Archive of SID

Journal of Financial Management Strategy
Vol. ۷, No.۲۵
Summer ۲۰۱۹

Alzahra University- Faculty of Social Sciences and Economics
Received: ۲۰۱۹/۰۳/۱۳
Accepted: ۲۰۱۹/۰۶/۱۵

Forecasting Stock Prices in Tehran Stock Exchange Using Recurrent Neural Network Optimized by Artificial Bee Colony Algorithm

Jafar Babajani[۱], Mohammadreza Taghva[۲], Ghasem Bulu[۳], Mohsen Abdollahi[٤]

Abstract

This research in a hybrid approach, using Recurrent Neural Networks (RNN) based on Artificial Bee Colony algorithm (ABC), is going to provide the optimal model to predict the stock prices in Tehran Stock Exchange. For this purpose, using the stock datafor companies listed in the first market of the Tehran Stock Exchange, traded between ۲۰۱۱ and the end of ۲۰۱۵,after the definition of different technical and fundamental variables, using step by step regression-correlation, factors affecting stock prices in Tehran Stock Exchange were selected as model input is defined. Then the artificial bee colony algorithm in an atmosphere of parametric design is used to optimize the weights and biases of recurrent neural network. To evaluate the model, several criteria for a given stock of listed companies in Tehran Stock Exchange are used. The results show that the neural network optimized with artificial bee colony algorithm has considerable accuracy, compared to other forecasting methods.

Keywords: : Stock price prediction, Stepwise regression-correlation (SRCS), Recursive Neural network (RNN), Artificial bee colony algorithm (ABC)
JEL: C۴۵, G۱۲, G۱۳

---

۱ . Professor of Accounting, Allameh Tabataba'i University, Corresponding Author. Email: jafar.babajani@gmail.com
۲ . Associate Professor of Industrial Management, Allameh Tabataba'i University. Email: taghva@atu.ac.ir
۳ . Associate Professor of Accounting, Allameh Tabataba'i University. Email: ghblue۲۰@yahoo.com
٤ . Ph.D. of Financial Management, Allameh Tabataba'i University. Email: mohsenisu@gmail.com

www.SID.ir

Archive of SID

راهبرد مدیریت مالی

سال هفتم، شماره بیست و پنجم
تابستان ۱۳۹۸
صص ۲۳۸-۱۹۵

دانشگاه الزهرا (س)
دانشکده علوم اجتماعی و اقتصادی
تاریخ دریافت:۱۳۹۷/۱۲/۲۲
تاریخ تصویب: ۱۳۹۸/۰۳/۲۵

پیش‌بینی قیمت سهام در بورس تهران با استفاده از شبکه عصبی بازگشتی بهینه‌شده با الگوریتم کلونی زنبورعسل مصنوعی[۱]

جعفر باباجانی[۲]، محمدرضا تقوا[۳]، قاسم بولو[۴] و محسن عبدالهی[۵]

چکیده

این پژوهش با رویکرد ترکیبی، با به‌کارگیری شبکه عصبی بازگشتی مبتنی بر الگوریتم کلونی زنبورعسل مصنوعی (ABC-RNN)، درصدد ارائه مدلی بهینه برای پیش‌بینی قیمت سهام در بورس تهران است. برای این منظور با استفاده از داده‌های سهام پذیرفته‌شده در بازار اول تابلوی اصلی بورس تهران که طی سال‌های ۱۳۹۰ تا پایان سال ۱۳۹۴ مورد معامله قرارگرفته است، ضمن تعریف مؤلفه‌های تکنیکال و بنیادی متعدد، با به‌کارگیری فرآیند رگرسیون-همبستگی قدم‌به‌قدم (SRCS)، مؤلفه‌های مؤثر بر قیمت سهام انتخاب‌شده و به‌عنوان ورودی مدل تعریف می‌شود. در مرحله بعد، الگوریتم کلونی زنبورعسل مصنوعی (ABC) در یک فضای طراحی پارامتری، برای بهینه کردن وزن‌ها و تورش‌های شبکه عصبی بازگشتی بکار گرفته می‌شود. برای ارزیابی عملکرد مدل، از چندین معیار برای سهام شرکت‌های پذیرفته‌شده در بورس تهران استفاده می‌شود. نتایج نشان‌دهنده آن است که استفاده از شبکه عصبی بهینه‌شده با الگوریتم کلونی زنبورعسل مصنوعی، دقت قابل‌ملاحظه‌ای در مقایسه با سایر روش‌های پیش‌بینی دارد.

واژه های کلیدی: پیش‌بینی قیمت سهام، رگرسیون-همبستگی قدم‌به‌قدم (SRCS)، شبکه عصبی بازگشتی (RNN)، الگوریتم کلونی زنبورعسل مصنوعی (ABC)
طبقه‌بندی موضوعی: C45، G12، G13

---

۱. کد DOI مقاله: 10.22051/jfm.2019.21049.1714
۲. استاد دانشکده مدیریت و حسابداری دانشگاه علامه طباطبائی، نویسنده مسئول. Email:jafar.babajani@gmail.com
۳. دانشیار دانشکده مدیریت و حسابداری دانشگاه علامه طباطبائی. Email: taghva@atu.ac.ir
٤. دانشیار دانشکده مدیریت و حسابداری دانشگاه علامه طباطبائی. Email: ghblue20@yahoo.com
۵. دکتری مدیریت مالی دانشگاه علامه طباطبائی. Email: mohsenisu@gmail.com

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

پیش‌بینی قیمت سهام و بازشناسی رفتار آن امری پیچیده است؛ مؤلفه‌های گوناگونی از قبیل رخدادهای سیاسی، وضع عمومی اقتصاد و انتظارات سرمایه‌گذاران، بر بازار سهام تأثیر می‌گذارد (دامودارن[1]، ۱۳۸۷، ۷؛ راعی و محمودی آذر، ۱۳۹۳، ۱۴). بسیاری از مطالعات اخیر نشان داده‌اند که بازار سهام، در حقیقت یک سیستم غیرخطی و آشوبناک است که به عوامل متعدد سیاسی، اقتصادی و روانی وابسته است (امیری و همکاران، ۱۳۸۹، ۷۵؛ پورحیدری، ۱۳۸۹، ۱۳۶). برای غلبه بر محدودیت تکنیک‌های تحلیل سنتی در پیش‌بینی الگوهای غیرخطی، متخصصان طی دو دهه اخیر تکنیک‌های هوشمند و بخصوص شبکه‌های عصبی مصنوعی و الگوریتم ژنتیک را برای بهبود پیش‌بینی قیمت سهام به‌کاربرده‌اند (چانگ[2]، ۲۰۱۱، ۱۸۵؛ ونگ[3]، ۲۰۱۱، ۴۶۸)؛ چراکه به دلیل خطی نبودن روند قیمت‌ها[4]، عدم اطمینان حاکم[5] و ناهمواری داده‌های مؤلفه‌ها[6]، پیش‌بینی دقیق و بدون خطای قیمت‌ها حتی برای متخصصان مالی نیز امری دشوار است. مطالعات نشان داده است که مدل شبکه عصبی-مصنوعی در پیش‌بینی قیمت سهام، بهتر از مدل‌های آماری و تحلیل مشخصه‌ها[7] عمل می‌کند (رفنز[8] و همکاران، ۱۹۹۴، ۷۸؛ ژانگ[9] و همکاران، ۱۹۹۸، ۱۰۲). الگوریتم کلونی زنبورعسل مصنوعی (ABC)[10] یکی از الگوریتم‌های نوینِ بهینه‌سازی مبتنی بر «هوش دسته‌جمعی»[11] است که رفتار جستجوی غذای کلونی زنبورهای عسل را شبیه‌سازی می‌کند. ازآنجایی‌که مدل‌های ترکیبی (هیبریدی) با الهام از الگوریتم‌های فرا ابتکاری[12]، سعی در بهینه کردن مسئله و تسهیل دستیابی به راه‌حل دارد، در این پژوهش از الگوریتم بهینه‌ساز «کلونی زنبورعسل» برای بهبود خروجی مدل شبکه عصبی بازگشتی (ABC-WRNN) استفاده‌شده است. در طراحی

---

1 . Damodaran
2 . Chang
3 . Wang
4 . Nonlinear
5 . Uncertainty
6 . Non-Stationary
7 . Discriminant Analysis
8 . Refenes
9 . Zhang
10 . Artificial Bee Colony Algorithm
11 . Swarm Intelligence

۱۲. الگوریتم های فرا ابتکاری (Meta-Heuristic) یا فراتکاملی نوعی از الگوریتم‌های تصادفی هستند که برای یافتن پاسخ بهینه به کار می‌روند (بیات، ۱۳۹۳: ۵).

www.SID.ir

Archive of SID

شبکه عصبی بازگشتی مبتنی بر الگوریتم کلونی زنبورعسل، تعیین متغیرهای مستقل –ورودی‌های– مدل هیبریدی ارائه‌شده بسیار بااهمیت است؛ مؤلفه‌های بسیاری وجود دارد که می‌تواند روند قیمت سهم را نشان داده و نماینده وضعیت بنیادین سهام باشد؛ این پژوهش متغیرهای فنی و بنیادین مختلفی را که تعیین‌کننده قیمت سهام هستند را برشمرده و با استفاده از مدل «انتخاب مشخصه رگرسیون قدم‌به‌قدم» (SRCS)[1]، مؤثرترین مؤلفه‌ها بر داده‌های مربوط به قیمت سهام در بورس اوراق بهادار تهران را شناسایی می‌کند.

ناشناخته بودن عواملی که بر تغییرات قیمت سهام –بازده– تأثیر می‌گذارند، دلیلی برای روی آوردن به پیش‌بینی تغییرات قیمت سهام شرکت‌هاست. پژوهش‌های متعددی در خصوص توان پیش‌بینی بازده سهام با استفاده از اطلاعات گذشته وجود دارد و پژوهشگران نیز تعداد زیادی از متغیرهای مالی را شناسایی کرده‌اند که بازده آتی سهام را پیش‌بینی می‌کنند. در یک تقسیم‌بندی کلی، مدل‌های به‌کاررفته در پیشینه پژوهش در رابطه با پیش‌بینی قیمت سهام به چهار دسته کلی زیر تقسیم می‌شود:

الف- مدل‌های آماری: مانند تحلیل ممیزی، رگرسیون لجستیک، درخت تصمیم‌گیری و پروبیت. مشکل اصلی که در روش‌های آماری وجود دارد برخی فروض محدود کنند بوده که در دنیای واقعی مفروض نمودن آن‌ها دور از ذهن است، برای مثال در نظر گرفتن فروضی همچون وجود رابطه خطی بین متغیرها و یا برابر بودن کواریانس زوجی در متغیرهای ورودی این روش‌ها را به‌عنوان فروض محدودکننده نام برد (بک ویتز[2]، ۲۰۰۸، ۶۰۸؛ ادیریسینگ[3]، ۲۰۰۸، ۳۱۵).

ب- روش‌های پژوهش در عملیات: مانند برنامه‌ریزی خطی و برنامه‌ریزی عدد صحیح. در این روش‌ها با تعریف نمودن یک تابع هدف که معمولاً حداقل نمودن سطح ریسک اعتباری بوده و همچنین تعریف کردن یکسری محدودیت، مدل مسئله را تعریف می‌نمایند. سپس با به‌کارگیری یک الگوریتم بهینه‌ساز کننده در روش‌های پژوهش در عملیات اقدام به حل مسئله مذکور می‌نمایند (کومار[4]، ۲۰۰۷، ۱۲۵؛ چانگ[5]، ۲۰۰۴، ۶۲).

1 . Stepwise Regression-Correlation Selection
2 . Beckwith
3 . Edirisinghe
4 . Kumar
5 . Chang

www.SID.ir

Archive of SID

ج- روش‌های هوش مصنوعی: شامل الگوریتم ژنتیک، شبکه‌های عصبی، دستگاه‌های فازی و دستگاه‌های هوشمند شده که برتری این روش‌ها نسبت به روش‌های آماری، نبودن فروض محدودکننده است (چن[1]، ۲۰۰۳، ۴۶۷؛ آفنزلر[2]، ۲۰۰۹، ۲۳۲؛ لی[3]، ۲۰۱۴، ۱۰۹).

د- روش‌های ترکیبی (هیبرید): در این‌گونه روش‌ها ابتدا با استفاده از یک الگوریتم انتخاب ویژگی، زیرمجموعه‌ای از ویژگی‌ها که باعث بیشترین تأثیر متغیر مستقل بر متغیر وابسته می‌شوند انتخاب‌شده و به‌عنوان ورودی مدل اصلی در نظر گرفته می‌شوند. سپس مبتنی بر یکی از مدل‌های اصلی پیش‌بینی، روش دیگر برای توسعه و بهبود پیش‌بینی مدل اصلی با آن ترکیب می‌شود. روش به‌کاررفته در این پژوهش نیز از نوع ترکیبی بوده که در آن ابتدا با روش انتخاب ویژگی رگرسیون قدم‌به‌قدم (گام‌به‌گام) (SRCS)، متغیرهای ورودی مدل اصلی که شبکه عصبی بازگشتی (RNN) است شناسایی می‌شود. در ادامه فرآیند توسعه شبکه عصبی بازگشتی به‌وسیله الگوریتم کلونی زنبورعسل (ABC-RNN)، با حداقل محاسبات، راهکار بهینه مسئله را یافته و به‌عنوان یکی از بهترین رویکردهای فرا ابتکاری، در یک فضای پارامتری، وزن‌ها و خطاهای شبکه عصبی بازگشتی را بهینه می‌کند؛ بنابراین روش‌های ترکیبی حاضر، ازآن‌رو که در قسمت‌های مختلف مسئله از چندین روش باقابلیت‌های مختلف بسته به نقاط قوت هر روش استفاده می‌کند، امکان و دقت پیش‌بینی را بعضاً تا چندین برابر افزایش می‌دهند.

این پژوهش درصدد آن است تا باهدف پیش‌بینی بهینه قیمت سهام در بورس تهران، از الگوریتم‌های ترکیبی فرا ابتکاری بهره ببرد. برای ارزیابی مدل، از به‌کارگیری معیارهای مختلف برای داده‌های سهام چندین شرکت سرمایه‌گذاری در بورس تهران با استفاده از فن‌های مختلف ارزیابی دقت استفاده‌شده و نتایج این مدل با چندین مدل مطرح دیگر در حوزه پیش‌بینی قیمت سهام از قبیل شبکه عصبی پرسپترون چندلایه (MLP) و چند الگوریتم فرا ابتکاری دیگر مقایسه و درنهایت، سودآوری حاصل از استراتژی سرمایه‌گذاری برگرفته از مدل طراحی‌شده در قیاس با سایر مدل‌ها ارزیابی می‌گردد.

با دقت در پژوهش‌های انجام‌شده در این حوزه مشاهده می‌شود که الگوریتم‌های فرا ابتکاری عملکرد قابل قبولی در پیش‌بینی متغیرهای مالی و اقتصادی داشته و از طرفی پژوهش حاضر برای توسعه مدل شبکه عصبی، از «شبکه عصبی بازگشتی» که یک نمونه دینامیک الگوریتم فرا ابتکاری

1 . Chen
2 . Affenzeller
3 . Li

www.SID.ir

Archive of SID

محسوب می‌شود، بهره برده و برای بهبود و توسعه فضای پارامتری وزن‌ها و خطاهای شبکه، از الگوریتم کلونی زنبورعسل به‌عنوان رویکرد ترکیبی استفاده‌شده است. با دقت در پژوهش‌های دیگر، دانش‌افزایی این پژوهش به‌صورت زیر است:

- این پژوهش در بازار سرمایه کشور ایران و بر اساس داده‌های سهام پذیرفته‌شده در بورس تهران انجام‌شده که یک کشور با اقتصاد درحال‌توسعه است؛ درحالی‌که سایر پژوهش‌ها از روش‌های ترکیبی فرا ابتکاری برای پیش‌بینی متغیرهای اقتصادی در کشورهای درحال‌توسعه (مثل ژاپن، آمریکا، لندن و غیره) بهره برده‌اند؛ بدیهی است کارایی کمتر اطلاعاتی ناشی از محدودیت‌های معاملاتی و ریزساختارهای منحصربه‌فرد بازار سرمایه ایران ازجمله دامنه نوسان و حجم‌مبنا، یکی از خصیصه‌ها و وجوه تمایز بازار سرمایه ایران با کشورهای توسعه‌یافته است.
- در این پژوهش با استفاده از رگرسیون قدم‌به‌قدم، مهم‌ترین مؤلفه‌های مؤثر بر قیمت سهام در بورس تهران معرفی‌شده است.
- «شبکه‌های عصبی بازگشتی» (RNN) شبکه‌های عصبی با یک حلقه پس‌خور بوده که خاصیت اصلی آن‌ها در قیاس با شبکه عصبی مصنوعی (ANN) این است که رفتار آن‌ها هم به‌وسیله خودشان و هم به‌وسیله ورودی‌های خارجی به شبکه تعین می‌گردد و نسبت به شبکه‌های عصبی مصنوعی، ساختارهای دینامیک را –که از ویژگی‌های بازار سهام است– بهینه‌تر مدل‌سازی می‌کنند. این پژوهش از شبکه عصبی بازگشتیِ الِمان استفاده نموده است.
- مؤلفه‌های مؤثر بر قیمت سهام در این پژوهش، متناسب با عوامل بنیادین، فنی، کلان اقتصادی و روان‌شناسی در کشور و در بورس تهران انتخاب و این پژوهش مبتنی بر آن‌ها نگاشته شده است.
- این پژوهش از روش ارزیابی سودآوری (Profit Evaluation) که یک شاخص مالی ناظر بر کارایی مدل‌های پیش‌بینی است، علاوه بر روش‌های مرسوم ارزیابی عملکرد مدل‌های پیش‌بینی، بهره برده است.

بنابراین مشاهده می‌شود که مدل ترکیبی «شبکه عصبی بازگشتی با الگوریتم کلونی زنبورعسل مصنوعی» برای بهینه‌سازی فضای تصمیم، یک رویکرد نوین و اثربخش برای مدل‌سازی پیش‌بینی قیمت سهام در بورس تهران خواهد بود. همان‌گونه که حکیمی‌پور و همکاران (۱۳۹۳) اشاره داشته‌اند، در الگوهای سری زمانی، بجای تأکید بر مبانی نظری برای بررسی رفتار متغیرهای

www.SID.ir

Archive of SID

اقتصادی، ماهیت رفتاری متغیرها از درون مشاهدات استنتاج می‌شود و امکان مقایسه مقادیر پیش‌بینی‌شده و واقعی میسر می‌شود؛ لذا این پژوهش یک پیش‌بینی درون نمونه‌ای برای مقایسه چندین روش پیش‌بینی ارائه داده است. در ادامه، پس از مرور مبانی نظری و پیشینه پژوهش، سؤالات و روش‌شناسی پژوهش تبیین شده و پس از تجزیه‌وتحلیل داده‌ها، نتایج پژوهش تشریح می‌شود.

مبانی نظری و مروری بر پیشینه پژوهش

در حال حاضر یکی از موضوعات مهم و موردعلاقه سرمایه‌گذاران و تحلیل‌گران مالی، تبیین و تشخیص چگونگی نوسانات و تغییرات قیمت‌هاست که این امر باعث به وجود آمدن راه‌حل‌ها و دیدگاه‌های مختلفی شده است (راعی و دیگران، ۱۳۹۴، ۶۲). با عنایت به عدم دسترسی به اطلاعات دقیق درباره عوامل مؤثر بر قیمت سهام و نوسانات حاصله، پیش‌بینی روند تغییرات قیمت سهام به‌سادگی ممکن نبوده و این مسئله باعث ارائه نظریه گام تصادفی[1] شد (دامودارن، ۱۳۸۷، ۱۸۸)؛ نقطه مقابل این نظریه، وجود قابلیت پیش‌بینی قیمت سهام است که معتقد به وجود الگوهای رفتاری در سری زمانی قیمت‌هاست. در ابتدا تلاش‌هایی برای پیش‌بینی قیمت سهام با استفاده از روش‌های رگرسیون، مدل باکس جینکینز، همبستگی، هموارسازی نمایی و غیره صورت گرفت که پیچیدگی ذاتی سری زمانی مالی به دلیل غیر ایستا بودن، غیرخطی بودن و نرمال نبودن، فراتر از قابلیت‌ها و توانایی این روش‌هاست (آذر و کریمی، ۱۳۸۸، ۱۹۶)؛ در حال حاضر نیز مدل‌های ترکیبی هوش مصنوعی امکان در نظر گرفتن ابعاد مختلف مؤثر بر قیمت سهام را برای تعیین و پیش‌بینی قیمت سهام فراهم کرده است (شمس، ۱۳۸۷، ۱۵۸).

یکی از مسائل و مشکلات سرمایه‌گذاران در بورس‌هایی مانند بورس ایران انتخاب معیار صحیح در انتخاب انواع سهام است. (جهانخانی و پارسائیان، ۱۳۷۵، ۲۵۵)؛ به‌عبارت‌دیگر سرمایه‌گذاران در این شرکت‌ها باید عوامل متعدد اثرگذار بر سهام را ارزیابی نمایند. علیزاده (۱۳۸۸)، طلوعی و حق‌دوست (۱۳۸۷)، منجمی و همکاران (۱۳۸۸)، برادران حسن‌زاده (۱۳۹۴)، پورحیدری (۱۳۸۹)، فلاح پور و همکاران (۱۳۹۲)، زارع و همکاران (۱۳۸۹)، قنبری (۱۳۸۹)، فرمان آرا و همکاران (۱۳۸۹)، مهرآرا (۱۳۸۸)، قائمی و همکاران (۱۳۸۵)، اکرمی (۱۳۷۴)، احمدپور و همکاران (۱۳۸۸)،

---

۱. بیان می‌کند با استفاده از اطلاعات در دسترس، امکان پیش بینی قیمت سهام وجود ندارد.

www.SID.ir

Archive of SID

بکویت[1] (۲۰۰۸)، رمزی جیمز[2] (۱۹۹۸)، حامدیان (۱۳۷۹)، دلبری (۱۳۸۰)، جنانی[3] و همکاران (۲۰۰۸)، امیری و همکاران (۱۳۸۹)، لی[4] و همکاران (۲۰۰۸) و ادریسینگ[5] و همکاران (۲۰۰۸) در پژوهش‌های خود به شناسایی مؤلفه‌های مؤثر بر قیمت سهام پرداخته‌اند؛ با توجه به مطالعات صورت گرفته در شناخت و ارزیابی عوامل و مؤلفه‌های مؤثر بر قیمت سهام، این عوامل به‌طورکلی در ۴ گروه اصلی دسته‌بندی می‌شوند: **الف**- مؤلفه‌های بنیادین شرکت؛ **ب**- مؤلفه‌های فنی؛ **ج**- مؤلفه‌های کلان اقتصادی؛ **د**- مؤلفه‌های روان‌شناسی و رفتاری؛ ؛ در جدول شماره ۱، مؤلفه‌های مؤثر بر قیمت سهام ارائه‌شده است:

جدول ۱. مؤلفه‌های مؤثر بر قیمت سهام

طبقه	مؤلفه	برگرفته از پژوهش
مؤلفه‌های بنیادین شرکت	سود هر سهم	ادریسینگ و همکاران (۲۰۰۸)؛ لی و همکاران (۲۰۰۸)، امیری و همکاران (۱۳۸۹)، جنانی و همکاران (۲۰۰۸)، حامدیان (۱۳۷۹)
	نسبت بدهی	ادریسینگ و همکاران (۲۰۰۸)، جنانی و همکاران (۲۰۰۸)، دلبری (۱۳۸۰)
	سود تقسیمی هر سهم	ادریسینگ و همکاران (۲۰۰۸)، لی و همکاران (۲۰۰۸)، امیری و همکاران (۱۳۸۹)، حامدیان (۱۳۷۹)
	افزایش سرمایه	حامدیان (۱۳۷۹)، دلبری (۱۳۸۰)، قائمی و همکاران (۱۳۸۵)
	فروش به سرمایه شرکت	امیری و همکاران (۱۳۸۹)، قائمی و همکاران (۱۳۸۵)، برادران حسن زاده (۱۳۹٤)
	قیمت به سود هر سهم	ادریسینگ و همکاران (۲۰۰۸)، امیری و همکاران (۱۳۸۹)، جنانی و همکاران (۲۰۰۸)، منجمی و همکاران (۱۳۸۸)
	نسبت ارزش دفتری به قیمت بازار	امیری و همکاران (۱۳۸۹)، ادریسینگ و همکاران (۲۰۰۸)
	نسبت فروش به قیمت هر سهم	احمدپور و همکاران (۱۳۸۸)، قائمی و همکاران (۱۳۸۵)، برادران حسن زاده (۱۳۹٤)
مؤلفه‌های تکنیکال	قیمت پایانی	دلبری (۱۳۸۰)، منجمی و همکاران (۱۳۸۸)، طلوعی و حق دوست (۱۳۸۷)
	پایین‌ترین قیمت	منجمی و همکاران (۱۳۸۸)، طلوعی و حق دوست (۱۳۸۷)
	بالاترین قیمت	منجمی و همکاران (۱۳۸۸)، طلوعی و حق دوست (۱۳۸۷)

1 . Beckwith
2 . Ramsey. James
3 . Janani
4 . Lee
5 . Edirisinghe

www.SID.ir

Archive of SID

	ارزش معامله	طلوعی و حق دوست (۱۳۸۷)، ...
	آخرین قیمت	فلاح پور و همکاران (۱۳۹۲)
	قیمت پایانی روز قبل	منجمی و همکاران (۱۳۸۸)، طلوعی و حق دوست (۱۳۸۷)
	شاخص کل	منجمی و همکاران (۱۳۸۸)، زارع و کردلوئی (۱۳۸۹)
	شاخص صنعت شاخص واسطه‌گری‌های مالی	فلاح پور و همکاران (۱۳۹۲)، زارع و کردلوئی (۱۳۸۹)
	شاخص بازده نقدی	زارع و کردلوئی (۱۳۸۹)
	شاخص شناور	زارع و کردلوئی (۱۳۸۹)
	شاخص ۵۰ شرکت برتر	زارع و کردلوئی (۱۳۸۹)
	قدرت نسبی	زی و همکاران (۲۰۱۱)، علیزاده و همکاران (۱۳۸۸)، فلاح پور و همکاران (۱۳۹۲)
	میانگین متحرک همگرایی واگرایی	زی و همکاران (۲۰۱۱)، علیزاده و همکاران (۱۳۸۸)، فلاح پور و همکاران (۱۳۹۲)
	میانگین متحرک	فلاح پور و همکاران (۱۳۹۲)، دلبری (۱۳۸۰)، منجمی و همکاران (۱۳۸۸)، علیزاده و همکاران (۱۳۸۸)، زی و همکاران (۲۰۱۱)
	میانگین متحرک نمایی ۲۶ روزه	زی و همکاران (۲۰۱۱)، فلاح پور و همکاران (۱۳۹۲)، دلبری (۱۳۸۰)، علیزاده و همکاران (۱۳۸۸)
	شاخص تقاضا	زی و همکاران (۲۰۱۱)، فلاح پور و همکاران (۱۳۹۲)
	نماگر تصادفی K٪	زی و همکاران (۲۰۱۱)، فلاح پور و همکاران (۱۳۹۲)
مؤلفه‌های کلان اقتصادی	نرخ ارز	مهرآرا و همکاران (۱۳۸۸)، منجمی و همکاران (۱۳۸۸)، قنبری (۱۳۸۹)
	قیمت نفت جهانی	باردان حسن زاده (۱۳۹٤)، مهرآرا و همکاران (۱۳۸۸)، منجمی و همکاران (۱۳۸۸)، قنبری (۱۳۸۹)
	قیمت هر اونس طلا	مهرآرا و همکاران (۱۳۸۸)، منجمی و همکاران (۱۳۸۸)، قنبری (۱۳۸۹)
	حجم پول	قنبری (۱۳۸۹)، مهرآرا و همکاران (۱۳۸۸)
	رشد شاخص بهای مصرف کننده	فرمان‌آرا و همکاران (۱۳۸۹)، قنبری (۱۳۸۹)، مهرآرا و همکاران (۱۳۸۸)
	نرخ بیکاری	قنبری (۱۳۸۹)، مهرآرا و همکاران (۱۳۸۸)
	متوسط نرخ تورم	منجمی و همکاران (۱۳۸۸)، مهرآرا و همکاران (۱۳۸۸)
	نرخ بهره	مهرآرا و همکاران (۱۳۸۸)، پورحیدری (۱۳۸۹)، قنبری (۱۳۸۹)
	میزان تولید ناخالص داخلی	باردان حسن زاده (۱۳۹٤)، مهرآرا و همکاران (۱۳۸۸)، فرمان‌آرا و همکاران (۱۳۸۹)
مؤلفه‌های روان‌شناسی و رفتاری	دفعات معاملات	احمدپور و همکاران (۱۳۸۸)، منجمی و همکاران (۱۳۸۸)، طلوعی و حق دوست (۱۳۸۷)
	حجم معاملات	دلبری (۱۳۸۰)، احمدپور و همکاران (۱۳۸۸)، منجمی و همکاران (۱۳۸۸)، طلوعی و حق دوست (۱۳۸۷)
	تعداد نفرات معاملات	منجمی و همکاران (۱۳۸۸)، طلوعی و حق دوست (۱۳۸۷)

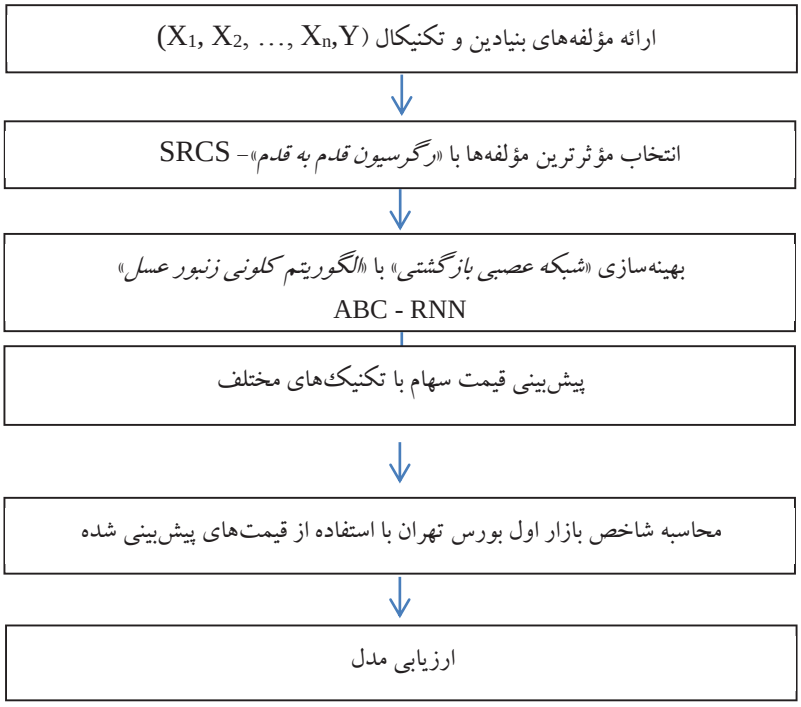
www.SID.ir

Archive of SID

با توجه به مؤلفه‌های تصریح‌شده در پژوهش‌های قبلی، برخی از مؤلفه‌ها داده‌های سالانه دارند و در طول سال تغییر نمی‌کنند، درحالی‌که سایر متغیرها به‌صورت روزانه تغییر می‌کنند و بنابراین در راستای لزوم همسان‌سازی متغیرها و بر اساس دوره پیش‌بینی پژوهش –روزانه، متغیرهای زیر درنهایت به‌عنوان ورودی مدل رگرسیون قدم‌به‌قدم تعیین می‌گردد:

- مؤلفه‌های بنیادین و فنی: قیمت پایانی، پایین‌ترین و بالاترین قیمت، ارزش معامله، آخرین قیمت، شاخص کل، شاخص صنعت، شاخص واسطه‌گری مالی، شاخص بازده نقدی، شاخص شناور، شاخص ۵۰ شرکت برتر، قدرت نسبی ۱۴ روزه، میانگین متحرک همگرایی–واگرایی ۲۶ روزه، میانگین متحرک ۲۰ روزه، میانگین متحرک نمایی ۲۶ روزه، شاخص تقاضا، نماگر تصادفی K٪
- مؤلفه‌های کلان: نرخ ارز، قیمت جهانی نفت، قیمت هر اونس طلا
- مؤلفه‌های روان‌شناسی و رفتاری: دفعات معاملات، حجم معاملات، تعداد نفرات معاملات

بر این اساس، مراحل انجام این پژوهش به‌صورت زیر خواهد بود:



شکل ۱. فرآیند عملیاتی انجام پژوهش (منبع: یافته‌های پژوهش و زی و همکاران (۲۰۱۱))

www.SID.ir

Archive of SID

پیشینه این پژوهش در دو بخش ارائه‌شده است:

الف) مطالعات شبکه عصبی مصنوعی و بازگشتی

اخیراً تعدادی از پژوهشگران در مطالعات خود بازار سهام را به‌عنوان یک سیستم پویای غیرخطی در نظر گرفته‌اند. در پی پیشرفت‌هایی که در زمینه رایانه و هوش مصنوعی[1] و همچنین، کشف روابط آشوبی در سری‌های زمانی غیرخطی پدید آمد، فعالیت‌هایی در جهت پیش‌بینی قیمت در بورس اوراق بهادار در کشورهای مختلف انجام شد. فن‌های هوش مصنوعی که شامل شبکه‌های عصبی[2]، الگوریتم ژنتیک[3] و منطق فازی[4] است، نتایج موفقیت‌آمیزی در زمینه حل مسائل پیچیده به دست آورده است. ییم[5] (۲۰۰۲) پژوهشی جهت مقایسه روش‌های پیش‌بینی شبکه عصبی و روش‌های پیش‌بینی کلاسیک GARCH و ARMA انجام داده است؛ معیارهای ارزیابی MSE و R^2 می‌باشند. نتایج نشان‌دهنده برتری شبکه‌های عصبی نسبت به نمونه‌های GARCH و ARMA است. ژانگ[6] (۲۰۰۳) در پژوهشی با استفاده از شبکهٔ عصبی مصنوعی سعی در پیش‌بینی قیمت پایانی روز آینده سهام داشته است. در این مطالعه سه پرتفوی متفاوت برای مقایسه بین آن‌ها تشکیل‌شده است. در پرتفوی اول، از پیش‌بینی قضاوتی و در پرتفوی دوم، از شبکه عصبی برای پیش‌بینی استفاده شد و در پرتفوی سوم، از مدل CAPM بهینه‌شده توسط شبکه عصبی مصنوعی استفاده شد. نتایج پژوهش وی نشان داد پرتفوی سوم که بر اساس مدل CAPM بهینه‌شده توسط شبکه عصبی مصنوعی بود، بازدهی بیشتری از دو پرتفوی دیگر به دست آورده است. کائو[7] و همکارانش (۲۰۱۴) در پژوهشی به مقایسه بین روش‌های خطی فاما و فرنچ و CAPM و روش‌های غیرخطی شبکه عصبی پرداختند. آن‌ها معتقد بودند که در کشورهای درحال‌توسعه عواملی متفاوت از مؤلفه‌های موجود در کشورهای توسعه‌یافته، بر بازده سهام تأثیر می‌گذارد. این مطالعه بر روی ۳۶۷ شرکت پذیرفته‌شده در بورس شانگهای بین سال‌های ۱۹۹۹ تا ۲۰۱۳ صورت پذیرفت. نتایج نشان می‌دهد که در بین مدل خطی فاما و فرنچ و مدل CAPM، مدل CAPM توانایی بالاتری را در پیش‌بینی بازده سهام دارا است. پاریابی و سالمی (۱۳۹۵) در پژوهشی با عنوان «پیش‌بینی قیمت

---

1 . Artificial Intelligence
2 . Neural Network
3 . Genetic Algorithm
4 . Fuzzy Logic
5 . Yim
6 . Zhang
7 . Cao

www.SID.ir

Archive of SID

سهام با داده‌های ترکیبی به روش الگوریتم کلونی زنبورعسل»، به معرفی روش ترکیبی کلونی زنبورعسل با داده‌های ترکیبی به‌عنوان یک روش انتخاب ویژگی جهت افزایش دقت و سرعت در اجرای فن پیش‌بینی پرداخته و مدل ترکیبی شبکه عصبی با الگوریتم کلونی زنبور را معرفی نموده‌اند. سرافراز و همکاران (۱۳۹۵) در پژوهش خود با عنوان «پیش‌بینی قیمت سهام با شاخص‌های بازاری هیبریدی (ترکیبی) با استفاده از ترکیب شبکه عصبی مصنوعی و منطق فازی» به‌پیش بینی قیمت سهام شرکت‌های صنعت فولاد پرداخته و با مدل ترکیبی خود به نتایج قابل قبولی دست‌یافته‌اند. مقدم و همکاران (۲۰۱۶) در مقاله خود با عنوان «پیش‌بینی قیمت سهام با شبکه عصبی مصنوعی در بورس نزدک»، با استفاده از داده‌های روزانه و هفتگی، به‌پیش بینی شاخص بورس نزدک آمریکا در دو بازه ۴ روزه و ۹ روزه پرداخته و تفاوت بااهمیتی مشاهده نکرده‌اند. هو[1] و همکاران (۲۰۱۸) در پژوهش خود با عنوان «پیش‌بینی جهت بازار سهام با استفاده از شبکه عصبی بهینه‌شده با گوگل ترند[2]» ضمن به‌کارگیری داده‌های گوگل ترند، به این نتیجه رسیده‌اند که داده‌های گوگل ترند در شبکه عصبی، پیش‌بینی جهت حرکت قیمت سهام را بهینه می‌کند. زارعی و همکاران (۱۳۹۷) در پژوهش خود با عنوان «مقایسه روش‌های شبکه عصبی فازی با شبکه عصبی موجک فازی در پیش‌بینی قیمت سهام بانک‌های پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران»، از سیستم منطق فازی به همراه سیستم شبکه عصبی چندلایه با ساختار بهینه‌سازی پس انتشار خطا و ماکزیمم همپوشانی تبدیل موجک گسسته برای متغیرهای نرخ ارز، نفت اوپک، طلا، شاخص کل سهام و همچنین حجم معاملات برای پیش‌بینی قیمت سهام استفاده کرده و به این نتیجه رسیده‌اند که شبکه عصبی موجک فازی باقابلیت اطمینان بالاتری نسبت به شبکه عصبی فازی عمل می‌کند.

ب) مطالعات الگوریتم کلونی زنبورعسل مصنوعی

«هوش دسته‌جمعی»[3] زیرشاخه‌ای از هوش مصنوعی است که بر پایه رفتارهای جمعی دستگاه‌های غیرمتمرکز و خود انتظام بناشده است. «الگوریتم کلونی زنبورعسل مصنوعی» مبتنی بر الگوریتم اکتشافی بوده که اولین بار در سال ۲۰۰۵ توسط کارابوگا[4] مطرح شد و در بهینه‌سازی توابع چند متغیره توسعه یافت. یانگ[5] (۲۰۰۵)، فم[6]

1 . Hu
2 . Google Trend
3 . Swarm Intelligence
4 . Karaboga
5 . Yang
6 . Pham

www.SID.ir

Archive of SID

(۲۰۰۶)، کارابوگا و باسترک[1] (۲۰۰۷) و کارابوگا و آکای[2] (۲۰۰۹)، نشان دادند که کارایی الگوریتم زنبور عسل نسبت به سایر الگوریتم‌های هوش دسته‌جمعی ازجمله الگوریتم ژنتیک، الگوریتم اجتماع ذرات و الگوریتم مورچگان، بالاتر است. شاه[3] و همکاران (۲۰۱۸) در پژوهش خود با عنوان «استفاده از الگوریتم کلونی زنبورعسل مصنوعی برای پیش‌بینی قیمت سهام» از الگوریتم کلونی زنبورعسل مصنوعی برای آموزش شبکه عصبی پیش‌خور برای پیش‌بینی روند قیمت سهام در بازار بورس عربستان بهره برده و به این نتیجه رسیده‌اند که مدل ترکیبی بهینه‌شده با الگوریتم کلونی زنبورعسل مصنوعی نسبت به سایر روش‌های مرسوم، قیمت سهام را با خطای کمتری پیش‌بینی می‌کند. ژنگ[4] و همکاران (۲۰۱۹) در مقاله خود با عنوان «پیش‌بینی فازی مبتنی بر ترکیب خطی متغیرهای مستقل، الگوریتم خوشه کاهنده و الگوریتم کلونی زنبورعسل مصنوعی»، روش ترکیبی را برای پیش‌بینی ابداع کردند که از الگوریتم کلونی زنبورعسل مصنوعی برای یافتن شعاع بهینه الگوریتم خوشه کاهنده استفاده کرده و به این نتیجه رسیده‌اند که دقت پیش‌بینی شاخص هم‌وزن بورس اوراق بهادار تایوان در مدل ترکیبی بیشتر از مدل‌های قبلی است.

سؤالات پژوهش

سؤالاتی که این پژوهش درصدد پاسخ بدان‌ها نگاشته شده عبارت‌اند از:

الف- چه مؤلفه‌های بنیادین و فنی بیشترین تأثیر را بر قیمت سهام در بورس تهران می‌گذارد؟

ب-آیا پیش‌بینی قیمت سهام با استفاده از شبکه عصبی بازگشتی مبتنی بر الگوریتم کلونی زنبورعسل (ABC-RNN)، امکان‌پذیر است؟

ج- آیا مدل ترکیبی شبکه عصبی بازگشتی مبتنی بر الگوریتم کلونی زنبورعسل مصنوعی در پیش‌بینی قیمت سهام بورس تهران، بهتر از مدل شبکه عصبی بازگشتی عمل می‌کند؟

روش‌شناسی پژوهش

پژوهش حاضر از حیث هدف، جزء پژوهش‌های کاربردی محسوب می‌شود؛ همچنین از حیث نحوه گردآوری داده‌ها (طرح پژوهش) در زمره پژوهش‌های توصیفی (غیرآزمایشی) بوده و طرح پژوهش مورداستفاده در این پژوهش از نوع پس‌رویدادی است. این پژوهش با استفاده از داده‌های

1 . Karaboga & Basturk
2 . Karaboga & Akay
3 . Shah
4 . Zeng

www.SID.ir

Archive of SID

مربوط به سهام پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران صورت گرفته و جامعه پژوهش، «بورس اوراق بهادار تهران» است. برای انتخاب نمونه پژوهش، با توجه به اینکه در بازار اول تابلوی اصلی بورس تهران، شرکت‌هایی پذیرفته می‌شوند که حداکثر سهام شناور آزاد را داشته و بازار در تعیین قیمت آن‌ها، حداکثر کار آیی را خواهد دارد، بنابراین شرکت‌هایی که در طی سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۴، در بازار اول تابلوی اصلی بورس تهران مورد معامله قرارگرفته[1] -به‌استثناء شرکت‌های گروه «*سرمایه‌گذاری‌ها*»[2]- انتخاب‌شده‌اند. بدیهی است برای قابلیت استنتاج از قیمت‌های پیش‌بینی‌شده و تطبیق آن‌ها با واقعیت، قیمت‌های پیش‌بینی‌شده سهام نمونه پژوهش، در فرمول شاخص اعمال‌شده و با شاخص واقعی مقایسه گردیده است. متغیرهای مستقل پژوهش عبارت‌اند از مؤلفه‌های تعیین‌کننده قیمت سهام -خروجی مدل رگرسیون همبستگی قدم‌به‌قدم- و متغیر وابسته پژوهش قیمت سهام در جلسه معاملاتی بعد است. داده‌های متناظر با تمامی ۱۰۰ سهمی که به‌عنوان سهام موردبررسی انتخاب‌شده‌اند، برای مؤلفه‌های مذکور استخراج می‌گردد؛ بنابراین تعداد داده‌های نهایی عبارت است از:

(n تعداد مؤلفه‌های مؤثر)*(۱۰۰ سهم)*(۲۵۰ روز کاری در یک سال)*(۴ سال)

در این پژوهش داده‌های متناظر با مؤلفه‌های ورودی مدل، از نرم‌افزار ره‌آورد نوین و سایر بانک‌های اطلاعاتی ازجمله بانک اطلاعات سری‌های زمانی اقتصادی بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران و وب‌سایت رسمی وزارت صنعت، معدن و تجارت استخراج‌شده و در گام بعدی، مهم‌ترین مؤلفه‌های تعیین‌کننده قیمت سهام با روش رگرسیون قدم‌به‌قدم و از طریق نرم‌افزار SPSS شناسایی‌شده و درنهایت الگوریتم فرا-ابتکاری کلونی زنبورعسل، با مدل شبکه عصبی ترکیب‌شده و مدل نهایی ارائه می‌گردد و از نرم‌افزار Matlab، جهت طراحی مدل ترکیبی فرا ابتکاری استفاده می‌گردد. با عنایت به استفاده از داده‌های روزانه در بخش متغیرهای ورودی مدل، قیمت‌ها برای دوره یک‌روزه آتی (جلسه معاملاتی بعد) پیش‌بینی‌شده است.

---

۱. بر اساس ضریب هرست، ضریب کفایت داده‌ها برای طول داده‌های دوره مورد بررسی معادل ۰,۹ محاسبه شده است. توضیح آنکه ضریب هرست (Hurst Coefficient) یک آماره برای سنجش کفایت اطلاعات به لحاظ طول دوره آماری است. اگر این ضریب بالاتر از ۰,۵ باشد به معنای اینست که سری زمانی با لحاظ انحراف معیار و تعداد داده ها و دامنه آنها، کفایت بررسی را دارند (کارآموز و عراقی‌نژاد، ۱۳۸۹، ۱۱۲).

۲. علت جدا نمودن شرکت‌های گروه سرمایه‌گذاری‌ها، وجود دارایی‌های غیر بورسی و امکان تغییر ترکیب پرتفوی آنها بر اساس تصمیمات داخلی است که اعتبار داده‌های قیمت سهام آنها را مخدوش می‌کند.

www.SID.ir

Archive of SID

تبیین الگوریتم کلونی زنبورعسل مصنوعی

کلونی زنبورعسل مصنوعی[1] (ABC) یک الگوریتم فرا ابتکاری[2] مبتنی بر زندگی اجتماعی زنبورعسل است که در سال ۲۰۰۵ توسط کارابوگا[3] جهت بهینه‌سازی مسائل عددی معرفی گردید (کارابوگا، ۲۰۰۵، ۱۷۲). الگوریتم کلونی زنبور مصنوعی شامل سه مولفه اساسی است:

- زنبورهای کارگر
- زنبورهای غیر کارگر
- منابع غذایی

در این مدل دو روش هدایت‌گر رفتار وجود دارد که شامل به خدمت گرفتن زنبور جدید کاوشگر برای منابع غذایی غنی، با دریافت بازخورد مثبت و ترک منابع غذایی ضعیف توسط زنبورها با دریافت بازخور منفی، است. در الگوریتم زنبور مصنوعی، کلونی شامل سه گروه از زنبورها است که عبارت‌اند از (کارابوگا و آکای[4]، ۲۰۰۹، ۱۰۸):

- زنبوران کارگر[5] مرتبط به منابع غذایی مشخص
- زنبوران ناظر[6] که بر انتخاب منابع غذایی نظاره می‌کنند.
- زنبوران پیشاهنگ[7] که به‌صورت تصادفی به دنبال منابع غذایی می‌گردند.

زنبوران ناظر و پیش‌آهنگ هر دو زنبورهای غیر کارگر نامیده می‌شوند. ابتدا مکان تمامی منابع غذایی توسط زنبوران پیش‌آهنگ کشف می‌گردد، سپس شهد منابع غذایی توسط زنبوران کارگر و ناظر استخراج می‌گردد. این بهره‌برداری پیوسته منجر به تهی شدن آن منبع می‌گردد. بعدازآن، زنبوران کارگر به زنبوران پیشاهنگی تبدیل می‌گردند تا دوباره به جستجوی منابع غذایی بیشتری بپردازند. در کلونی زنبور مصنوعی، موقعیت منبع غذایی یک جواب ممکن برای مسئله بهینه‌سازی است و میزان شهد منبع غذایی متناظر با برازش جواب مربوطه است. تعداد زنبورهای کارگر یا زنبورهای ناظر مساوی با تعداد راه‌حل‌های جمعیت است، ازاین‌رو هر زنبور فقط و فقط با یک منبع غذایی در ارتباط است.

---

1 . Artificial Bee Colony
2 . Meta-Heuristic
3 . Karabuga
4 . Karaboga &Akay
5 . Employee
6 . Onlooker
7 . Scout

www.SID.ir

Archive of SID

در گام اول، الگوریتم یک جمعیت تصادفی توزیع‌شده اولیه از SN جواب (مکان‌های منبع غذا) ایجاد می‌کند، SN تعداد زنبورهای کارگر یا ناظر است. هر جواب Xi یک بردار D بعدی است. در اینجا D تعداد پارامترهای بهینه‌سازی است. در الگوریتم کلونی زنبور مصنوعی، هر دور تکرار اصلی شامل سه گام اصلی است (کارابوگا و آکای، ۲۰۰۹: ۱۲۲-۱۳۲):

در ابتدا زنبورهای کارگر به سمت منابع غذایی ارسال می‌شوند و میزان شهد منابع ارزیابی می‌گردد. بعد از به اشتراک گذاشتن اطلاعات منابع غذایی، انتخاب نواحی منابع غذایی توسط ناظرها انجام می‌شود و میزان شهد منابع غذایی جدید استخراج گردیده و مورد ارزیابی قرار می‌گیرد؛ سپس زنبورهای پیش‌آهنگ مشخص می‌گردند و به‌صورت تصادفی به سمت منابع غذایی احتمالی ارسال می‌گردند. این گام‌ها به تعداد معینی تکرار می‌گردند که این تعداد بیشترین تعداد تکرار (MCN)[1] نامیده می‌شود. زنبور ناظر مصنوعی، یک منبع غذایی را با توجه به مقدار احتمال (P_i) مربوط به آن منبع غذایی انتخاب می‌کند. این احتمال توسط رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

$$Pi = \frac{Fitness\ (Si)}{\sum_{n=1}^{SN} Fitness\ (\mathrm{Sn})}$$

در این رابطه $Fitness\ (Si)$ مقدار شایستگی جواب Si است که متناظر با میزان شهد منبع غذایی در مکان iام است و Sn تعداد منابع غذایی است که مساوی با تعداد زنبورهای کارگر یا ناظر است. به‌منظور ایجاد موقعیت غذای جدید، با توجه به موقعیتی که در حافظه است، کلونی زنبور مصنوعی از عبارت زیر استفاده می‌کند:

$$v_{ij} = (X_{ij} - X_{kj})\emptyset_{ij} + X_{ij}$$

در رابطه فوق:

$k \in \{1,2,\ldots, SN\}$ و $j \in \{1,2,\ldots,D\}$ شاخص‌هایی هستند که به‌صورت تصادفی انتخاب می‌گردند؛ گرچه k به‌صورت تصادفی انتخاب می‌گردد، لیکن مقدار آن با i فرق دارد.

$\emptyset_{ij}$ یک عدد تصادفی بین منفی یک و مثبت یک است و پارامتری هست که تولید منابع غذایی همسایه حول X_{ij} را کنترل می‌کند. از این رابطه متوجه می‌شویم که زمانی که تفاوت بین X_{ij} و X_{kj} کاهش یابد، به معنی کاهش انحراف از موقعیت نقطه اول است. بنابراین زمانی که

1 . Minimum Cycle Number

www.SID.ir

Archive of SID

جستجو به جواب بهینه نزدیک می‌گردد، طول گام‌ها نیز کاهش می‌یابد. اگر مقدار پارامتری از حد مجاز تجاوز کند، با مقدار قابل‌قبول تنظیم می‌گردد. در این فن، زنبور پیش‌آهنگ منبع غذایی جدید را می‌تواند با استفاده از رابطه زیر پیدا کند:

$$X_i^j = X_j^{min} + rand[0,1](X_{max}^j - X_{min}^j)$$

بعدازاینکه مکان منبع کاندید یعنی v_{ij} ایجاد شد و توسط زنبور مصنوعی ارزیابی گردید، کارایی آن نسبت به مکان قبلی ارزیابی‌شده و اگر غذای جدید شهد بیشتر یا به همان اندازه مکان قبلی داشته باشد، جایگزین قبلی در حافظه می‌گردد؛ در غیر این صورت قبلی در حافظه می‌ماند. به‌بیان‌دیگر یک انتخاب حریصانه[1] در عملیات میان مکان قبلی و مکان جدید انجام می‌پذیرد (کارابوگا و باستورک[2]، ۲۰۱۱: ۶۲۵-۶۳۰).

تجزیه‌وتحلیل داده‌ها و تفسیر نتایج

با اجرای مدل رگرسیون قدم‌به‌قدم، درنهایت ۹ گام جهت شناسایی مؤثرترین مؤلفه‌های تبیین‌کننده تغییرات قیمت سهام در بورس تهران در مدل انجام گردید.

جدول ۲ که خلاصه مدل است، شدت رابطه بین مدل و متغیر وابسته را گزارش می‌نماید. R، یعنی ضریب همبستگی چندگانه، همبستگی خطی بین مقادیر مشاهده‌شده و مقادیر پیش‌بینی‌شده متغیر وابسته است و مقادیر بزرگ آن‌یک رابطه قوی را نشان می‌دهد. R'square یا «مجذور ضریب همبستگی چندگانه» یا «ضریب تعیین»، مقدار مربع ضریب همبستگی چندگانه است که میزان تبیین رفتار متغیر وابسته توسط متغیرهای توضیحی را بیان می‌دارد (فرشادفر، ۱۳۸۰، ۴۳۰-۴۳۵). همان‌طور که جدول فوق نشان می‌دهد، در این رگرسیون از روش قدم‌به‌قدم استفاده‌شده است و در ۹ گام نتایج پیگیری شده است. در گام اول متغیر «قیمت پایانی روز قبل» واردشده و در گام دوم «تعداد معاملات روز قبل» در معادله پیش‌بینی واردشده است و سایر مؤلفه‌ها به دلیل اینکه رابطه‌ای کم و یا ضعیف باقیمت سهام داشته‌اند از معادله حذف‌شده‌اند. نتایج اجرای رگرسیون قدم‌به‌قدم در جدول زیر آمده است:

---

1 . Greedy
2 . Karaboga & Ozturk

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲. خلاصه مدل رگرسیون قدم‌به‌قدم همراه ضرایب رگرسیون همبستگی چندگانه

(منبع: یافته‌های پژوهش)

الگو	گام	مؤلفه مؤثر بر قیمت سهام	ضریب همبستگی چندگانه (R)	مجذور ضریب همبستگی چندگانه (R^2)	مجذور ضریب همبستگی چندگانه تعدیل‌شده ($Adj.\ R^2$)	خطای استاندارد برآورد (Std. Error of Estimate)
قدم‌به‌قدم	۱	Pre_Close	۰,۸۷۵	۰,۷٦٦	۰,۷٥٦	۱۳٥,۰۳
	۲	Pre_Close, Pre_Count	۰,۸۸۹	۰,۷۹۰	۰,۷۸۲	۱۳۳,۱۳
	۳	Pre_Close, Pre_Count,Demand_Index	۰,۸۹۲	۰,۷۹٦	۰,۷۹۰	۱۳۰,٤۷
	٤	Pre_Close, Pre_Count, Demand_Index Moving_Average	۰,۹۲٥	۰,۸٥٦	۰,۷۹۰	۱۳۰,٤۷
	٥	Pre_Close, Pre_Count, Demand_Index Moving_Average, RSI_9	۰,۹۳۲	۰,۸٦۹	۰,۸٥٦	۱۲۸,۹۲
	٦	Pre_Close, Pre_Count, Demand_Index Moving_Average, RSI_9, EMA_26	۰,۹۳۲	۰,۹۳۷	۰,۹۲۲	۱۲۸,٥۹
	۷	Pre_Close, Pre_Count, Demand_Index Moving_Average, RSI_9, EMA_26, Sanaat	۰,۹٦۸	۰,۹٦٦	۰,۹٤٦	۱۲۸,۲٦
	۸	Pre_Close, Pre_Count, Demand_Index Moving_Average, RSI_9, EMA_26, Sanaat, Currency	۰,۹۸۳	۰,۹۹۰	۰,۹٦۰	۱۲۷,۹۳
	۹	Pre_Close, Pre_Count, Demand_Index Moving_Average, RSI_9, EMA_26, Sanaat, Currency, Bartar_50	۰,۹۹٦	۰,۹۹۲	۰,۹٦۱	۱۲٥,٥

www.SID.ir

Archive of SID

بنابراین مؤلفه‌های جدول ۳ بیشترین امکان را برای پیش‌بینی قیمت سهام در بورس تهران فراهم کرده و می‌توانند به‌عنوان ورودی‌های شبکه عصبی بازگشتی قرار گیرند[۱].

جدول ۳. مؤلفه‌های تعیین‌کننده قیمت سهام (منبع: یافته‌های پژوهش)

ID	مؤلفه مؤثر بر قیمت سهام در بورس تهران	نماد
۱	قیمت پایانی روز گذشته	Pre_Close
۲	تعداد معاملات در روز گذشته	Pre_Count
۳	شاخص تقاضا[۲]	Demand Index (DI)
٤	میانگین متحرک ۲۰ روزه[۳]	Moving Average (MA)
٥	قدرت نسبی ١٤ روزه[٤]	RSI_9
٦	میانگین متحرک نمایی ٢٦ روزه	Exponential Moving Average (EMA)
۷	شاخص صنعت	Sanaat
۸	نرخ ارز	Currency
۹	شاخص ۵۰ شرکت برتر	Bartar_50

۱. پس از اجرای آزمون هم خطی، متغیرهای شاخص کل (TEDPIX)، شاخص شناور آزاد (Shenavar)، کمترین قیمت روز قبل (Pre_min)، بیشترین قیمت روز قبل (Pre_max) و میانگین متحرک همگرایی واگرایی (MACD) دچار هم خطی بوده که با عنایت به اینکه هیچ یک از این متغیرها در رگرسیون همبستگی قدم به قدم، جزء متغیرهای تأثیرگذار نبوده است، خروجی مدل رگرسیون همگی متغیرهای معنی‌دار هستند.

۲. شاخص تقاضا (Demand Index) یکی از اندیکاتورهای حجم معاملات است که نسبت بین فشار خرید به فشار فروش است. هنگامی که فشار خرید بیشتر از فشار فروش باشد اندیکاتور تقاضا بالاتر از خط صفر خواهد بود و نشان دهنده این مطلب است که قیمت افزایش خواهد یافت و بالعکس (مورفی، ۱۳۹۷، ۲٤۳).

۳. میانگین متحرک (Moving Average) با حذف نوسانات قیمتی کمک می‌کند، تا سرمایه‌گذار بتواند تصویر بهتری از متوسط قیمت و روند قیمتی را ترسیم کند (مورفی، ۱۳۹۷، ۱۷۷).

٤. شاخص قدرت نسبی (Relative Strength Index) تمثیل انرژی درونی سهم برای حرکت به سمت بالاست، یا اینکه به دلیل فقدان انرژی لازم افت خواهد کرد (مورفی، ۱۳۹۷، ۲۲۳).

www.SID.ir

Archive of SID

اجرای شبکه عصبی بازگشتی

داده‌های متناظر با مؤلفه‌های فوق به‌صورت سری زمانی طی دوره ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۴ به‌صورت روزانه به‌عنوان ورودی‌های مدل شبکه عصبی بازگشتی (RNN) در نظر گرفته‌شده است. هرکدام از شرکت‌ها به‌طور متوسط شامل (۱،۰۰۰×۹) داده هستند که ۶۰٪ از آن‌ها (سال‌های ۱۳۹۰، ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲) به‌عنوان داده‌های آموزش (Train) و مابقی داده‌ها (سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴)، داده‌های آزمایشی (Test) در نظر گرفته‌شده‌اند.

تابع محرک یا فعال‌ساز، ارتباط بین ورودی و خروجی یک گره و یک شبکه را مشخص می‌نماید. این توابع درجه‌ای از غیرخطی بودن را به شبکه تزریق می‌نماید که برای اکثر کاربردهای شبکه‌های عصبی ارزشمند و مهم است. بهترین تابع بررسی‌شده برای لایه میانی در این تحقیق، تابع سیگموئیدی است در جدول زیر، نگاشت کلی مدل شبکه عصبی بازگشتیِ المان بکار برده شده در این پژوهش ترسیم‌شده است:

جدول ٤. نگاشت شبکه عصبی بازگشتیِ المان در این پژوهش، لایه‌های مختلف و توابع محرک

تنظیمات شبکه عصبی بازگشتی (RNN)	
Hidden Layer	**۱۲** (از طریق آزمون و خطا)
Output Layer	**۱** (شاخص بازار اول)
Input Layer	**۹** (قیمت پایانی روز قبل: تعداد معاملات روز قبل: شاخص تقاضا: میانگین متحرک: قدرت نسبی: میانگین متحرک نمایی ۲۶ روزه: شاخص صنعت: نرخ ارز: شاخص ۵۰ شرکت برتر)
توابع تبدیل (Transformation function)	
نرون‌های ورودی به نرون‌های مخفی	Sigmoid-function
نرون‌های مخفی به نرون‌های مخفی	Linear-function
نرون‌های مخفی به نرون‌های خروجی	Linear-function

www.SID.ir

Archive of SID

بهینه‌سازی شبکه عصبی با استفاده از الگوریتم کلونی زنبورعسل مصنوعی

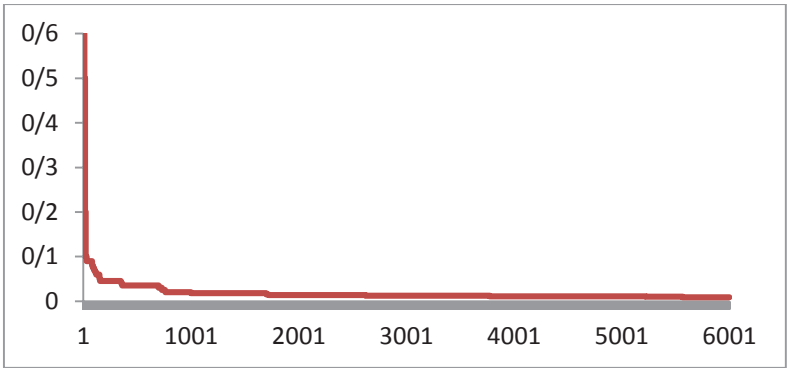
پس از انتخاب مؤلفه‌های تعیین‌کننده قیمت سهام، با استفاده از الگوریتم کلونی زنبورعسل مصنوعی (ABC)، شبکه عصبی بازگشتی را آموزش داده و وزن‌ها و خطاهای شبکه را با فرآیندی که در شکل‌های ذیل آمده است بهینه می‌کنیم:

با توجه به طول سری‌های زمانی ورودی مدل، پارامترهای الگوریتم کلونی زنبورعسل بر اساس اندازه کلونی (تعداد منابع غذایی و زنبورهای کارگر) ۲۰۰، تعداد پاسخ ۱۰۰، حداکثر تعداد ۶،۰۰۰ تکرار و در محدوده پارامتر ۰٫۵- تا ۰٫۵ در نظر گرفته‌شده است؛ پارامترهای الگوریتم کلونی زنبورعسل مصنوعی در جدول زیر ذکرشده است:

جدول ۵. تنظیمات پارامترهای الگوریتم کلونی زنبورعسل (ABC) (منبع: زی و همکاران (۲۰۱۱) به همراه مفروضات پژوهش)

پارامترهای الگوریتم کلونی زنبورعسل مصنوعی	
اندازه کلونی (Colony Size)	۲۰۰
تعداد پاسخ (SN)	۱۰۰
حداکثر تعداد تکرار (MCN)	٦،۰۰۰
محدوده پارامتر (Paremeter Rsnge)	[-۰٫۵ ۰٫۵]
حد (Limit)	تعداد پاسخ*تعداد پارامترهای بهینه‌ساز (SN*D)

با استفاده از نرم‌افزار متلب، با تکرار ۶،۰۰۰ مرتبه بهینه‌سازی، فرآیند کاهش خطا در مرحله آموزش در قالب نمودار زیر آمده است:

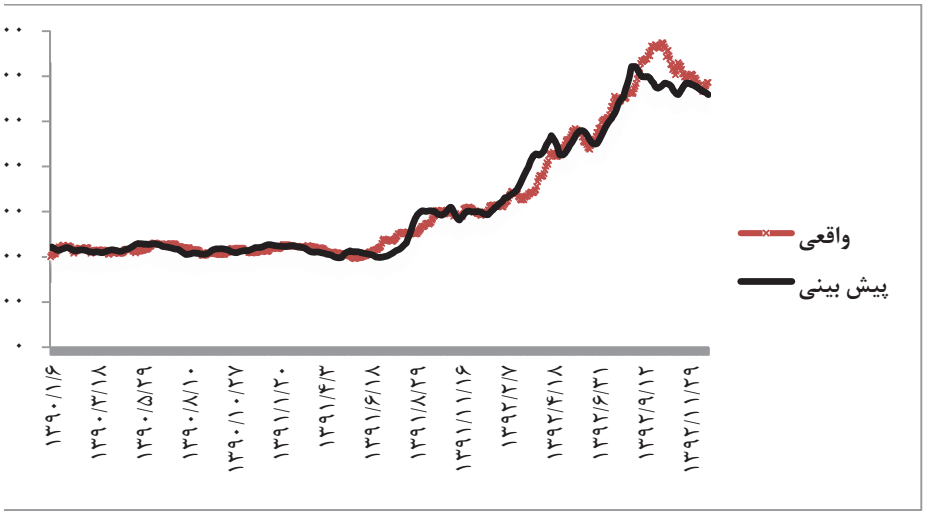


شکل ۲. فرآیند کاهش خطا برای مرحله آموزش در مدل ABC-RNN

www.SID.ir

Archive of SID

بر اساس خروجی‌های مدل شبکه عصبی بازگشتی بهینه‌شده با الگوریتم کلونی زنبورعسل مصنوعی، روند قیمت‌های پیش‌بینی‌شده را می‌توان به دست آورد. در نمودار زیر، قیمت‌های واقعی به همراه قیمت‌های پیش‌بینی‌شده برای بازه زمانی پژوهش، برای شاخص بازار اول بورس تهران، با استفاده از مدل ترکیبی فرا ابتکاری شبکه عصبی بازگشتی بهینه‌شده با الگوریتم کلونی زنبورعسل مصنوعی نشان داده‌شده است:

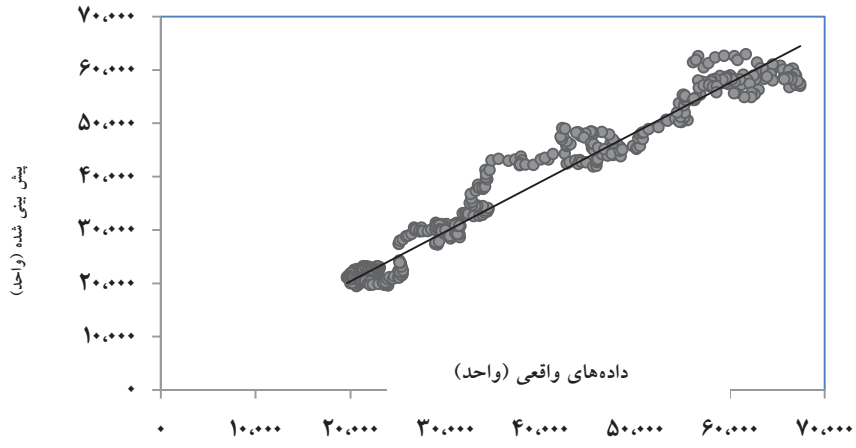


شکل ۳. داده‌های واقعی و پیش‌بینی‌شده به‌وسیله مدل شبکه عصبی بازگشتی بهینه‌شده با الگوریتم کلونی زنبورعسل مصنوعی در بازه ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۲ (منبع: یافته‌های پژوهش)

در نمودار بعدی، نمایش داده‌های پیش‌بینی‌شده با استفاده از مدل ABC-RNN و داده‌های واقعی را در یک نمودار در بازه زمانی سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۲ (بازه آموزش) و سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ (بازه آزمایش) انجام‌شده است؛ در این شکل‌ها محور افقی داده‌های واقعی قیمت سهام (شاخص بازار اول) و محور افقی داده‌های تخمین حاصل از مدل ABC-RNN است. همان‌گونه که از شکل و معادله برازش خطی مشخص می‌شود، داده‌های پیش‌بینی‌شده حول نیمساز نمودار حرکت کرده و به معنای همبستگی بالای داده‌های تخمین زده‌شده با داده‌های واقعی و لذا قابلیت اتکای مدل الگوریتم ترکیبی فرا ابتکاری این پژوهش است.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ٤. نتایج محاسباتی و مشاهده‌شده برای بازه ۱۳۹۰-۱۳۹۲ (منبع: یافته‌های پژوهش)

ارزیابی عملکرد مدل

برای بررسی عملکرد پیش‌بینی مدل توسعه‌یافته در این پژوهش، معیارهای مختلف ارزیابی عملکرد ازجمله «مجذور میانگین مربع خطا» (RMSE)، «میانگین قدر مطلق درصد خطا» (MAPE)، «میانگین قدر مطلق خطا» (MAE) و «ضریب تایل» (Theil U) بررسی و محاسبه‌شده است. باهدف مقایسه مدل توسعه‌یافته در این پژوهش با مدل‌های مرسوم و کاربردی پیش‌بینی، نتایج مدل ترکیبی با مدل‌های الگوریتم ژنتیک، الگوریتم کلونی زنبورعسل مصنوعی (ABC)، شبکه عصبی پرسپترون چندلایه (BP) و شبکه عصبی بازگشتی المان (RNN) مقایسه شده است؛ نتایج پیش‌بینی هر مدل بر اساس معیارهای مختلف ارزیابی عملکرد مشاهده می‌شود:

جدول ٦. مقایسه معیارهای ارزیابی عملکرد مدل‌های مختلف پیش‌بینی قیمت سهام و مدل طراحی‌شده در این پژوهش (منبع: یافته‌های پژوهش)

معیار ارزیابی عملکرد	الگوریتم‌های تکاملی		شبکه عصبی		الگوریتم ترکیبی
	(GA)	(ABC)	(BP)	(RNN)	(ABC-RNN)
RMSE	۳،۱٦۰	۲،۹۸٦	۳،۲۸۱	۳،۰۳۸	۲،۷۱٤
MAPE	۰،۰۷۳۹	۰،۰۵۱۲	۰،۰۸۸۱	۰،۰٦٦۰	۰،۰٤۷۰
MAE	۲،۱۰٤	۱،۹۸٦	۲،۱٦۷	۲،۰۸۵	۱،۹۳۱
Theil U	۰،۰٤۷	۰،۰۳۹	۰،۰٦۱	۰،۰٤۵	۰،۰۳۳

www.SID.ir

Archive of SID

بر اساس نتایج ارزیابی عملکرد مدل‌های مختلف پیش‌بینی قیمت سهام، مشاهده می‌شود که معیار ارزیابی عملکرد مجذور میانگین مربع خطا برای روش توسعه‌یافته ترکیبی شبکه عصبی بازگشتی بهینه‌شده با الگوریتم کلونی زنبورعسل مصنوعی برابر با ۲،۷۱۴، معیار میانگین قدر مطلق درصد خطا برابر با ۰،۰۴۷، معیار میانگین قدر مطلق خطا برابر با ۱،۹۳۱ و معیار ضریب تایل برابر با ۰،۰۳۳ بوده که در مقایسه با معیارهای مشابه برای روش‌های شبکه عصبی بازگشتی المان (RNN)، شبکه عصبی پرسپترون چندلایه (BP)، الگوریتم کلونی زنبورعسل مصنوعی (ABC) و الگوریتم ژنتیک (GA)، از عملکرد بهتری برخوردار است. همان‌گونه که از نتایج ارزیابی عملکرد مدل‌های مختلف مشخص می‌شود، مدل شبکه عصبی بازگشتی بهینه‌شده با الگوریتم کلونی زنبورعسل مصنوعی (ABC-RNN)، ازلحاظ معیارهای مختلف ارزیابی عملکرد، پیش‌بینی بهتری نسبت به قیمت سهام در بورس تهران ارائه داده است.

نتیجه‌گیری و بحث

پژوهش‌ها نشان داده‌اند، شبکه‌های عصبی مصنوعی ظرفیت بالایی برای پیش‌بینی قیمت متغیرهای مالی و اقتصادی دارند (مندیک[1]، ۲۰۱۱). برای این منظور گونه‌ای از شبکه‌های عصبی که روابط را به‌صورت دینامیک بین لایه‌های میانی و ورودی توسعه می‌دهند و امکان پیش‌بینی دقیتری ارائه می‌دهند، شبکه‌های عصبی بازگشتی المان هستند (لی[2]، ۲۰۱۴: ۷۵۶)، در این پژوهش از شبکه عصبی بازگشتی المان برای پیش‌بینی قیمت سهام استفاده‌شده است؛ ازآنجایی‌که الگوریتم‌های ترکیبی فرا ابتکاری می‌تواند بهترین نتایج را برای توسعه مدل‌های شبکه عصبی در پیش‌بینی ارائه دهد (یانگنگ و همکاران[3]، ۲۰۱۵: ۴۰۱؛ هایکین[4]، ۲۰۰۸)، این پژوهش با بررسی مدل‌های مختلف پیش‌بینی قیمت سهام، سعی کرده است از شبکه‌های عصبی بازگشتی بهینه‌شده با الگوریتم کلونی زنبورعسل مصنوعی (RNN-ABC)، مدل مناسبی برای پیش‌بینی قیمت سهام شرکت‌های بورس اوراق بهادار تهران ارائه نماید.

با توجه به خصوصیت شبکه عصبی بازگشتی، هنگامی‌که شبکه عصبی معماری خوبی داشته باشد و با استفاده از داده‌های مناسب آموزش داده شود، می‌تواند آینده کوتاه‌مدت را به‌خوبی

1 . Mandic D.
2 . Li P.
3 . Xiangang Li, et al.
4 . Haykin S.

www.SID.ir

Archive of SID

تخمین بزنند. ازآنجایی‌که قیمت سهام از بسیاری مؤلفه‌های کلان، شرایط اقتصادی عمومی، مؤلفه‌های بنیادین و مؤلفه‌های فنی و همین‌طور انتظارات سرمایه‌گذاران و فاکتورهای روان‌شناسی سرمایه‌گذاران تأثیر می‌پذیرد، درنتیجه پیش‌بینی قیمت سهام صرفاً با استفاده از شناسایی مؤلفه‌های واقعی تأثیرگذار میسر است که این مقاله از روش «رگرسیون همبستگی قدم‌به‌قدم» برای شناسایی مؤثرترین مؤلفه‌های تعیین‌کننده قیمت سهام در بورس تهران بهره برده است. نتایج این پژوهش نشان داد:

- بر اساس یافته‌های مقاله، طی ۹ گام، مؤلفه‌های «قیمت پایانی روز قبل»، «تعداد معاملات روز قبل»، «شاخص تقاضا»، «میانگین متحرک»، «قدرت نسبی»، «میانگین متحرک نمایی ۲۶ روزه»، «شاخص صنعت»، «نرخ ارز» و «شاخص ۵۰ شرکت برتر» قادر به پیش‌بینی قیمت سهام در بورس تهران هستند و مؤلفه‌های شناسایی‌شده در مدل رگرسون قدم‌به‌قدم، توانسته است رفتار قیمت سهام در نمونه پژوهش را تبیین نماید؛ بنابراین مدل کلی رگرسیون قدم‌به‌قدم در سطح معناداری قابل‌قبول است و می‌توان مؤلفه‌های شناسایی‌شده و خروجی مدل را به‌عنوان مؤلفه‌های تأثیرگذار بر قیمت سهام بورس تهران در نظر گرفت.
- با توجه به اینکه مسائل اقتصادی و مشخصاً مقوله سهام، جزء مسائلی است که ابعاد و داده‌های فراوانی درباره آن‌ها وجود دارد و شناخت اثر مؤلفه‌های متعدد بر این پدیده‌ها، از ضابطه معینی برخوردار نیست، همان‌گونه که سرافراز و همکاران (۱۳۹۵) نیز در پژوهش خود به آن دست‌یافته‌اند، الگوریتم‌های فرا ابتکاری هوش مصنوعی از قبیل شبکه‌های عصبی مصنوعی وکلونی زنبورعسل مصنوعی، به دلیل الهام از واقعیت‌های طبیعت و توانایی بالا در آموزش داده‌ها و اختصاص وزن‌های مناسب به این داده‌ها و کشف فرآیند مولد آن‌ها، با سرعت و دقت بالا، نتایج قابل قبولی جهت پیش‌بینی پدیده‌های پیچیده مالی و اقتصادی ازجمله پیش‌بینی قیمت سهام، نرخ تورم، نرخ رشد اقتصادی و غیره دارد.
- پس از انتخاب مؤلفه‌های تعیین‌کننده قیمت سهام،، با استفاده از الگوریتم کلونی زنبورعسل مصنوعی (ABC)، شبکه عصبی بازگشتی را آموزش داده و وزن‌ها و بایاس‌های شبکه با فرآیند الگوریتم ترکیبی فرا ابتکاری بهینه‌شده است. بر اساس خروجی‌های مدل شبکه عصبی بازگشتی بهینه‌شده با الگوریتم کلونی زنبورعسل مصنوعی، روند قیمت‌های پیش‌بینی‌شده را می‌توان به دست آورد. با مقایسه آماره‌های مختلف سری زمانی داده‌های واقعی و داده‌های محاسباتی و تخمینی، استنباط می‌شود که مدل ترکیبی شبکه عصبی

www.SID.ir

Archive of SID

بازگشتی بهینه‌شده با الگوریتم کلونی زنبورعسل مصنوعی (ABC-RNN) از دقت مناسب و بالایی برخوردار است. بر اساس نتایج ارزیابی عملکرد مدل‌های مختلف پیش‌بینی قیمت سهام، مشاهده می‌شود که معیارهای ارزیابی عملکرد گوناگون، برای روش توسعه‌یافته ترکیبی شبکه عصبی بازگشتی بهینه‌شده با الگوریتم کلونی زنبورعسل مصنوعی در مقایسه با معیارهای مشابه برای روش‌های پیش‌بینی شبکه عصبی بازگشتی المان (RNN)، شبکه عصبی پرسپترون چندلایه (BP)، الگوریتم کلونی زنبورعسل مصنوعی (ABC) و الگوریتم ژنتیک (GA)، از عملکرد بهتری برخوردار است. همان‌گونه که از نتایج ارزیابی عملکرد مدل‌های مختلف مشخص می‌شود، مدل توسعه‌یافته، ازلحاظ معیارهای مختلف ارزیابی عملکرد، پیش‌بینی بهتری نسبت به قیمت سهام در بورس تهران ارائه داده است؛ محاسبه معیار «تحلیل سودآوری»، برای ارزیابی بازدهی معامله بر اساس مدل ترکیبی توسعه‌یافته در این پژوهش در مقایسه با سایر روش‌های مرسوم پیش‌بینی نیز، این یافته را تأیید می‌کند.

پیشنهادها

- سرمایه‌گذاران حقیقی و حقوقی، صندوق‌های سرمایه‌گذاری، شرکت‌های سبد گردان و شرکت‌های مشاور سرمایه‌گذاری عموماً به دنبال پیش‌بینی شاخص کل و یا قیمت سهام شرکت‌ها هستند؛ ولی در بازار سرمایه ایران کمتر مشاهده می‌شود که این افراد فارغ از اطلاعات نهانی، به دنبال مدل کردن پیش‌بینی و اتکا به نتایج و یافته‌های مدل مربوطه نمایند؛ درحالی‌که در دنیا استفاده از مدل‌های هوشمند و هوش مصنوعی، جهت پیش‌بینی قیمت سهام بسیار پرکاربرد و از جمل استراتژی‌های سودآور است. لذا با توجه به مزیت نسبی مدل ترکیبی توسعه‌یافته در این پژوهش برای بورس تهران، پیشنهاد می‌گردد یافته‌های این پژوهش توسط مجریان، برای اتخاذ استراتژی مناسب و سودآور سرمایه‌گذاری بکار گرفته شود.
- در این راستا، استفاده از روش ترکیبی شبکه عصبی بازگشتی بهینه‌شده با الگوریتم کلونی زنبورعسل، با استفاده از مؤلفه‌های شناسایی‌شده در این پژوهش، می‌تواند پیش‌بینی مناسبی از عملکرد قیمت سهم در روزهای آینده در بورس تهران در قیاس با سایر روش‌های پیش‌بینی ارائه نماید.

www.SID.ir

Archive of SID

- علاوه بر پیش‌بینی قیمت یک سهم، برای پیش‌بینی شاخص قیمت سهام و همین‌طور شاخص نقدی و سایر شاخص‌های سهام، با شناسایی مؤلفه‌های اقتصاد کلان تأثیرگذار بر شاخص، از روش‌های ترکیبی فرا ابتکاری شبکه عصبی مصنوعی بهینه‌شده با الگوریتم کلونی زنبورعسل استفاده نمود. همچنین برای افزایش دقت پیش‌بینی، می‌توان شاخص یک صنعت خاص در بورس تهران یا فرابورس ایران را پیش‌بینی کرد تا بتوان مؤلفه‌های منحصربه‌فرد مؤثر بر آن صنعت مشخص را شناسایی نمود.
- با توجه به اینکه برخی از متغیرهای شناسایی‌شده در این پژوهش دارای نوسان زیادی بوده که در عمل پیش‌بینی را متأثر می‌کند، می‌توان برای افزایش دقت پیش‌بینی، با استفاده از روش‌های نویز زدایی مثل تبدیل موجک (Wavelet Analysis)، ابتدا داده‌های منتظر با متغیرها را هموار کرد و در ادامه، از آن‌ها برای پیش‌بینی قیمت سهام با مدل ترکیبی استفاده نمود.

www.SID.ir

Archive of SID

منابع

- احمدپور، احمد، اکبر پور شیرازی، محسن و زهرا رضوی امیری.(۱۳۸۸). «استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه‌ای در انتخاب سهام (شرکت‌های دارویی پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران)»، *فصلنامه بورس اوراق بهادار تهران*، سال ۲، شماره ۵، صص ۳۸-۵.
- آذر، عادل و سیروس کریمی .(۱۳۸۸). «پیش‌بینی بازده سهام با استفاده از نسبت‌های حسابداری با رویکرد شبکه عصبی»، *مجله تحقیقات مالی*، شماره ۲۸، صص ۲۰-۳.
- اکرمی، غلامرضا .(۱۳۷۴). «بررسی نحوه استفاده از فن‌های تجزیه و تحلیل صورت‌های مالی و نقش آنها در تصمیم‌گیری سرمایه‌گذاران»، *پایان نامه کارشناسی ارشد*، دانشگاه تهران.
- امیری، مقصود، شریعت پناهی، مجید و محمدهادی بناکار .(۱۳۸۹). «انتخاب سبد سهام بهینه با استفاده از تصمیم‌گیری چند معیاره»، *فصلنامه بورس اوراق بهادار*، سال۳، شماره۱۱، صص ۲۹-۲۱.
- برادران حسن زاده، رسول، بادآور نهندی، یونس و جواد پور غفار .(۱۳۹۴). «عوامل مؤثر بر انتخاب سهام در بورس اوراق بهادار تهران بر اساس تحلیل سلسله مراتبی»، *نشریه سیاست‌های مالی و اقتصادی*، سال سوم، شماره ۱۱، صص ۱۳۲-۱۰۹.
- بیات، فرشاد .(۱۳۹۳). *الگوریتم‌های بهینه‌سازی فراابتکاری (همراه با کاربردهایی در مهندسی برق)*، تهران، انتشارات جهاد دانشگاهی.
- پاریابی،آزاده و زهرا سالمی .(۱۳۹۵). «پیش بینی قیمت سهام با داده های ترکیبی به روش الگوریتم کلونی زنبورعسل»، *اولین کنفرانس ملی اقتصاد مدیریت و حسابداری*، اهواز، سازمان صنعت،معدن و تجارت خوزستان.
- پورحیدری، امید .(۱۳۸۹). «بررسی عوامل تعیین کننده تغییرات قیمت سهام در بورس اوراق بهادار تهران»، *نشریه علمی پژوهشی بررسی‌های حسابداری و حسابرسی*، دوره ۱۷، شماره ۶۰، صص ۴۰-۲۳.
- جهانخانی، علی و علی پارسائیان .(۱۳۷۵). *بورس و اوراق بهادار*، تهران، انتشارات دانشگاه تهران.
- حامدیان، مهدی .(۱۳۷۹). «بررسی عوامل مؤثر بر قیمت سهام و تصمیم‌گیری سرمایه‌گذاران در بورس اوراق بهادار تهران»، *پایان‌نامه کارشناسی ارشد*، تهران، دانشگاه شهید بهشتی، دانشکده علوم اداری.

www.SID.ir

Archive of SID

- حکیمی‌پور، نادر، علیپور، محمدصادق و یزدان‌خواه منصوره. (۱۳۹۳). «پیش‌بینی تورم با استفاده از رهیافت سری‌های زمانی». *مجله‌ی بررسی‌های آمار رسمی ایران*. شماره ۲۵ (۱)، صص ۴۵-۳۱.
- داموداران، آسوات .(۱۳۸۷). *ارزشگذاری سهام، مفاهیم و کاربردها*، گردآوری شرکت تأمین سرمایه امین، چاپ اول، تهران، انتشارات فرا.
- دلبری، مهدی .(۱۳۸۰). «بررسی معیارهای موثر بر انتخاب سهام در بورس اوراق بهادار تهران بر اساس مدل فرآیند تحلیل سلسله مراتبی»، *پایان نامه کارشناسی ارشد، اصفهان*، دانشگاه اصفهان، دانشکده علوم اداری و اقتصاد.
- راعی، رضا و محمودی آذر، میثم .(۱۳۹۳). «پیش بینی بازده آتی بازار سهام با استفاده از مدل‌های آریما، شبکه عصبی و نویززدایی موجک»، فصلنامه علمی -پژوهشی *مدیریت دارایی و تامین مالی*، سال دوم، شماره دوم، صص ۱۶-۱.
- راعی، رضا، محمدی، شاپور و حنظله فندرسکی .(۱۳۹۴). «پیش‌بینی شاخص قیمت بورس سهام با استفاده از شبکه عصبی و تبدیل موجک»، *فصلنامه علمی-پژوهشی مدیریت دارایی و تأمین مالی*، سال سوم، شماره اول، صص ۷۴-۵۵.
- زارع، بهزاد و حمیدرضا کردلویی .(۱۳۸۹). «پیش‌بینی قیمت سهام با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی»، *فصلنامه مدیریت*، سال هفتم، شماره ۱۷ریال صص ۵۶-۴۹.
- زارعی، قاسم، محمدیان، رعنا، حاضری نیری، هاتف، باشکوه اجیرلو، محمد .(۱۳۹۷). «مقایسه روش‌های شبکه عصبی فازی با شبکه عصبی موجک فازی در پیش‌بینی قیمت سهام بانک‌های پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران»، *راهبرد مدیریت مالی* ۶(۳)، صص ۱۳۸-۱۰۹.
- سرافراز، ساناز، صفتی فرید و علیرضا غیاثوند. (۱۳۹۵). «پیش بینی قیمت سهام با شاخص‌های بازاری هیبریدی (ترکیبی) با استفاده از مدل عصبی فازی»، *کنفرانس بین المللی پژوهش های نوین در مدیریت، اقتصاد و حسابداری*.
- سینایی، حسنعلی و سعید زمانی .(۱۳۹۳). «تصمیم‌گیری برای انتخاب سبد سهام؛ مقایسه الگوریتم‌های ژنتیک و زنبور عسل»، *پژوهشنامه علمی-پژوهشی مدیریت اجرایی*، سال ششم، شماره ۱۱، صص ۱۰۳-۸۳.
- شمس، شهاب الدین .(۱۳۸۷). «بررسی زمان مقیاس مدل قیمت گذاری دارایی سرمایه‌ای از طریق تبدیل موجک»، *پایان‌نامه دکتری*، دانشکده مدیریت دانشگاه تهران.

www.SID.ir

Archive of SID

- طلوعی، عباس و شادی حق دوست .(۱۳۸۷). «مدل‌سازی پیش بینی قیمت سهام با استفاده از شبکه عصبی و مقایسه آن با روش‌های پیش‌بینی ریاضی»، *فصلنامه علمی-پژوهشی پژوهشنامه اقتصادی*، شماره ۲۵، صص ۲۵۱-۲۳۷.
- فرشادفر، عزت اله .(۱۳۸۰). *اصول و روش‌های پیشرفته آماری (تجزیه رگرسیون)*، چاپ اول، کرمانشاه، انتشارات طاق بستان.
- فرمان آرا، امید و وحید فرمان آرا .(۱۳۸۹). «پیش‌بینی اثر متغیرهای کلان بر شاخص قیمت سهام با استفاده از شبکه عصبی GMDH»، *فصلنامه اقتصاد مالی (اقتصاد مالی و توسعه)*، دوره چهارم، شماره ۱۲، صص ۶۲-۴۵.
- فلاح پور، سعید، غلامحسین گل ارضی و ناصر فتوره چیان .(۱۳۹۲). «پیش بینی روند حرکتی قیمت سهام با استفاده از ماشین بردار پشتیبان بر پایهٔ الگوریتم ژنتیک در بورس اوراق بهادار تهران»، تحقیقات مالی، دوره ۱۵، شماره ۲، صص ۲۸۸-۲۶۹.
- قائمی، محمد حسین و سعید طوسی .(۱۳۸۵). «بررسی عوامل مؤثر بر بازده سهام عادی شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران»، *نشریه پیام مدیریت*، شماره ۱۷و۱۸، صص ۱۷۵-۱۵۹.
- قنبری، رضا .(۱۳۸۹). «بررسی عوامل اقتصادی تأثیر گذار بر سهام شرکت های موجود در بورس تهران»، *پایان نامه کارشناسی ارشد*، دانشگاه تهران.
- منجمی، امیر حسن، ابزری، مهدی و علیرضا رعیتی شوازی .(۱۳۸۸). «پیش‌بینی قیمت سهام در بازار بورس اوراق بهادار با استفاده از شبکه عصبی فازی و الگوریتم های ژنتیک و مقایسه آن با شبکه عصبی مصنوعی»، *فصلنامه اقتصاد مقداری*، دوره ۶، شماره ۳، صص ۲۶-۱.
- منهاج، محمد .(۱۳۸۱). *مبانی شبکه های عصبی (هوش محاسباتی)*، جلد اول، تهران، مرکز نشر دانشگاهی صنعتی امیرکبیر.
- مهرآرا، محسن، معینی، احراری، علی و مهدی و امیر هامونی .(۱۳۸۸). «الگوسازی و پیش‌بینی شاخص بورس اوراق بهادار تهران و تعیین متغیرهای مؤثر بر آن»، *فصلنامه پژوهش‌ها و سیاست‌های اقتصادی*، سال هفدهم، شماره ۵۰، صص ۵۱-۳۱.
- مورفی، جان . (۱۳۹۷). *تحلیل تکنیکال در بازار سرمایه*، ترجمه کامیار فراهانی و رضا قاسمیان لنگرودی، تهران، نشر چالش.

www.SID.ir

Archive of SID

- A.S. Chen, M.T. Leung, H. Daouk, (2003), Application of neural networks to an emerging financial market: forecasting and trading the Taiwan stock index, Computers and Operations Research, pp. 901-923.
- Affenzeller M. Winkler S. Beham A.(2009), Genetic algorithm and genetic programming modern concepts and practical applications, Genetic Programming and Evolvable Machines; 11(1), pp. 379-401.
- Ahmadpour, A. Purshrazi, A. Razavi, M.(2009). The Use of Multiple Attribute Decision making in selecting stock (Tehran Stock Exchange). Journal of Securities Exchange, 2(5), pp. 5-38. (In Persian)
- Akrami, Gholamreza (1995). "A Study of the Use of Financial Statements Analysis Techniques and Their Role in Investor Decisions", Master's thesis, University of Tehran. (In Persian)
- Amiri, M. Shariatpanahi, M. Bonakar, M.(2010). Portfolio Selection with Use of Multiple Criteria Decision Making. Journal of Securities Exchange, 3(11), pp. 21-29. (In Persian)
- Azar, A. Karimi, S. (2011). Neural Network Forecasts of Stock Return Using Accounting Ratios. Financial Research Journal, 11(28), pp.3-20. (In Persian)
- Baradaran Hadsanzade, R. Badavar, Y. Purghaffar, J. (2016) A Survey of the Effective Variables on Share Selection in Tehran Stock Exchange, on the base of Analytical Hierarchy Process (AHP). 3. 3 (11), pp. 109-132. (In Persian)
- Bayat, Farshad (2014). Meta-heuristic optimization algorithms (along with applications in electrical engineering), Tehran, Jahad university. (In Persian)
- Beckwith, j. (2008), Stock Selection in Six Major Non –U.S. Markets. Journal of Investing. 7 (8), pp. 32-47.
- Cao. Qing, Leggio.B.Kary, Schniederjans. J. Marc (2014), "A comparison between Fama and French's model and artificial neural network in predicting the Chinese stock market", Computers & Operational Research, Vol. 32, pp. 132-157.
- Chris (2008), "Introductory Econometrics for Finance", Cambridge University Press
- Damodaran, Aswath (2008). Stock valuation, concepts and uses, collection of Amin Capital Funding Company, First Printing, Tehran, Farah Publications. (In Persian)
- Delbari, Mehdi (2001). "Investigating the Effective Criteria on Stock Selection in Tehran Stock Exchange Based on the Analytical Hierarchy Process Model", Master's Thesis, Isfahan, University of Isfahan, Faculty of Administrative Sciences and Economics. (In Persian)

www.SID.ir

Archive of SID

- Edirisinghe, NCP & X Zhang, (2008), Portfolio selection under DEA-based relative financial strength indicators: case of US industries, Journal of the Operational Research Society, 57, pp. 1211-1238.
- Fallahpour, Saeed, Gholam Hossein Golarzi and Naser Fature Chian (1392). "Prediction of stock price movement by using vector support machine based on Genetic Algorithm in Tehran Stock Exchange", Financial Research, Volume 15, Issue, pp. 269-288. (In Persian)
- Farshadfar, Ezatollah (2001). Advanced Principles and Methods (Regression Analysis), First Edition, Kermanshah, Tafak Bostan Publications. (In Persian)
- Farman Ara, Omid and Vahid Farman Ara (2010). "Preventing the Effects of Large Variables on Stock Price Index Using GMDH Neural Network", Quarterly Journal of Financial Economics (Financial and Development Economics), Vol. 4, No. 12. Pp.45-62. (In Persian)
- Ghaemi, Mohammad Hussein and Sa'id Toosi (2006). "Investigating Factors Affecting the Return on Equity of Private Companies Acquired in Tehran Stock Exchange", Managing Journal No. 17 & 18, pp. 159-175. (In Persian)
- Ghanbari, Reza (1389). "Investigating Economic Factors Affecting the Shares of Companies in Tehran Stock Exchange", Master's thesis, Tehran University. (In Persian)
- Hakimipour N, Alipour M, Yazdankhah M. (2014), "Inflation Forecasting Using Time Series Approach", Iranian Journal of Official Statistics Studies, No. 25 (1), pp. 31-45. (In Persian)
- Hamedian, Mahdi (2000). "Investigating the Factors Affecting Stock Price and Investment Decision Making in Tehran Stock Exchange", Master thesis, Tehran University, Shahid Beheshti University, Faculty of Administrative Sciences. (In Persian)
- Haykin, S. (1999), Neural networks: a comprehensive foundation, 2nd Ed. Prentice Hall. New Jersey, USA.
- Haykin, S. (2008), Neural Networks-A Comprehensive Foundation. Prentice Hall, Upper Saddle River.
- Hu, Hongping, Tang, Li, Zhang, Shuhua, Wang, Haiyan (2018), Predicting the direction of stock markets using optimized neural networks with Google Trends, Neurocomputing, Volume 285, April, pp. 21-38.
- Jahankhani, Ali and Ali Parsaeian (1993). Securities and Exchange, Tehran, Tehran University Press. (In Persian)
- Karaboga D. Akay B.(2009), A comparative Study of Artificial Bee colony algorithm, Mathematics and Computation, pp. 108-132.
- Karaboga D. Basturk B. (2007),Advances in Soft Computing: Foundations of Fuzzy Logic and Soft Computing, Springer-Verlag; 4529, pp. 31-36.

www.SID.ir

Archive of SID

- Karaboga, Dervis; Celal Ozturk (2005), A novel clustering approach: Artificial Bee Colony (ABC) algorithm. Applied Soft Computing, 11, pp. 652-657.
- Kumar, P. Ravi. Ravi, V. (2007), "Bankruptcy prediction in banks and firms via statistical and intelligent techniques—a review", European Journal of Operational Research, 180, pp. 1-28.
- Lee. Xia, He. Kaijjian, Lai. King Keung, Zou. Yingchao (2008), Forecasting Crude Oil Price with Multiscale Denoisinf Ensemble Model, Mathematical Problems in Engineering, pp. 114-123.
- Li, P. (2014), Application of a hybrid quantized Elman neural network in short-term load forecasting. Int. J. Electr. Power Energy Syst. 55, pp. 749-759.
- Mandic, D. (2011), Recurrent Neural Networks for Prediction. Wiley, Chichester.
- Manhaj, Muhammad (2002). Fundamentals of Neural Networks (Computational Intelligence), Volume I, Tehran, Amir Kabir University of Technology. (In Persian)
- Mehrara M, Moeini A, Ahrari M, Hamony A. Modeling stock market prices based on GMDH Neural Network: a case study for Iran. 3. 2009; 17 (50), pp. 31-35. (In Persian)
- Moghaddam, Amin, HedayatiMoghaddam, Moein, Esfandyari, Morteza (2016), Stock market index prediction using artificial neural network, Journal of Economics, Finance and Administrative Science, Volume 21, Issue 41, December.
- Monadjemi, S. Abzari, M., Rayati Shavazi, A. (2009). Modeling of Stock Price Forecasting in Stock Exchange Market, using Fuzzy Neural Networks and Genetic Algorithms. , 6(22), pp. 1-26. (In Persian)
- Murphy, John. (2018). Technical Analysis in the Capital Market, Translated by Kamyar Farahani and Reza Ghasemian Langroudi, Tehran, Chalesh.Pub. (In Persian)
- P.C. Chang, Y.W. Wang, W.N. Yang (2004), An investigation of the hybrid forecasting models for stock price variation in Taiwan, Journal of the Chinese Institute of Industrial Engineers, pp. 358-368.
- Paryabi, Azadeh and Zahra Salemi. (2016). "Projection of stock prices with combined data using the colony honeycomb algorithm", First National Conference on Management and Accounting Economics, Ahvaz, Khuzestan Industry, Mine & Trade Organization. (In Persian)
- Pham D.T. Ghanbarzadeh A. Koç E. Otri S. Rahim S. Zaidi M. (2006), The Bees Algorithm – A Novel Tool for Complex Optimization Problems, Proceedings of IPROMS Conference.

www.SID.ir

Archive of SID

- Pourheydari, O. (2010). The Relationship between Accounting Variables and Stock Price Movements in Tehran Stock Exchange (TSE). Journal of Accounting and Auditing Review, 17(2), pp. 23-40. (In Persian)
- Raei, R. Mohammadi, S. Fendereski, H. (2015). Forecasting Stock Index with Neural Network and Wavelet Transform. Asset Management and Financing, 3(1), pp. 1-16. (In Persian)
- Ramsey. James B, Lampart. Camille (1998), "The decomposition of economic relationships by time scale using wavelet: Expenditure and income", Studies in nonlinear dynamics and econometrics, Vol. 3, pp. 1147-1163.
- Refenes, A. A. Zapranis & G. Frandis. (1994), Stock Performance Modeling Using Neural Networks (A Comparative Study With Regression Models), Neural Networks, 7(2), pp. 375-388.
- Sarafraz, Sanaz, Sefati Farid and Alireza Ghiasvand. (2016). "Predicting stock prices with hybrid market indices using a fuzzy neural model", International Conference on Modern Research in Management, Economics and Accounting. (In Persian)
- Shah, Habib; Rozaida Ghazali, Nazri Mohd Nawi (2011),; Using Artificial Bee Colony Algorithm for MLP Training on Earthquake Time Series Data Prediction, Journal of Computing, 3, pp. 135-142.
- Shah, Habib & Tairan, Nasser & Garg, Harish & Ghazali, Rozaida (2018). A Quick Gbest Guided Artificial Bee Colony Algorithm for Stock Market Prices Prediction, Symmetry 2018, pp.4-15.
- Shams, Shahabuddin (2008). "The Time Scale of the Capital Asset Pricing Model by Wavelet Transformation", PhD thesis, Faculty of Management, University of Tehran. (In Persian)
- Sinai, Hassan Ali and Saeed Zamani. (1393). "Decision making for portfolio selection; Comparison of Genetic Algorithms and Honey Bees", Scientific-Research Journal of Executive Management, Year 6, Number11, pp. 83-103. (In Persian)
- Toloui, Abbas and Shadi, right. (2008). "Modeling Stock Price Prediction Using Neural Network and Its Comparison with Mathematical Forecasting Methods", Journal of Economic Research, Volume 7, Issue 25, Spring 2007, pp. 251-237. (In Persian)
- Wang, J. Z. & J. J. Wang (2011), "Forecasting stock indices with back propagation neural network", Expert Systems with Applications, Vol. 38, No. 10, pp. 473-480.
- Wei-Chang Yeh, Tsung-Jung Hsieh, Hsiao-Fen Hsiao, Wei-Chang Yeh (2011), Forecasting stock markets using wavelet transforms and recurrent neural networks: An integrated system based on artificial bee colony algorithm, Applied Soft Computing 11, pp. 2510-2525

www.SID.ir

Archive of SID

- Xiangang Li, Xihong Wu (2015), Constructing Long Short-Term Memory based Deep Recurrent Neural Networks for Large Vocabulary Speech Recognition.
- Yang X.S. (2005), Engineering Optimizations via Nature-Inspired Virtual Bee Algorithms, Springer-Verlag, pp. 3562-3580.
- Yim, J. A. (2002), Comparison of Neural Networks with Thme Series Models for Forecasting Returns on a Stock Market. LectureNotes in Computer Science, Berlin: Springer, pp. 113-140.
- Zare, Behzad and Hamid Reza Cordluie (2010). "Prediction of Stock Price Using Artificial Neural Network", Management Quarterly, Seventh Year, No. 17, pp. 49-56. (In Persian)
- zarei, G. mohamadiyan, R. hazeri, H. bashokouh ajirlou, M. (2018). The Comparison of Fuzzy Neural Network Methods with Wavelet Fuzzy Neural Network in Predicting Stock Prices of Banks Accepted in Tehran Stock Exchange. *Financial Management Strategy*, 6(3), pp. 109-138. (In Persian)
- Zeng, Shouzhen & Chen, Shyi-Ming & Teng, Mario Orlando, (2019), Fuzzy forecasting based on linear combinations of independent variables, subtractive clustering algorithm and artificial bee colony algorithm, Information Sciences, pp. 350-366.
- Zhang. Guoqiang, Patuwo. B. Eddy, Y. Hu. Michael (1998), "Forecasting with artificial neural networks: The state of the art", International Journal of Forecasting,Vol. 14, pp. 35-62.

www.SID.ir