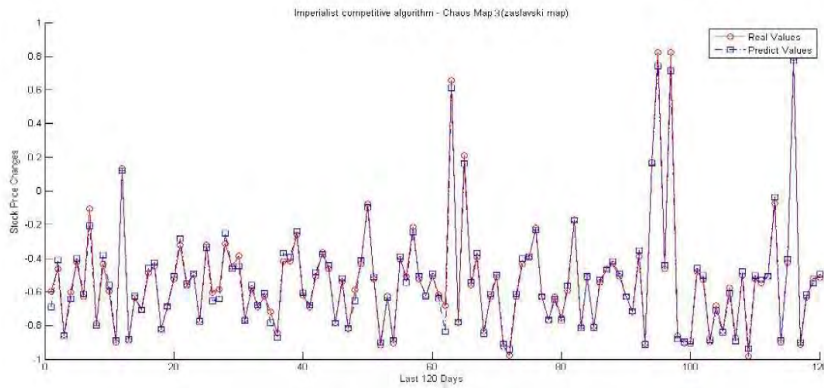
در مقاله حاضر سعی شده تا با اصلاح زاویه حرکتی مستعمرات به سمت استعمارگر از طریق نگاهت‌های آشوبی رویکردی نوین جهت پیش‌بینی قیمت سهام و بررسی کارایی معرفی و عملکرد آن نسبت به سایر الگوریتم‌های بهینه‌سازی جستجوی پیشین بررسی گردد. جهت ارزیابی عملکرد هر یک از رویکردها از سه معیار میزان دقت پیش‌بینی، میزان 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 ... (ریشه میانگین مربعات خطا) و ... (ضریب تعیین) استفاده شده است. ... یکی از شایع‌ترین فرمول‌های مورد استفاده جهت ارزیابی مدل‌های رگرسیون می‌باشد که تنها برای مقایسه مدل‌هایی با واحد اندازه‌گیری خطای یکسان بکار می‌رود و ... (ضریب تعیین)، بیانگر میزان همبستگی بین متغیرهای مستقل و وابسته در آینده است که هرچه مقدار ... به یک نزدیک‌تر باشد، نشان می‌دهد مدل از عملکرد بهتری برخوردار است. در کنار این موارد میزان مصرف حافظه اصلی به کیلو بیت 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.



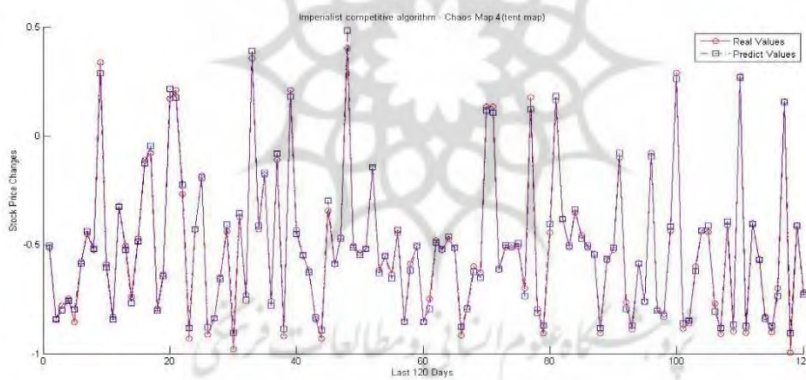
نمودار ۳. الگوریتم رقابت استعماری مبتنی بر تئوری آشوب- نگاشت آشوبی ۱



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

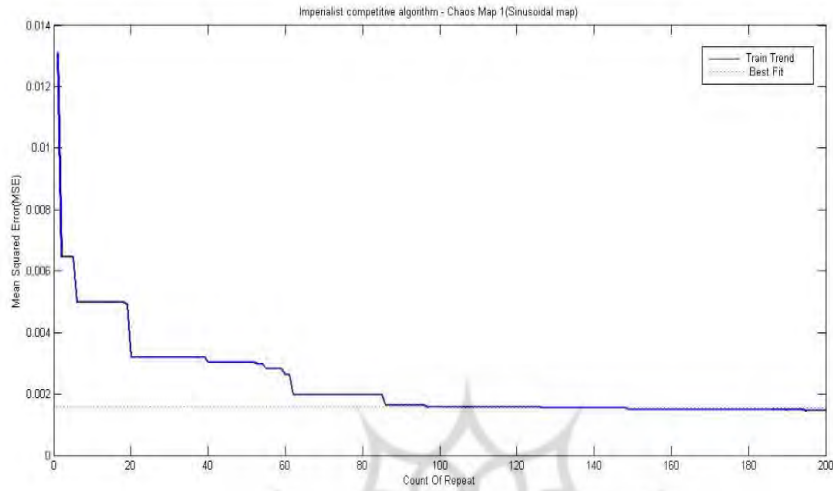


نمودار ۵. الگوریتم رقابت استعماری مبتنی بر تئوری آشوب- نگاشت آشوبی ۳



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

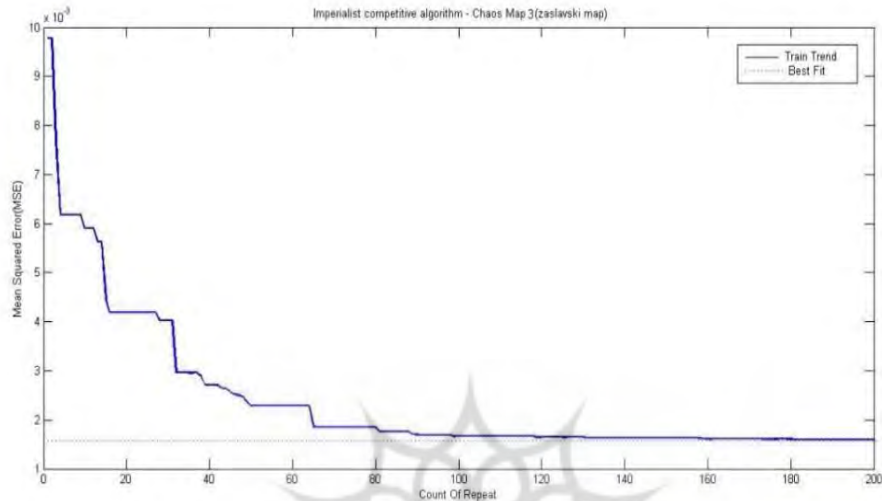
نمودارهای زیر نشانگر روند کاهش میانگین مربعات خطا ( ... ) توسط نگاشت‌های آشوبی مختلف پیاده‌سازی شده می‌باشند..



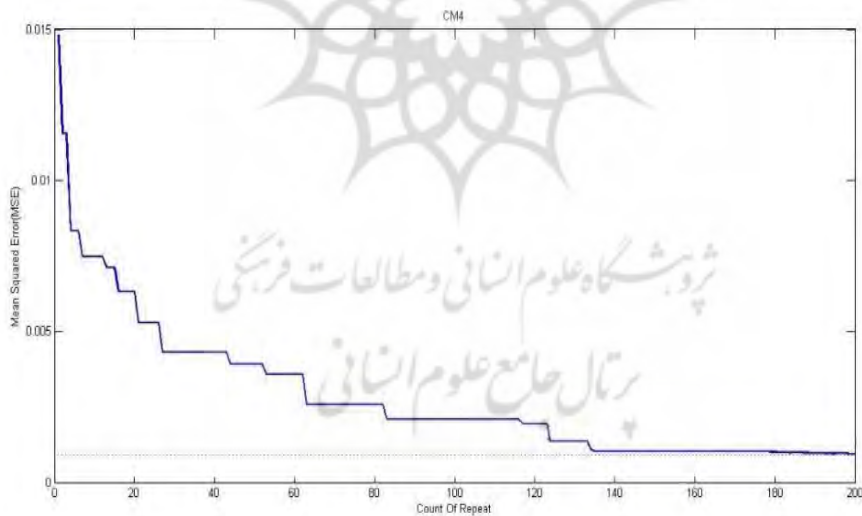
نمودار ۷. الگوریتم رقابت استعماری مبتنی بر تئوری آشوب- نگاشت آشوبی ۱



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	گرایان نزولی	ژنتیک	بهینه‌سازی ازدحام ذرات	رقابت استعماری
رشته‌های ماکزیم مربعات خطا	۰/۳۳۴۷	۰/۳۳۰۵۶	۰/۳۱۱۳۳	۰/۲۸۲۳۱	۰/۴۹۱۴	۰/۸۲۰۲	۰/۴۳۵۹	۰/۰۴
ضریب تعیین	۰/۹۸۸۶	۰/۹۸۷۴	۰/۹۹۰۲	۰/۹۹۳۱	۰	۰/۹۴۲۱	۰/۹۸۴۴	۰/۹۸۶۶
زمان اجرایی	۳۳۷۴/۴۳۲	۳۵۳۱/۳۲۱	۴۰۳۳/۳۱۱	۳۳۳۲/۹۴۱	۳۱۱۴۵	۳۹۵۷/۵۵۵	۲۱۳۹/۵۲۱	۴۵۰۰/۸۸۶
حافظه مصرفی	۱۷۴۱۲	۲۵۱۳۳	۱۲۷۹۶	۲۳۳۳۴	۲۳۷۵۱۱	۳۳۰۸۰	۴۷۹۶۶	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 بر تر 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		

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 ؛ ایزری، 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 مقداری بررسی های اقتصادی سابق، ۱۳۸۸ .
- .....  
.....  
.....*Control Taught - Tehran University(in persian).*  
.....
- .....  
.....*The International Arab Conference on Information Technology..*  
.....
- .....  
.....*Journal of Emerging Trends in Computing and Information Sciences, 3.....*  
.....
- .....  
.....*Financial Management Strategy(in persian).*  
.....
- .....  
.....*Expert Systems with Applications, 41.....*  
.....
- .....  
.....*Economic Systems, 33..*  
.....
- .....  
.....*Journal of Economics and International Finance, 2.....*  
.....
- .....  
.....*Expert Systems with Applications, 22.....*  
.....
- .....  
.....*International Review of Financial Analysis, 40.....*  
.....
- .....

- ..... *Quarterly Journal of Economics, Some ex-economic studies*(in persian).
- ..... *Journal of Economic Surveys*, 21..... -.....
- ..... *Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation*..... -.....
- ..... *Commun Nonlinear Sci Numer Simulat*, 17..... -.....
- ..... *Structural and Multidisciplinary Optimization*, 46..... -.. ..
- ..... *Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation*..... -.....
- ..... *Expert Systems with Applications*, 40..... -.....
- ..... *Expert Systems with Applications*, 38..... -.....

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی  
پرتال جامع علوم انسانی