



**ارائه مدلی برای پیش‌بینی سری‌زمانی قیمت‌های نوین‌دار سهام با استفاده از تحلیل طیف
تکین، رگرسیون بردار پشتیبان به‌مراه بهینه‌سازی ازدحام‌ذرات و مقایسه آن با عملکرد
مدل‌های تبدیل‌موجک، شبکه‌عصبی، فرآیند میانگین‌متحرک خودرگرسیون و
رگرسیون چندجمله‌ای**

شعبان محمدی^۱

هادی سعیدی^۲

عبدالحسین طالبی‌نجف‌آبادی^۳

قاسم الهی‌شیروان^۴

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۰۴/۱۱ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۰۵/۰۷

چکیده

در این پژوهش مدلی برای تحلیل و پیش‌بینی سری‌زمانی مالی نوین‌دار قیمت‌سهام با استفاده از تحلیل طیف تکین و رگرسیون بردار پشتیبان همراه با بهینه‌سازی ازدحام ذرات ارائه شده است. ابتدا سری‌زمانی قیمت بسته شده ۱۴۰ سهم از شرکت‌هایی در صنایع مختلف در هر دقیقه در روز برای دوره‌ای از ۲۸ اردیبهشت تا ۱۱ خرداد برای سال‌های ۱۳۹۲ تا ۱۳۹۸ بصورت جداگانه از بورس اوراق بهادار تهران مورد بررسی قرار گرفت. عملکرد مدل پیشنهادی با عملکرد چهار مدل تبدیل موجک همراه با شبکه‌عصبی، فرآیند میانگین متحرک خودرگرسیون، رگرسیون چندجمله‌ای و مدل نایو مقایسه شد. نتایج نشان می‌دهد که عملکرد مدل ارائه شده برای تحلیل و پیش‌بینی سری‌زمانی مالی نوین‌دار بر اساس میانگین خطای مطلق، میانگین درصد خطای مطلق و میانگین ریشه مربعات خطا، بهتر از مدل‌های دیگر است.

کلمات کلیدی

تبدیل‌موجک، بهینه‌سازی ازدحام ذرات، مدل نایو، سری‌زمانی قیمت‌های نوین‌دار.

۱- گروه حسابداری، دانشکده شهید رجایی، دانشگاه فنی و حرفه‌ای، خراسان رضوی، ایران. Shaban1362@gmail.com

۲- گروه حسابداری، واحد شیروان، دانشگاه آزاد اسلامی، شیروان، ایران. (نویسنده مسئول) saeedi260@gmail.com

۳- گروه حسابداری، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه بجنورد، بجنورد، ایران. ab.talebi@ub.ac.ir

۴- گروه اقتصاد، واحد شیروان، دانشگاه آزاد اسلامی، شیروان، ایران. elahi.ghasem@yahoo.com

مدل‌سازی و پیش‌بینی سری‌های زمانی نقش و کاربردهای متفاوتی در مباحث مالی دارد (وو و فنگ^۱، ۲۰۱۵؛ سانزلاشراز^۲ و همکاران، ۲۰۱۴). به طور ویژه، از روش‌های تجزیه چند منظوره متعدد برای تحلیل سری‌های زمانی استفاده شده است؛ از آن جمله می‌توان به تبدیل فوریه اشاره کرد که یک ابزار پایه در پردازش سیگنال است که برای برآورد سیگنال برحسب امواج سینوسی و تبدیل موجک به کار می‌رود که به طور همزمان یک سیگنال را در بازه‌های زمانی مختلف به زیردنباله‌ها تجزیه می‌کند (مالات^۳، ۱۹۸۹). در سال‌های اخیر، تحلیل طیف تکین برای سری‌های زمانی به عنوان یک روش مدل‌سازی سری‌های زمانی غیرپارامتری توجه بسیاری را به خود جلب کرده است، در این روش یک سری زمانی به صورت بردارهای ستونی ماتریس ساخت یافته هانکل، که به آن ماتریس مسیر گفته می‌شود، نشان داده می‌شود (ویلجوئن و نل^۴، ۲۰۱۰). به طور ویژه، هدف نشان دادن یک سری زمانی به صورت ماتریس مسیر است، و در مرحله بعدی با استفاده از مقادیر تکین آن یک سری زمانی هموارتر ساخته می‌شود، که برای توضیح ساختار و پیش‌بینی به کار می‌رود (ویلجوئن و نل، ۲۰۱۰). در واقع، سری زمانی اصلی را به صورت مجموع مؤلفه‌های روند تغییر آهسته، مؤلفه‌های نوسانی، و نویز تجزیه می‌کند (زیگلجاوسکی^۵، ۲۰۱۴). پیش‌بینی سری زمانی بازار سهام در پژوهش‌های بسیاری مورد توجه قرار گرفته است، زیرا مسأله مهمی در علم اقتصاد و کاربردهای تجاری و تصمیم‌گیری است (ونگ^۶ و همکاران، ۲۰۱۰؛ چن^۷ و همکاران، ۲۰۱۳)، بنابراین هدف این پژوهش اعمال روش تحلیل طیف تکین در پیش‌بینی قیمت‌های بازار سهام در طول یک روز است تا به منابع علمی مربوط به کاربرد تحلیل طیف تکین درباره این موضوع کمک کند. در این پژوهش، یک سیستم پیش‌بینی ارائه می‌گردد که برای تجزیه سری زمانی از تحلیل طیف تکین و برای یادگیری و پیش‌بینی از رگرسیون بردار پشتیبان استفاده می‌گردد (واپنیک^۸ و همکاران، ۱۹۹۶)، همچنین از بهینه‌سازی ازدحام‌ذرات استفاده می‌شود که یک روش بهینه سازی جهانی برای بهینه سازی پارامترهای اولیه رگرسیون بردار پشتیبان است (کندی و ابرتات^۹، ۱۹۹۵). مزیت اصلی رگرسیون بردار پشتیبان که نسخه‌ای از ماشین بردار پشتیبان بوده، این است که به جای پیاده‌سازی اصل کمینه‌سازی ریسک تجربی برای به حداقل رساندن خطای آموزشی، از اصل کمینه‌سازی ریسک ساختاری برای به حداقل رساندن کران بالای خطای تعمیم استفاده می‌کند (واپنیک، ۱۹۹۵). بنابراین، به طور نظری بهینه‌سازی سرتاسری را نتیجه می‌دهد. در این راستا، ماشین بردار پشتیبان و رگرسیون بردار پشتیبان به تازگی برای حل رگرسیون غیرخطی و دسته‌بندی مسائل سری زمانی در امور مالی و مهندسی به طور موفقیت آمیزی به کار رفته‌اند (لامیری^{۱۰}، ۲۰۱۴، ۲۰۱۶، ۲۰۱۷). عملکرد سیستم پیش‌بینی ارائه شده با عملکرد

ارائه مدلی برای پیش‌بینی سری زمانی قیمت‌های... / محمدی، سعیدی، طالبی نجف‌آبادی و الهی شیروان

سیستم عادی به‌کاررفته در منابع مختلف مقایسه خواهد شد، که مبتنی بر تبدیل موجک برای تجزیه داده‌های مالی و شبکه عصبی برای پیش‌بینی است.

بعلاوه، فرآیند میانگین متحرک خودرگرسیون، رگرسیون چندجمله‌ای و مدل‌های نایو در این پژوهش برای مقایسه استفاده شدند. شاخص‌های قیمت‌سهم در تمام بازارهای مالی دنیا، به مثابه یکی از مهمترین معیارهای سنجش عملکرد بورس اوراق بهادار، اهمیت زیادی دارند و شاید مهمترین دلیل توجه روزافزون به آن‌ها، این نکته باشد که شاخص‌های یادشده از تجمیع حرکت‌های قیمتی سهام تمام شرکت‌ها یا طبقه خاصی از شرکت‌های موجود در بورس، به‌دست‌می‌آیند. داده‌های تاریخی نشان‌می‌دهد ویژگی‌های پیچیده شاخص کل قیمت، مانند غیرخطی بودن، عدم قطعیت، نوسان و پویایی، پیش‌بینی آن را دشوار می‌کند و نتایج پیش‌بینی را با عدم قطعیت زیادی مواجه می‌سازد که خود تأثیر شایان توجهی در بازده سرمایه‌گذاران، صندوق‌های سرمایه‌گذاری، نهادهای سرمایه‌گذاری دارد (در دی و ابراهیمی، ۱۳۹۵). به همین دلیل، در پژوهش حاضر، مدل تحلیل طیف تکین، رگرسیون بردار پشتیبان به‌مراه بهینه‌سازی ازدحام ذرات و مقایسه آن با عملکرد مدل‌های تبدیل موجک، شبکه عصبی، فرآیند میانگین متحرک خودرگرسیون و رگرسیون چندجمله‌ای در به تصویر کشیدن ویژگی‌های غیرخطی و متلاطم شاخص کل قیمت ارائه شده است. کاربرد ماشین بردار پشتیبان در علم اقتصاد، اغلب در زمینه پیش‌بینی و دسته‌بندی متغیرها در بازارهای پولی و مالی از قبیل قیمت‌های سهام و نرخ ارز بوده است. ماشین بردار پشتیبان برای پیش‌بینی سری‌های زمانی در شرایط غیر ایستایی متغیرها، بی‌توجه بودن روش‌های کلاسیک یا پیچیدگی سری‌های زمانی، بسیار استفاده شده است. نظریه تبدیل موجک، توانایی تجزیه سری‌های زمانی با مقیاس‌های مختلف را دارد و برای نوین‌زدایی داده‌ها، افزایش دقت پیش‌بینی و تشخیص روند در سری‌های زمانی با تغییرات ناگهانی در مقایسه با روش‌های دیگر بهتر عمل می‌کند. همچنین تبدیل موجک برای تجزیه ویژگی غیرخطی و متلاطم شاخص به‌کار می‌رود. از ترکیب این مدل‌ها در پیش‌بینی شاخص کل قیمت استفاده شده است. در نتیجه این پژوهش شامل مطالب به شرح زیر است: ابتدا، یک رویکرد ترکیبی مبتنی بر روش پردازش سری زمانی مالی تحلیل طیف تکین و رگرسیون بردار پشتیبان برای پیش‌بینی سری زمانی ارائه می‌شود. در مرحله دوم، بهینه‌سازی ازدحام ذرات را ارائه خواهد شد که یک روش ترتیبی بهینه‌سازی است و برای بهینه‌سازی پارامترهای اولیه رگرسیون بردار پشتیبان به‌کار می‌رود. در مرحله سوم، مدل پیش‌بینی پیشنهادی بر روی مجموعه‌ای از سهم‌ها به‌کار برده که بدین ترتیب بینش بیشتری درباره کاربردپذیری سیستم پیش‌بینی پیشنهادی به دست خواهد آمد. در مرحله چهارم، نتایج را در برابر مدل‌های معیار تبدیل موجک

(تبدیل موجک - شبکه عصبی)، رگرسیون چند جمله‌ای، مدل نایو و فرآیند میانگین متحرک خودرگرسیون به کار برده خواهد شد.

مبانی نظری پیشینه پژوهش

تحلیل طیف تکین

در این بخش، یک بررسی اجمالی درباره تحلیل طیف تکین طبق منابع موجود ارائه می‌گردد. تحلیل طیف تکین مبتنی بر تجزیه مقدار تکین ماتریس مسیر است، که از سری زمانی اصلی به دست آمده است. به طور ویژه، می‌تواند سری زمانی را به مجموعه جمعی مؤلفه‌های اصلی مستقل تجزیه کند. روش اصلی تحلیل طیف تکین شامل دو مرحله تکمیلی است؛ مرحله تجزیه و بازسازی؛ که در آن هر مرحله شامل دو مرحله جداگانه است. سیگنال اصلی تجزیه می‌شود و به ترتیب در مرحله اول و دوم بازسازی می‌شود. بعنوان مثال، مرحله تجزیه شامل یک عملیات جانشانی و بعد از آن عملیات تجزیه مقادیر منفرد است. در نهایت، مرحله بازسازی شامل عملیات گروه‌بندی و میانگین قطری است. هر مرحله به شرح زیر توصیف شده و علامت‌گذاری‌ها آمده‌اند.

در پروسه جانشانی، هدف نگاشت یک سری زمانی تک بُعدی f به طول N به یک ماتریس $k * l$ با ردیف‌هایی به طول l است:

$$X = [X_1, \dots, X_k] = \begin{bmatrix} f_0 & \dots & f_{k-1} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ f_{t-1} & \dots & f_{r-1} \end{bmatrix} \quad (1)$$

که در آن، ماتریس مسیر X یک ماتریس هانکل است، بردارهای X_i را بردارهایی با لگ l می‌نامیم، $k = r - l + 1$ تعداد بازه‌ها است ($1 \leq l \leq r$). در ادامه عملیات جانشانی، تجزیه مقدار منفرد را بر روی ماتریس مسیر X اعمال می‌کنیم و آن را به صورت مجموعه‌ای از ماتریس‌های ابتدایی مرتبه یک دو متعامدی نشان می‌دهیم. تجزیه مقدار منفرد ماتریس مسیر به صورت زیر نشان داده می‌شود:

$$X = \sum_{i=1}^d X_i = \sum_{i=1}^d \sqrt{\lambda_i} u_i v_i \quad (2)$$

که در آن، λ_i (مقادیر ویژه، با مرتبه بزرگی نزولی، ماتریس کواریانس $C_X = X^t X$ ، d_i ($i = 1, \dots, l$) بردارهای ویژه متعامد مربوطه هستند، زیراندیس t نشانگر برگردان بردار است، و v_i به صورت زیر به دست می‌آید:

$$v_i = X^t u_i / \sqrt{\lambda_i} \quad (3)$$

ارائه مدلی برای پیش‌بینی سری زمانی قیمت‌های... / محمدی، سعیدی، طالبی نجف‌آبادی و الهی شیروان

در مرحله گروه‌بندی، ماتریس‌های ابتدایی X_i به چند گروه تقسیم می‌شوند و مجموع ماتریس‌ها در هر گروه اجرا می‌شود. برای مثال، اندیس‌های $d, 1, \dots, J$ به M زیرمجموعه منفصل I_1, \dots, I_M گروه‌بندی می‌شوند که مربوط به تقسیم ماتریس‌های ابتدایی $d, 1, \dots, X_i$ به M گروه است؛ که در آن هر گروه شامل مجموعه‌ای از اندیس‌ها به صورت $I = I_1, \dots, I_p$ است. در نتیجه، ماتریس‌های X_i و X به ترتیب به صورت زیر به دست می‌آیند:

$$X_i = X_{i_1} + \dots + X_{i_p} \quad (4)$$

در مرحله میانگین‌گیری قطری، هدف تبدیل هر ماتریس I به یک سری زمانی است. در حالت خاص، برآوردی از سری زمانی اصلی با میانگین‌گیری قطری M زیرمجموعه از ماتریس‌های ابتدایی گروه‌بندی شده در معادله (۵) بازسازی می‌شود. فرض می‌کنیم X شامل $L \times K$ با اجزاء X_{ij} است و فرض می‌کنیم اگر $X^*_{ij} = X_{ij}, K^* = \max(L, K), L^* = \min(L, K)$ در مرحله بعدی، میانگین‌گیری قطری ماتریس X را به سری زمانی (مؤلفه اصلی) g_0, \dots, g_N تبدیل می‌کند (میرانیان^{۱۱} و همکاران، ۲۰۱۳):

$$g_{k+1} = (k+1)^{-1} \sum_{m=1}^{k+1} X^*_{m, k-m+2} \quad \text{if } 0 \leq k \leq L^* - 1 \quad (5)$$

$$g_{k+1} = (L)^{-1} \sum_{m=1}^{L^*} X^*_{m, k-m+2} \quad \text{if } L^* - 1 \leq k \leq k^*$$

$$g_{k+1} = (N-k)^{-1} \sum_{m=k-k^*+2}^{L^*} X^*_{m, k-m+2} \quad \text{if } k^* - 1 \leq k \leq N \quad (6)$$

با میانگین‌گیری قطری از هر ماتریس به دست آمده یک زیر سری به طول N ایجاد می‌شود: $(g)^k = (g_1^k, \dots, g_N^k)$ در مرحله بعدی، سری زمانی اصلی f به طول N را می‌توان با مجموع‌یابی زیر سری تولیدشده بازسازی کرد:

$$\tilde{f} = \sum_{k=1}^m g_n^k \quad (7)$$

که در آن $1 \leq n \leq N$ است. سری‌های g^k را مؤلفه‌های بازسازی شده نیز می‌نامند (توماکوس و همکاران، ۲۰۰۲). در رفرنس (حسنی، ۲۰۱۵) توضیح مختصری درباره تحلیل طیف تکین آورده شده است. این سری‌ها شامل روندی هستند که میانگین سری زمانی را در هر نمونه، مجموعه‌ای از سری‌های دوره‌ای، و یک نویز نامنظم نشان می‌دهد. در نتیجه، از آن‌ها می‌توان برای پیش‌بینی قیمت سهم در روز بعدی استفاده کرد.

رگرسیون بردار پشته‌باز

فرض می‌کنیم $\{(X_k, Y_k)\}_{k=1}^N$ نشانگر k آمین بردار ورودی X از k آمین الگوی آموزشی است، و

Y_k نماد خروجی مربوطه است. در مرحله بعدی، تابع رگرسیون f که توسط یک ماشین بردار پشتیبان خطی اجرا می‌شود، به صورت زیر بیان می‌شود:

$$f(X) = \omega X^T + b \quad (۸)$$

که در آن $X = (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n) \in \mathbb{R}^n$ ، $b \in \mathbb{R}$ ، T به ترتیب بردار ورودی، بردار وزنی، محل تقاطع، و عملگر ترانزاده هستند. مسأله بهینه‌سازی برای آموزشی رگرسیون بردار پشتیبان خطی به صورت زیر است:

$$\frac{1}{2} \|\omega\|^2 + C \sum_{k=1}^N (\xi_k + \xi_k^*) \quad (۹)$$

$$y_k - \omega X_k^T - b \leq \varepsilon + \xi_k, \omega X_k^T + b - y_k \leq \varepsilon + \xi_k^* \quad (۱۰)$$

که در آن، C نماد جریمه برای برآورد نادرست خروجی مربوط به بردارهای ورودی است، $\varepsilon > 0$ ضریب منظم‌سازی است که معاوضه بین Y مقدار برآوردشده و مقدار هدف را مشخص می‌کند، و ξ, ξ^* متغیرها هستند، و $k = 1, \dots, N$ است. به طور خلاصه، هدف رگرسیون بردار پشتیبان غیرخطی حل مسائل رگرسیون غیرخطی زیر است:

$$f(x) = \omega \varphi(X)^T + b = \sum_{k=1}^N (\alpha_k - \alpha_k^*) \varphi(X_k) \varphi(X_k)^T + b \quad (۱۱)$$

که در آن $\varphi(X)$ نماد تابعی است که بردار ورودی X را به فضای ویژگی با بُعد بیشتر نگاشت می‌کند، و در آن α, α^* ضریب محدوده هستند. حاصل ضرب داخلی توابع $\varphi(X)$ و $\varphi(X_k)^T$ را می‌توان با تابع کرنل $k(\cdot)$ جایگزین کرد. از این رو، شکل کلی رگرسیون بردار پشتیبان به صورت زیر است:

$$f(x) = \sum_{k=1}^N (\alpha_k - \alpha_k^*) k(X, X_k) + b \quad (۱۲)$$

در این پژوهش، سومین تابع کرنل چندجمله‌ای درجه سه $k(\cdot)$ انتخاب شده است. همچنین، بهینه‌سازی ازدحام ذرات را برای بهینه‌سازی پارامترهای اصلی رگرسیون بردار پشتیبان به کار می‌رود؛ یعنی C و ε که برای این کار مقادیر بهینه‌ای به دست می‌آید که خطای جذر میانگین مربعات رگرسیون بردار پشتیبان را در مرحله آموزشی به حداقل می‌رساند. الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات یک روش بهینه‌سازی تکاملی مبتنی بر جمعیت ذرات است که برای ارائه یک راه‌حل مسأله بالقوه به کار رفته است. این ذرات از طریق یک فضای جستجوی چندبُعدی حرکت می‌کنند، که در آن هر ذره موقعیت خود را در راستای بهترین موقعیت قبلی‌اش و بهترین موقعیت سایر ذرات تغییر می‌دهد تا راه‌حل بهینه به دست بیاید. در این کار، از استراتژی رمزگذاری ماتریس استفاده می‌شود، زیرا برای آموزش بسیار مفید است. سرعت‌های اولیه ذرات به طور تصادفی در بازه [۰،۱] ایجاد می‌شوند. اسلام^{۱۲} و همکاران (۲۰۲۱) به ارائه یک مدل دقیق پیش‌بینی شاخص اوراق بهادار

ارائه مدلی برای پیش‌بینی سری زمانی قیمت‌های... / محمدی، سعیدی، طالبی نجف‌آبادی و الهی شیروان

اسلامی با استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی پرداختند. نتایج نشان می‌دهد که پنج شاخص برتر تأثیرگذار بر شاخص اسلامی شامل باندهای بولینگر، توزیع انباشت ویلیامز، نوسان ساز آرون، حرکت جهت‌دار و نوسانگر پیش‌بینی اهمیت و تأثیر بسزایی دارد. یافته‌ها نشان می‌دهد که این مدل بیشتر روند و برخی از پرتوهای سری اصلی را به تصویر می‌کشد. هوانگ^{۱۳} و همکاران (۲۰۲۰) در پژوهشی به پیش‌بینی دقیق تر شاخص قیمت‌سهم با تکیه بر قابلیت تجزیه حالت تجربی چند متغیره در مدل سازی وابستگی بین متغیرهای مربوطه پرداختند. نتایج نشان می‌دهد که چارچوب مدل سازی مبتنی بر قابلیت تجزیه حالت تجربی چند متغیره از سایر مدل‌های انتخاب شده رقبا بهتر عمل می‌کند. نواییان و همکاران (۱۳۹۹) در پژوهشی به بررسی رفتار نامنظم در قیمت سهام، انتظارات سرمایه‌گذاران و بازده سهام با استفاده از شاخص لیاپونوف و شاخص کلموگروف پرداختند. نتایج نشان داد بر اساس شاخص لیاپونوف و شاخص کلموگروف قیمت سهام و بازده سهام دارای رفتار نامنظم هستند. در مورد دنباله غیرخطی وابسته بین نوسان قیمت سهام، انتظارات سرمایه‌گذاران و بازده سهام شواهد معناداری وجود دارد. وطن پرست و همکاران (۱۳۹۸) در پژوهشی به پیش‌بینی قیمت سهام با استفاده از یک شبکه عصبی LM-BP بر اساس سری‌های زمانی با توجه به قیمت باز، بالاترین قیمت، پایین ترین قیمت، قیمت بسته و حجم معاملات پرداختند. نتایج نشان داد که پیش‌بینی قیمت سهام بر اساس شبکه عصبی LM-BP و برآورد نقطه بیش از حد توسط شمارش فواصل زمانی، نتایج بهتری نسبت به روش‌های موجود ارائه می‌دهد. ملکیان و همکاران (۱۳۹۷) به مدل بندی پیش‌بینی خطر سقوط قیمت‌سهم شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران، با استفاده از الگوریتم بهینه سازی حرکت تجمعی ذرات بر مبنای مدل چند متغیره و مقایسه نتایج با رگرسیون لجستیک پرداختند. یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد که الگوریتم تجمع ذرات نسبت به روش سنتی رگرسیون لجستیک توانایی بیشتری در پیش‌بینی خطر سقوط قیمت سهام دارد. بدیعی و همکاران (۱۳۹۶) به پیش‌بینی قیمت پایانی سهام با به‌کارگیری داده‌های روزانه از طریق شبکه عصبی صورت پرداختند. نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که مدل شبکه عصبی دارای خطای پایین و قدرت توضیح دهنده‌گی بالا و در نتیجه از قدرت پیش‌بینی خوبی برخوردار می‌باشد.

روش شناسی پژوهش

در این پژوهش مدلی برای تحلیل و پیش‌بینی سری زمانی مالی نویزدار قیمت سهام با استفاده از تحلیل طیف تکین و رگرسیون بردار پشتیبان همراه با بهینه‌سازی ازدحام ذرات ارائه می‌گردد. برای این منظور بازه زمانی بکار رفته در این پژوهش از سال ۱۳۹۲ تا سال ۱۳۹۸ است. بدین صورت که سری زمانی قیمت بسته شده ۱۴۰ سهم از شرکت‌هایی در صنایع مختلف در هر دقیقه در روز برای دوره‌ای از ۲۸ اردیبهشت تا ۱۱

فصلنامه مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار / شماره چهل و نه / زمستان ۱۴۰۰

خرداد برای سال های ۱۳۹۲ تا ۱۳۹۸ بصورت جداگانه از بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از نرم افزار متلب مورد بررسی قرار گرفت (بعبارتی از اردیبهشت ۱۳۹۲ تا ۱۱ خرداد ۱۳۹۲، از ۲۸ اردیبهشت ۱۳۹۳ تا ۱۱ خرداد ۱۳۹۳، از ۲۸ اردیبهشت ۱۳۹۴ تا ۱۱ خرداد ۱۳۹۴ و ... تا از ۲۸ اردیبهشت ۱۳۹۸ تا ۱۱ خرداد ۱۳۹۸). همچنین عملکرد مدل پیشنهادی با عملکرد چهار مدل تبدیل موجک همراه با شبکه عصبی، فرآیند میانگین متحرک خودرگرسیون، رگرسیون چندجمله‌ای و مدل نایو مقایسه شد. از میانگین خطای مطلق، میانگین درصد خطای مطلق، و میانگین ریشه مربعات خطا به عنوان معیارهای اصلی عملکرد استفاده گردید. برای ارزیابی و مقایسه مدل پیشنهادی از چند مدل استفاده شده است. برای نمونه، از شبکه عصبی آموزش داده شده با ضرایب برآورد قیمت سهم که توسط تبدیل موجک به دست آمده استفاده می‌کنیم. بعلاوه، از رگرسیون چندجمله‌ای، مدل نایو، و فرآیند قدیمی و معروف فرآیند میانگین متحرک خودرگرسیون بهره می‌گیریم (فان و گیجبلز، ۱۴، ۱۹۹۶). شبکه عصبی یک سیستم غیرخطی با نرون‌ها است که برای پردازش داده به کار می‌رود. یک معماری استاندارد دارای یک لایه ورودی با X متغیر پیش‌بین است، یک لایه مخفی برای نگاشت ورودی-خروجی، و یک لایه خروجی با متغیر پیش‌بینی شده Y . تابع سیگموئید^{۱۵} در این کار به صورت یک تابع انتقال برای پردازش داده به کار رفته است. رگرسیون چندجمله‌ای یک رگرسیون خطی است که در آن رابطه بین متغیر مستقل X (برای مثال، قیمت واقعی سهم) و متغیر وابسته Y (قیمت آتی سهم) به شکل یک معادله چندجمله‌ای بیان شده است. در این پژوهش، از یک چندجمله‌ای درجه سه استفاده شده است. بعلاوه، مدل نایو مبتنی بر معیار بدون تغییر است. برای مثال، فرآیند نایو مشخص می‌کند که قیمت برآورد شده سهم برای روز بعدی قیمت واقعی روز قبلی است. در نهایت، عملکرد پیش‌بینی با استفاده از شاخص‌های ارزیابی عملکرد ارزیابی شدند.

جدول ۱. لیست سهم‌های (شرکت‌های) انتخاب شده در نمونه آماری

شماره سهم	سهم (شرکت)	صنعت	سهم (شرکت)	صنعت
۱	پلی اکریل ایران	محصولات شیمیایی	ایران خودرو	خودرو و ساخت قطعات
۲	پیچک	لاستیک و پلاستیک	ایران دارو	مواد و محصولات دارویی
۳	تأمین ماسه ریخته‌گری	استخراج سایر معادن	پتروشیمی اصفهان	محصولات شیمیایی
۴	تجهیز نیروی زنگان	فرآورده‌های نفتی، کک و سوخت هسته‌ای	توسعه معادن روی ایران	استخراج کانه‌های فلزی
۵	تراکتور سازی ایران	ماشین آلات و تجهیزات	تولیدی لاستیک البرز	لاستیک و پلاستیک
۶	تهران شیمی	مواد و محصولات دارویی	چینی سازی البرز	سایر محصولات کانی غیر فلزی
۷	توسعه صنایع بهشهر	محصولات غذایی و آشامیدنی بجز قند و شکر	حفاری شمال	استخراج نفت گاز و خدمات جنبی جز اکتشاف
۸	توسعه کشت و صنعت ملی	لاستیک و پلاستیک	حمل و نقل پتروشیمی	حمل و نقل، انبارداری و ارتباطات

ارائه مدلی برای پیش بینی سری زمانی قیمت های... / محمدی، سعیدی، طالبی نجف آبادی و الهی شیروان

۹	داروپخش	مواد و محصولات دارویی	۷۹	ساختمان اصفهان	انبوه سازی املاک و مستغلات
۱۰	داروسازی ابوریحان	مواد و محصولات دارویی	۸۰	سایپا شیشه	سایر محصولات کانی غیر فلزی
۱۱	داروسازی اسوه	مواد و محصولات دارویی	۸۱	سخت آژند	انبوه سازی املاک و مستغلات
۱۲	داروسازی اکسیر	مواد و محصولات دارویی	۸۲	سرمایه گذاری البرز	مواد و محصولات دارویی
۱۳	داروسازی امین	مواد و محصولات دارویی	۸۳	سرمایه گذاری آتیه دماوند	سرمایه گذاریها
۱۴	داروسازی تهران دارو	مواد و محصولات دارویی	۸۴	سرمایه گذاری غدیر	شرکتهای چند رشته ای صنعتی
۱۵	داروسازی جابر ابن حیان	مواد و محصولات دارویی	۸۵	سرمایه گذاری کار آفرین	ماشین آلات و تجهیزات
۱۶	داروسازی حکیم	محصولات شیمیایی	۸۶	سیمان ارومیه	سیمان، آهک و گچ
۱۷	داروسازی داملران رازک	مواد و محصولات دارویی	۸۷	شهاب	ساخت رادیو، تلویزیون و دستگاه ها و وسایل ارتباطی
۱۸	داروسازی روز دارو	مواد و محصولات دارویی	۸۸	شهد-قند خوی	قند و شکر
۱۹	داروسازی زهراوی	مواد و محصولات دارویی	۸۹	شهد ایران	محصولات غذایی و آشامیدنی بجز قند و شکر
۲۰	داروسازی شهید قاضی	محصولات شیمیایی	۹۰	صنایع جوشکاب یزد	ماشین آلات دستگاه های برقی
۲۱	داروسازی فارابی	مواد و محصولات دارویی	۹۱	صنایع کاغذسازی کاوه	محصولات کاغذی
۲۲	داروسازی کوثر	مواد و محصولات دارویی	۹۲	صنایع لاستیکی سهند	لاستیک و پلاستیک
۲۳	دارویی و بهداشتی لقمان	مواد و محصولات دارویی	۹۳	صنعتی تولیدی مرتب	وسایل نقلیه موتوری، تریلر و نیم تریلر
۲۴	درین کاشان	استخراج سایر معادن	۹۴	صنعتی جام دارو	ساخت محصولات فلزی
۲۵	دشت مرغاب	محصولات غذایی و آشامیدنی بجز قند و شکر	۹۵	صنعتی دریایی ایران	پیمانکاری صنعتی
۲۶	دوده صنعتی پارس	محصولات شیمیایی	۹۶	کابل های مخابراتی شهید قندی	ماشین آلات دستگاه های برقی
۲۷	ذغال سنگ نگین طبس	استخراج ذغال سنگ	۹۷	کاربراتور ایران	خودرو و ساخت قطعات
۲۸	رادیاتور ایران	خودرو و ساخت قطعات	۹۸	کارخانجات صنعتی و تولیدی آتمسفر	ماشین آلات و تجهیزات
۲۹	رهشاد سپاهان	حمل و نقل، انبارداری و ارتباطات	۹۹	کارخانجات کابلسازی ایران	ماشین آلات دستگاه های برقی
۳۰	روغن نباتی پارس	لاستیک و پلاستیک	۱۰۰	کشاورزی و دامپروری مگسال	کشاورزی، دامپروری و خدمات وابسته به آن
۳۱	روغن نباتی جهان	لاستیک و پلاستیک	۱۰۱	گروه صنعتی ملی	دباغی، پرداخت چرم و ساخت انواع پاپوش
۳۲	روغن نباتی ناب	محصولات غذایی و آشامیدنی بجز قند و شکر	۱۰۲	مخابرات ایران	مخابرات
۳۳	ریخته گری تراکتورسازی ایران	خودرو و ساخت قطعات	۱۰۳	نفت بهران	فرآورده های نفتی، کک و سوخت هسته ای
۳۴	ریسمانریسی سمنان	منسوجات	۱۰۴	نفت پارس	فرآورده های نفتی، کک و سوخت هسته ای
۳۵	ریسندگی و بافندگی پاکریس	منسوجات	۱۰۵	نکا پلاستیک	لاستیک و پلاستیک
۳۶	ریسندگی و بافندگی درخشان یزد	منسوجات	۱۰۶	نم چین	محصولات کاغذی
۳۷	ریسندگی و بافندگی ری	منسوجات	۱۰۷	کشتیرانی والفجر	حمل و نقل، انبارداری و ارتباطات
۳۸	ریسندگی و بافندگی کاشان	منسوجات	۱۰۸	حمل و نقل بین المللی خلیج فارس	حمل و نقل، انبارداری و ارتباطات
۳۹	رینگ سازی مشهد	خودرو و ساخت قطعات	۱۰۹	تجارت الکترونیک پارسیان	رایانه و فعالیتهای وابسته به آن
۴۰	زامیاد	خودرو و ساخت قطعات	۱۱۰	آلومتک	فلزات اساسی
۴۱	ساختمان اصفهان	انبوه سازی املاک و مستغلات	۱۱۱	آلومراد	فلزات اساسی

فصلنامه مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار / شماره چهل و نه / زمستان ۱۴۰۰

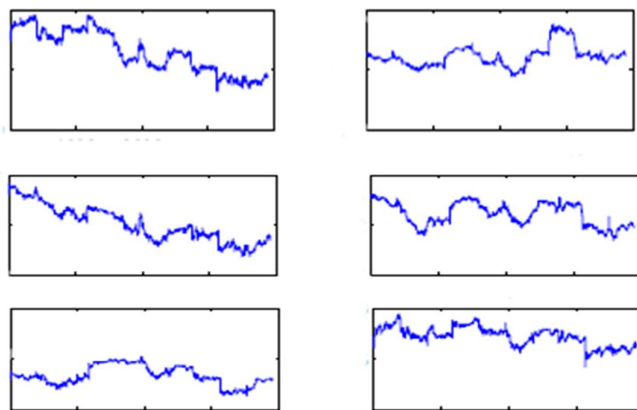
فلزات اساسی	آلومینیوم ایران	۱۱۲	خودرو و ساخت قطعات	سازه پوش	۴۲
فلزات اساسی	آلومینیوم پارس	۱۱۳	محصولات غذایی و آشامیدنی بجز قند و شکر	ساسان	۴۳
خودرو و ساخت قطعات	آهنگری تراکتورسازی ایران	۱۱۴	محصولات غذایی و آشامیدنی بجز قند و شکر	سالمین	۴۴
ساخت محصولات فلزی	آونگان	۱۱۵	انبوه سازی املاک و مستغلات	سامان گستر اصفهان	۴۵
خدمات فنی و مهندسی	بازرسی فنی و کنترل خوردگی تکین کو	۱۱۶	خودرو و ساخت قطعات	سایپا	۴۶
استخراج کانه های فلزی	باما	۱۱۷	خودرو و ساخت قطعات	سایپا آذین	۴۷
محصولات غذایی و آشامیدنی بجز قند و شکر	بهنوش ایران	۱۱۸	خودرو و ساخت قطعات	سایپا دیزل	۴۸
محصولات غذایی و آشامیدنی بجز قند و شکر	بیسکویت گرجی	۱۱۹	سایر محصولات کانی غیر فلزی	سایپا شیشه	۴۹
بیمه و صندوق بازنشستگی به جز تأمین اجتماعی	بیمه البرز	۱۲۰	انبوه سازی املاک و مستغلات	سخت آژند	۵۰
بیمه و صندوق بازنشستگی به جز تأمین اجتماعی	بیمه آسیا	۱۲۱	سایر محصولات کانی غیر فلزی	سرامیکهای صنعتی اردکان	۵۱
بیمه و صندوق بازنشستگی به جز تأمین اجتماعی	بیمه پارسیان	۱۲۲	خودرو و ساخت قطعات	سرمایه گذاری اعتبار ایران	۵۲
بیمه و صندوق بازنشستگی به جز تأمین اجتماعی	بیمه دانا	۱۲۳	مواد و محصولات دارویی	سرمایه گذاری البرز	۵۳
انبوه سازی املاک و مستغلات	بین‌المللی توسعه ساختمان	۱۲۴	شرکتهای چند رشته ای صنعتی	سرمایه گذاری غدیر	۵۴
محصولات شیمیایی	بین‌المللی محصولات پارس	۱۲۵	فلزات اساسی	فولاد مبارکه اصفهان	۵۵
منسوجات	پارچه بافی شیراز	۱۲۶	شرکتهای چند رشته ای صنعتی	سرمایه گذاری گروه توسعه ملی	۵۶
ساخت رادیو، تلویزیون و دستگاهها و وسایل ارتباطی	پارس الکترونیک	۱۲۷	خودرو و ساخت قطعات	سرمایه گذاری گروه صنعتی رنا	۵۷
محصولات شیمیایی	پارس الوان	۱۲۸	انبوه سازی املاک و مستغلات	سرمایه گذاری مسکن	۵۸
خودرو و ساخت قطعات	پارس خودرو	۱۲۹	سیمان، آهک و گچ	سیمان اصفهان	۵۹
مواد و محصولات دارویی	پارس دارو	۱۳۰	سیمان، آهک و گچ	سیمان ایلام	۶۰
سایر محصولات کانی غیر فلزی	پارس سرام	۱۳۱	سایر محصولات کانی غیر فلزی	سیمان آبیک	۶۱
ماشین آلات دستگاه های برقی	پارس سویچ	۱۳۲	سیمان، آهک و گچ	سیمان آرتا اردبیل (اردبیل و آذرشهر)	۶۲
فلزات اساسی	پارس متال	۱۳۳	سیمان، آهک و گچ	سیمان بجنورد	۶۳
محصولات شیمیایی	پتروشیمی آبادان	۱۳۴	سیمان، آهک و گچ	سیمان بهبهان	۶۴
محصولات شیمیایی	پتروشیمی خارک	۱۳۵	سیمان، آهک و گچ	سیمان تهران	۶۵
محصولات شیمیایی	پتروشیمی شازند	۱۳۶	سیمان، آهک و گچ	سیمان خاش	۶۶
محصولات شیمیایی	پتروشیمی شیراز	۱۳۷	سیمان، آهک و گچ	سیمان خزر	۶۷
محصولات شیمیایی	پتروشیمی فارابی	۱۳۸	سیمان، آهک و گچ	سیمان داراب	۶۸
محصولات شیمیایی	پتروشیمی فن آوران	۱۳۹	سیمان، آهک و گچ	سیمان دورود	۶۹
سیمان، آهک و گچ	پرسیت	۱۴۰	سیمان، آهک و گچ	سیمان سپاهان	۷۰

یافته‌های پژوهش

در این پژوهش، تحلیل طیف تکین، شبکه عصبی و بهینه‌سازی ازدحام ذرات، مدل رایج تبدیل موجک-شبکه عصبی، رگرسیون چندجمله‌ای، مدل نایو و فرآیند میانگین متحرک خودرگرسیون در

ارائه مدلی برای پیش‌بینی سری زمانی قیمت‌های... / محمدی، سعیدی، طالبی نجف‌آبادی و الهی شیروان

قیمت‌های ۱۴۰ سهم از بورس اوراق بهادار بررسی شده‌است. در این پژوهش، از موجک دبشیز^{۱۶} نوع چهار در سطح سوم تجزیه استفاده شده‌است. شکل ۱، سری‌های زمانی قیمت ۶ سهم انتخابی از ۱۴۰ سهم را نشان می‌دهد (بدلیل حجم زیاد نمودارها که ۱۴۰ نمودار می‌باشد فقط نمودار ۶ سهم در شکل ۱ ارائه شده‌است). تمام داده‌ها مربوط به قیمت بسته‌شده ۶ سهم که به طور تصادفی انتخاب شده در هر دقیقه در روز فقط برای دوره‌ای از ۲۸ اردیبهشت سال ۱۳۹۸ تا ۱۱ خرداد ۱۳۹۸ است.



شکل ۱. سری‌های زمانی قیمت ۶ سهم به طور تصادفی انتخاب‌شده از ۱۴۰ سهم نمونه

هدف پیش‌بینی سطح قیمت سهم در یک دقیقه بعدی است. عملکردهای پیش‌بینی در جدول ۲ تا ۵ نشان داده شدند. مطابق جدول ۲ تا ۵، کاملاً مشخص است که عملکرد مدل پیشنهادی این پژوهش (۱) بهتر از مدل‌های معیار است. بعلاوه، عملکرد رگرسیون چندجمله‌ای (۳) و مدل نایو (۴) بهتر از سیستم تبدیل موجک-شبکه عصبی (۲) و فرآیند میانگین متحرک خودرگرسیون (۵) مبتنی بر سه معیار عملکرد دیگر است. با توجه به این یافته‌ها، مدل پیش‌بینی پیشنهاد شده در این پژوهش تحلیل طیف تکین-بهینه‌سازی ازدحام ذرات-رگرسیون بردار پشتیبان، رگرسیون چندجمله‌ای و مدل نایو در مقایسه با سیستم مرسوم تبدیل موجک-شبکه عصبی و روش کلاسیک فرآیند میانگین متحرک خودرگرسیون هنگام پیش‌بینی قیمت هر سهم در طول روز خطاهای پیش‌بینی بسیار کوچکی در این مطالعه نشان دادند. بعلاوه، شکل (الف و ب) قیمت‌های پیش‌بینی‌شده سهم را برای هر مدل در مقایسه با قیمت واقعی قیمت سهم نشان می‌دهند. برای همه سهام، کاملاً مشخص است که مدل پیشنهادی (تحلیل طیف تکین-بهینه‌سازی ازدحام ذرات-رگرسیون بردار پشتیبان) با منحنی سری زمانی قیمت واقعی به‌خوبی برازیده است. در این راستا، مشاهده می‌گردد که مدل نایو و رگرسیون چندجمله‌ای با سری زمانی قیمت‌های واقعی

فصلنامه مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار / شماره چهل و نه / زمستان ۱۴۰۰

کاملاً برازیده است. با این وجود، فرآیند میانگین متحرک خودرگرسیون و سیستم تبدیل موجک - شبکه عصبی نتایج برازش ضعیفی ارائه دادند؛ مخصوصاً، فرآیند میانگین متحرک خودرگرسیون. به طور خلاصه، مقایسه‌های بالا (جدول ۱) بین تحلیل طیف تکین - بهینه‌سازی ازدحام ذرات - رگرسیون بردار پشتیبان (1)، سیستم تبدیل موجک - شبکه عصبی (2)، رگرسیون چندجمله‌ای (3)، مدل نایو (4)، و فرآیند میانگین متحرک خود رگرسیون (5) نشان می‌دهند که سیستم تحلیل طیف تکین - بهینه‌سازی ازدحام ذرات - رگرسیون بردار پشتیبان در پیش‌بینی یک دقیقه جلوتر قیمت سهم برای هر سهم در آزمایش‌هایی که انجام شد، عملکرد بهتری ارائه می‌دهد. این نتیجه را می‌توان با توانایی تحلیل طیف تکین برای تحلیل سری‌زمانی در این مطالعه برای ارائه الگوهای مخفی، نقش بهینه‌سازی ازدحام ذرات در یافتن پارامترهای اولیه بهینه رگرسیون بردار پشتیبان، و توانایی مورد آخر برای اعمال اصل کمینه‌سازی ریسک ساختاری در به حداقل رساندن کران بالا در خطای تعمیم برای به‌دست‌آوردن مقدار بهینه توضیح داد.

جدول ۲: نتایج به‌دست‌آمده برای سهام شماره ۱ تا ۳۵ انتخاب‌شده در نمونه

شماره سهام	مدل ۱			مدل ۲			مدل ۴		
	RMSE	MAPE	MAE*	RMSE	MAPE	MAE	RMSE	MAPE	MAE
۱	۰.۰۰۵۶۴۴۶۲	۰.۰۰۰۰۳۱۳۲	۰.۰۰۵۵۹۶۴۸	۰.۱۴۹۶۲۵۱۳	۰.۰۷۵۲۲۷۸۴	۰.۰۷۵۲۲۷۸۴	۰.۰۲۴۵۵۰۲۷۴	۰.۱۴۹۶۲۵۱۳	۰.۰۷۵۲۲۷۸۴
۲	۰.۰۰۲۹۰۳۴۴	۰.۰۰۰۰۲۲۷۷	۰.۰۰۴۷۷۱۵۶	۰.۰۴۳۲۹۴۶۷۹	۰.۰۸۶۸۸۹۳۴	۰.۰۸۶۸۸۹۳۴	۰.۰۷۶۲۸۴۶۲۶	۰.۰۴۳۲۹۴۶۷۹	۰.۰۸۶۸۸۹۳۴
۳	۰.۰۰۳۱۰۲۲۸	۰.۰۰۰۰۳۱۵۸	۰.۰۰۵۶۱۹۳۴	۰.۰۷۰۲۵۳۶۹۸	۰.۰۴۳۰۸۰۳۹۸	۰.۰۴۳۰۸۰۳۹۸	۰.۰۷۰۲۵۳۶۹۸	۰.۰۴۳۰۸۰۳۹۸	۰.۰۴۳۰۸۰۳۹۸
۴	۰.۰۰۷۴۹۵۷۹	۰.۰۰۶۳۹۶۱۴	۰.۰۰۹۹۹۵۴۰	۰.۰۴۴۰۰۵۹۷۴	۰.۰۹۱۰۵۷۵۶	۰.۰۹۱۰۵۷۵۶	۰.۰۷۹۰۷۷۸۷۸	۰.۰۴۴۰۰۵۹۷۴	۰.۰۹۱۰۵۷۵۶
۵	۰.۰۰۳۵۸۷۹۱	۰.۰۰۴۴۶۹۵۸	۰.۰۰۶۷۰۰۹۳	۰.۰۵۰۲۴۸۸۴۲	۰.۰۷۵۶۷۹۷۱	۰.۰۷۵۶۷۹۷۱	۰.۰۶۸۷۰۹۷۹۹	۰.۰۵۰۲۴۸۸۴۲	۰.۰۷۵۶۷۹۷۱
۶	۰.۰۰۱۳۲۰۱۶	۰.۰۰۰۰۹۹۱۹۵	۰.۰۰۱۲۳۸۰۲	۰.۰۶۹۱۳۴۱۰۳	۰.۰۷۹۵۱۰۱۶	۰.۰۷۹۵۱۰۱۶	۰.۰۷۰۶۱۴۴۸۱	۰.۰۶۹۱۳۴۱۰۳	۰.۰۷۹۵۱۰۱۶
۷	۰.۰۰۶۶۱۸۱۴	۰.۰۰۰۰۱۲۷۷۷	۰.۰۰۰۰۱۲۷۷۶	۰.۰۶۵۲۱۳۵۱۷	۰.۰۸۰۹۳۳۳۷	۰.۰۸۰۹۳۳۳۷	۰.۰۶۴۶۹۳۷۲۷	۰.۰۶۵۲۱۳۵۱۷	۰.۰۸۰۹۳۳۳۷
۸	۰.۰۰۷۲۹۵۰۱	۰.۰۰۰۰۰۰۰۰۲	۰.۰۰۰۰۰۵۶۹۲	۰.۰۶۱۰۱۳۸۳۸	۰.۰۴۳۱۹۵۴۷	۰.۰۴۳۱۹۵۴۷	۰.۰۶۶۰۹۵۴۱۵	۰.۰۶۱۰۱۳۸۳۸	۰.۰۴۳۱۹۵۴۷
۹	۰.۰۴۰۲۹۹۵۱	۰.۰۰۰۰۰۰۰۰۲	۰.۰۰۰۰۰۴۱۸۰	۰.۰۵۴۹۳۸۳۹۷	۰.۰۴۰۷۶۷۶۹	۰.۰۴۰۷۶۷۶۹	۰.۰۷۶۲۱۴۹۵۸	۰.۰۵۴۹۳۸۳۹۷	۰.۰۴۰۷۶۷۶۹
۱۰	۰.۰۰۰۰۳۸۰۲۳	۰.۰۰۰۰۰۰۰۰۱	۰.۰۰۰۰۱۰۷۸۹	۰.۰۴۶۰۷۶۹۸	۰.۰۴۱۹۸۶۳۷	۰.۰۴۱۹۸۶۳۷	۰.۰۹۶۶۱۲۵۸	۰.۰۴۶۰۷۶۹۸	۰.۰۴۱۹۸۶۳۷
۱۱	۰.۰۰۰۰۴۲۲۹۷	۰.۰۰۰۰۰۰۰۰۱۳	۰.۰۰۰۰۳۶۲۸۵	۰.۰۵۰۰۵۳۷۷۳	۰.۰۴۳۹۸۰۵۶	۰.۰۴۳۹۸۰۵۶	۰.۰۹۱۵۷۱۲۵۹	۰.۰۵۰۰۵۳۷۷۳	۰.۰۴۳۹۸۰۵۶
۱۲	۰.۰۰۰۰۲۶۶۱۴	۰.۰۰۰۰۰۰۰۰۲۱	۰.۰۰۰۰۴۶۰۸۴	۰.۰۴۳۸۵۹۷۰۳	۰.۰۵۳۰۱۶۷۵	۰.۰۵۳۰۱۶۷۵	۰.۰۹۹۱۴۵۲۵۶	۰.۰۴۳۸۵۹۷۰۳	۰.۰۵۳۰۱۶۷۵
۱۳	۰.۰۰۰۰۱۶۹۵۶	۰.۰۰۰۰۰۰۰۰۰۷	۰.۰۰۰۰۲۵۹۸۳	۰.۰۳۳۶۵۳۶۵۳	۰.۰۶۶۶۷۳۷۷	۰.۰۶۶۶۷۳۷۷	۰.۰۷۳۸۶۸۷۷۱	۰.۰۳۳۶۵۳۶۵۳	۰.۰۶۶۶۷۳۷۷
۱۴	۰.۰۰۰۰۱۷۴۰۱	۰.۰۰۰۰۰۰۰۰۰۹	۰.۰۰۰۰۳۰۱۴۲	۰.۰۴۱۷۷۶۹۰۱	۰.۰۵۵۹۳۶۶۶	۰.۰۵۵۹۳۶۶۶	۰.۰۸۶۳۱۸۳۶۹	۰.۰۴۱۷۷۶۹۰۱	۰.۰۵۵۹۳۶۶۶
۱۵	۰.۰۰۰۰۱۴۴۴۲	۰.۰۰۰۰۱۹۳۷۲۶	۰.۰۰۰۰۴۰۱۴۲۸	۰.۰۳۸۰۱۹۴۸۴	۰.۰۶۸۷۸۷۳۷	۰.۰۶۸۷۸۷۳۷	۰.۰۴۳۷۱۸۵۶۹۵	۰.۰۳۸۰۱۹۴۸۴	۰.۰۶۸۷۸۷۳۷
۱۶	۰.۰۰۰۰۰۴۱۹۱	۰.۰۰۰۰۱۶۵۸۵۲	۰.۰۰۰۰۷۳۴۹۰	۰.۰۵۷۵۳۹۰۵۶	۰.۰۶۸۰۶۶۰۸	۰.۰۶۸۰۶۶۰۸	۰.۰۴۰۸۴۲۸۰۹۲	۰.۰۵۷۵۳۹۰۵۶	۰.۰۶۸۰۶۶۰۸

ارائه مدلی برای پیش بینی سری زمانی قیمت های ... / محمدی، سعیدی، طالبی نجف آبادی و الهی شیروان

۰.۵۷۲۷۱۴۹۱۹	۰.۳۲۷۹۹۴۰۷۲	۰.۴۶۰۹۹۳۵۷	۰.۰۳۷۵۴۴۴۳۸	۰.۰۵۰۵۵۲۱۵۲	۰.۰۷۸۴۵۲۹۹	۰.۰۰۷۹۴۰۸۲	۰.۰۰۲۰۵۷۶۰	۰.۰۰۵۳۶۰۷۹	۱۷
۰.۵۲۷۷۳۵۷۴۹	۰.۴۱۷۰۶۱۷۳۴	۰.۴۷۵۷۶۲۵۴۳	۰.۰۴۷۷۳۹۱۳۷	۰.۰۴۷۲۹۹۴۹۴	۰.۰۶۸۲۶۶۶۳	۰.۰۰۶۰۲۸۵۷	۰.۰۰۲۷۶۲۷۹	۰.۰۰۲۵۶۲۲۱	۱۸
۰.۸۳۵۲۸۶۵۹۷	۰.۳۳۳۸۲۹۱۵۷	۰.۳۲۰۹۳۸۹۹۱	۰.۰۴۴۷۶۵۹۰۲	۰.۰۵۱۳۸۸۴۵۸	۰.۰۷۰۲۹۸۰۹	۰.۰۰۰۸۰۴۲۴	۰.۰۰۳۳۵۴۱۱	۰.۰۰۷۹۱۴۶۶	۱۹
۰.۶۴۷۳۴۸۸۳۵	۰.۵۸۱۹۶۰۸۰۲	۰.۲۱۰۷۲۶۵۶	۰.۰۳۸۴۱۶۲۷۳	۰.۰۵۵۰۰۹۶۰۵	۰.۰۶۹۲۵۲۲۱	۰.۰۰۵۱۹۷۷۴	۰.۰۰۱۹۵۳۸۲	۰.۰۰۴۲۰۱۹۸	۲۰
۰.۶۳۸۸۶۰۳۵۹	۰.۵۲۱۸۵۴۹۳۶	۰.۲۶۹۲۴۲۴۴۸	۰.۰۳۹۳۱۸۳۵۱	۰.۰۵۲۲۴۹۰۹۹	۰.۰۷۱۳۸۲۴۲	۰.۰۰۸۱۴۰۷۵	۰.۰۰۱۴۸۲۰۱	۰.۰۰۸۴۹۶۹۳	۲۱
۰.۵۰۶۲۶۹۲۸۳	۰.۴۹۴۷۸۱۳۰۱	۰.۵۱۱۳۸۲۳۰۸	۰.۰۵۸۶۶۱۵۱۷	۰.۰۵۴۲۸۳۵۹۱	۰.۰۵۹۵۵۸۱۴	۰.۰۰۰۹۷۹۶۷	۰.۰۰۰۰۰۰۴۳۶	۰.۰۰۲۰۸۷۱۷	۲۲
۰.۴۳۵۵۷۶۶۸۳	۰.۴۲۶۷۹۴۵۶۱	۰.۷۹۳۱۹۵۵۴۹	۰.۰۵۴۶۰۴۴۶۸	۰.۰۵۴۳۰۰۱۲۴	۰.۰۵۹۸۴۶۷۳	۰.۰۰۱۱۱۹۴۴	۰.۰۰۰۰۰۰۹۸۶	۰.۰۰۳۱۳۹۳۷	۲۳
۰.۴۲۰۴۹۹۷۳۹	۰.۴۳۴۱۴۹۳۵	۰.۷۷۶۹۴۳۳	۰.۰۵۹۳۰۵۳۷۷	۰.۰۴۹۱۹۸۴۷۶	۰.۰۵۷۸۲۶۹	۰.۰۰۶۹۲۶۹۷	۰.۰۰۰۰۰۰۱۰۶	۰.۰۰۳۲۵۵۰۱	۲۴
۰.۴۸۳۱۱۸۰۲۳	۰.۳۴۱۲۲۰۹۴۸	۰.۸۳۱۲۴۷۷۴۱	۰.۰۶۸۵۱۲۵۳۷	۰.۰۵۱۷۳۰۳۶۶	۰.۰۵۶۶۵۸۱۱	۰.۰۰۴۸۷۵۸۲	۰.۰۰۰۰۰۰۹۰۳	۰.۰۰۳۰۰۴۶۱	۲۵
۰.۵۴۸۲۰۴۹۸۲	۰.۴۰۹۹۵۶۳۵	۰.۶۹۷۱۴۰۱۲۲	۰.۰۷۹۶۳۰۹۶	۰.۰۴۹۰۰۴۶۳۳	۰.۰۴۹۵۷۷۴۹	۰.۰۰۱۸۴۳۶۳	۰.۰۰۰۰۰۰۷۹۵	۰.۰۰۲۸۱۹۴۰	۲۶
۰.۳۷۲۰۹۹۷۵۷	۰.۶۱۸۵۱۱۳۷۱	۰.۶۷۳۳۴۶۷۱۷	۰.۰۷۳۰۱۹۷۰۹	۰.۰۴۵۲۶۹۱۹۹	۰.۰۵۶۴۵۷۲۳	۰.۰۰۳۷۸۷۷۸	۰.۰۰۰۰۰۰۷۰۳	۰.۰۰۲۶۵۱۲۳	۲۷
۰.۳۱۰۶۴۹۰۹۹	۰.۷۳۱۶۰۵۷۹۵	۰.۶۱۱۹۰۸۳۷۸	۰.۰۹۱۷۳۹۱۴۹	۰.۰۴۶۱۸۱۹۴۴	۰.۰۴۹۱۶۱۲۹	۰.۰۰۰۳۴۷۷۵	۰.۰۰۰۰۰۰۹۴۵	۰.۰۰۳۰۷۴۴۵	۲۸
۰.۴۷۰۶۵۰۵۹۱	۰.۷۶۸۹۰۴۷۲	۰.۷۶۰۷۶۷۵۹۷	۰.۰۳۳۶۴۷۹۷	۰.۰۴۲۹۶۶۶۷۳	۰.۱۸۳۹۲۴۴۸	۰.۰۰۰۹۵۵۸۸	۰.۰۰۲۵۷۰۳۰	۰.۰۰۰۶۹۸۱۲	۲۹
۰.۴۳۸۵۱۰۵۸۲	۰.۷۵۶۷۱۶۵۵۲	۰.۶۲۷۱۱۶۹۶۷	۰.۰۳۴۳۹۸۱۷۶	۰.۰۱۴۷۰۱۵۴۸	۰.۱۸۲۸۹۳۴۱	۰.۰۰۲۲۵۳۵۹	۰.۰۰۳۳۶۸۶۱	۰.۰۰۸۰۳۹۷۶	۳۰
۰.۴۶۰۴۳۳۵۳۷	۰.۸۰۱۰۴۵۶۷۱	۰.۷۵۴۷۲۰۳۴۸	۰.۰۳۰۱۵۱۵۶۷	۰.۰۱۷۳۹۲۷۹۱	۰.۱۵۴۲۹۷۷۵	۰.۰۰۴۱۹۱۵۱	۰.۰۰۲۸۸۱۰۸	۰.۰۰۲۲۹۸۳۰	۳۱
۰.۴۱۳۶۸۰۳۱۸	۰.۸۱۹۵۵۲۶۴۹	۰.۸۳۲۰۱۳۶۶۴	۰.۰۳۰۳۳۸۲۲۶	۰.۰۱۸۷۳۳۶۳۷	۰.۱۵۰۲۳۵۹۱	۰.۰۰۵۸۶۰۰۵	۰.۰۰۴۸۳۵۰۶	۰.۰۰۹۵۳۴۶۱	۳۲
۰.۳۹۹۲۴۵۳۰۲	۰.۸۵۵۱۲۰۶۵۸	۰.۸۴۶۴۹۴۷۳۴	۰.۰۳۶۳۸۲۸۳	۰.۰۱۸۲۰۹۵۰۶	۰.۱۳۵۴۵۲۰۹	۰.۰۰۴۸۶۵۳۸	۰.۰۰۵۵۷۶۹۹	۰.۰۰۴۶۷۹۲۲	۳۳
۰.۳۸۴۹۰۲۳۶۷	۰.۸۳۸۴۵۴۸۶۸	۰.۸۱۷۰۳۳۷۵۵	۰.۰۴۱۶۲۷۶۲۴	۰.۰۲۱۳۷۵۲۸۲	۰.۱۵۳۲۹۸۹۴	۰.۰۰۴۵۷۷۹۵	۰.۰۰۷۱۶۰۵۱	۰.۰۰۴۶۱۹۸۰	۳۴
۰.۴۴۱۱۱۸۸۳۱	۰.۷۴۲۲۸۶۱	۰.۷۵۰۴۱۶۲۴۸	۰.۰۲۴۵۵۰۲۷۴	۰.۱۴۹۶۲۵۱۳	۰.۰۷۵۲۲۷۸۴	۰.۰۰۰۷۷۶۸۲	۰.۰۰۸۸۳۷۷۳	۰.۰۰۴۰۰۹۲۲	۳۵

جدول ۳: نتایج به دست آمده برای سهام شماره ۳۶ تا ۷۰ انتخاب شده در نمونه

مدل ۴			مدل ۳			مدل ۱			شماره سهام
RMSE	MAPE	MAE	RMSE	MAPE	MAE	RMSE	MAPE	MAE	
۰.۳۶۶۵۹۸	۰.۳۶۹۳۳۷	۰.۶۰۰۶۹۵۸۵	۰.۰۴۲۱۹۴	۰.۰۳۷۳۶۲	۰.۰۱۲۴۸۱	۰.۰۰۰۰۱۴۸۶	۰.۰۰۳۸۹۵۶۵	۰.۰۰۳۷۰۷۷۵	۳۶
۰.۴۱۶۴۲۲	۰.۴۳۶۵۷۳	۰.۵۵۱۱۳۲۵۶	۰.۰۶۰۲۵۴	۰.۰۴۰۵۴۴	۰.۰۱۱۲۵۳	۰.۰۰۰۰۱۱۶۰	۰.۰۰۶۱۴۳۲۹	۰.۰۰۶۱۰۶۰۰	۳۷
۰.۴۸۲۱۶۱	۰.۵۰۲۰۳۱	۰.۵۹۰۱۵۶۶۳۷	۰.۰۷۳۹۸۷	۰.۰۴۹۳۷۲	۰.۰۲۴۱۱۵	۰.۰۰۰۰۱۴۴۶	۰.۰۰۷۴۱۱۵۴	۰.۰۰۷۳۵۷۴۱	۳۸
۰.۵۵۷۹۵۹	۰.۵۲۷۶۶۷	۰.۳۳۹۲۷۰۸۲۸	۰.۰۸۱۰۵۱	۰.۰۵۲۲۱۸	۰.۰۳۱۰۸۶	۰.۰۰۰۰۱۱۳۹	۰.۰۰۱۱۵۹۱۸	۰.۰۰۱۲۷۵۶۴	۳۹
۰.۵۶۶۰۹۲	۰.۵۳۹۲۷	۰.۴۵۰۶۷۰۸۶۱	۰.۰۹۳۲۶۹	۰.۰۶۱۷۲۷	۰.۰۲۴۳۳۹	۰.۰۰۰۰۰۰۷۳۷	۰.۰۰۰۱۳۵۹۲	۰.۰۰۹۷۲۴۸۵	۴۰
۰.۴۶۴۴۶۹	۰.۴۴۴۱۲۵	۰.۴۷۱۰۴۸۰۸۶	۰.۰۱۱۷۰۹	۰.۰۶۸۴۵۷	۰.۰۲۴۰۶۷	۰.۰۰۰۰۰۰۵۴۹	۰.۰۰۳۳۸۵۰۵	۰.۰۰۳۳۷۳۶۷	۴۱
۰.۴۲۵۹۰۵	۰.۳۱۴۷۰۲	۰.۵۰۰۷۵۵۹۴۱	۰.۰۹۱۱۸۱	۰.۰۶۴۹۸۲	۰.۰۲۴۶۲۳	۰.۰۰۰۰۰۰۲۱۰	۰.۰۰۵۹۱۲۹۴	۰.۰۰۳۰۹۳۹۷	۴۲
۰.۴۵۳۳۷۳	۰.۵۰۲۲۰۶	۰.۴۱۹۲۲۰۷۷۱	۰.۱۰۱۸۳۵	۰.۰۱۲۴۹۳	۰.۰۲۷۳۶۴	۰.۰۰۲۰۷۹۳۵	۰.۰۰۴۹۳۱۹۴	۰.۰۰۴۰۱۴۳۹	۴۳
۰.۳۳۳۸۳۶	۰.۴۴۵۸۵۳	۰.۴۴۴۳۵۵۷۴۹	۰.۰۸۹۴۶۸	۰.۰۱۵۰۲۸	۰.۰۲۸۳۵۵	۰.۰۰۲۸۰۵۵۴	۰.۰۰۶۰۳۱۳۶	۰.۰۰۰۹۹۱۵۶	۴۴

فصلنامه مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار / شماره چهل و نه / زمستان ۱۴۰۰

۰.۴۳۱۱۰۸	۰.۴۶۹۰۲۱	۰.۳۶۶۲۸۶۲۸۱	۰.۰۸۲۵۸۷	۰.۰۱۵۳۷۲	۰.۰۱۷۰۲۵	۰.۰۰۱۹۰۳۲۹	۰.۰۰۸۶۲۹۸۲	۰.۰۰۰۶۴۷۰۳۳	۴۵
۰.۴۴۰۷۱۴	۰.۴۷۰۷۸۲	۰.۳۰۷۹۰۱۵۴۱	۰.۰۷۸۴۴۸	۰.۰۱۶۱۹۴	۰.۰۱۶۱۹۳	۰.۰۰۱۵۸۳۵۲	۰.۰۰۱۷۳۹۵۰	۰.۰۰۰۱۷۰۷۳۵	۴۶
۰.۴۰۴۳۵۳	۰.۳۲۹۱۹۶	۰.۲۱۵۳۷۳۶۶۴	۰.۰۸۳۱۳۳	۰.۰۱۷۶۰۶	۰.۰۱۳۲۵۴	۰.۰۰۱۶۹۴۱۹	۰.۰۰۰۶۶۹۵۹	۰.۰۰۰۵۸۱۶۵۲	۴۷
۰.۳۷۳۶۴۷	۰.۳۸۸۳۸۵	۰.۳۰۲۹۹۹۷۴۳	۰.۰۸۹۶۴۱	۰.۰۱۸۴۰۱	۰.۰۱۱۳۲۷	۰.۰۰۱۵۶۰۳۳	۰.۰۰۱۲۱۷۲۱	۰.۰۰۰۴۸۸۸۵۷	۴۸
۰.۴۹۹۴۰۹	۰.۲۶۴۰۵۷	۰.۴۰۳۱۷۴۲۶۸	۰.۰۷۵۴۲۴	۰.۰۱۴۵۷۲	۰.۰۱۵۸۲۷	۰.۰۰۱۶۳۲۷۱	۰.۰۰۰۵۵۴۶۲	۰.۰۰۰۳۵۵۰۳۷	۴۹
۰.۵۰۵۰۱	۰.۱۵۴۹۱۷	۰.۶۱۳۶۹۹۰۱۲	۰.۰۱۶۱۱۵	۰.۰۱۱۵۶۳	۰.۰۱۱۹۵۳	۰.۰۲۲۰۰۹۸۶	۰.۰۰۰۳۳۸۱۹	۰.۰۰۰۸۳۸۹۸۲	۵۰
۰.۶۲۹۳۳۸	۰.۱۲۷۲۲۸	۰.۵۷۰۳۳۴۳۰۳	۰.۰۱۳۳۲۱	۰.۰۱۸۳۸۲	۰.۰۱۴۱۶۲	۰.۰۲۶۲۷۷۴۳	۰.۰۰۰۳۳۲۲۹	۰.۰۰۰۸۲۲۸۹۲	۵۱
۰.۵۶۵۵۴۱	۰.۱۶۹۶۱۳	۰.۴۰۷۷۲۳۴۵۱	۰.۰۱۲۵۷۶	۰.۰۲۴۴۶۶	۰.۰۶۳۶۱۳	۰.۰۱۶۸۰۶۹۷	۰.۰۰۰۰۷۰۳۵	۰.۰۰۰۸۳۸۷۷۳	۵۲
۰.۳۳۲۸۵۲	۰.۱۳۰۱۹۴	۰.۴۶۹۳۵۷۲۶۵	۰.۰۰۸۷۸۵	۰.۰۱۹۶۰۱	۰.۰۶۵۳۶۷	۰.۰۰۲۹۵۱۱۵	۰.۰۰۰۲۷۳۵۴	۰.۰۰۰۶۵۳۹۰۸	۵۳
۰.۲۷۳۳۴۵	۰.۱۱۴۱۳۸	۰.۷۵۸۴۲۵۶۳	۰.۰۱۲۸۱۸	۰.۰۲۰۸۹۸	۰.۰۶۴۴۲۱	۰.۰۰۹۸۰۷۲۳	۰.۰۰۰۲۹۵۰۸	۰.۰۰۰۷۱۷۷۹۴	۵۴
۰.۴۸۶۷۶۱	۰.۱۶۳۲۶۸	۰.۵۲۴۱۳۷۳۷	۰.۰۱۱۳۷۵	۰.۰۱۹۶۷۲	۰.۰۵۹۲۱۵	۰.۰۱۲۴۹۶۰۱	۰.۰۰۰۲۹۷۵۰	۰.۰۰۰۷۲۴۸۱۲	۵۵
۰.۲۹۶۹۰۱	۰.۴۴۱۱۷۳	۰.۸۳۴۸۴۲۶۸۵	۰.۰۱۳۸۸۲	۰.۰۱۹۸۶۹	۰.۰۶۰۶۳۷	۰.۰۱۴۰۵۹۲۰	۰.۰۰۰۲۹۵۸۵	۰.۰۰۰۷۲۰۰۴۳	۵۶
۰.۳۸۰۷۹۴	۰.۵۹۰۶۱	۰.۶۸۴۸۶۸۰۱۶	۰.۰۱۴۴۶۵	۰.۰۲۲۳۳۵	۰.۰۵۶۶۰۶	۰.۰۰۵۶۱۸۰۸	۰.۰۰۰۳۳۵۲۸	۰.۰۰۰۸۳۱۰۷۳	۵۷
۰.۲۴۱۴۷۵	۰.۴۸۷۱۶	۰.۶۴۶۸۹۹۶۵۹	۰.۰۱۶۰۶۹	۰.۰۳۷۸۲۸	۰.۰۴۷۱۳۴	۰.۰۰۵۸۸۷۶۱	۰.۰۰۰۳۷۴۳۶	۰.۰۰۰۹۳۴۸۳۰	۵۸
۰.۱۷۳۹۲۲	۰.۶۶۴۲۵	۰.۷۳۲۵۳۳۲۹۴	۰.۰۱۹۳۸۴	۰.۰۴۰۲۸۹	۰.۰۱۹۸۵۱	۰.۰۰۳۰۲۸۸۴	۰.۰۰۰۳۵۷۱۸	۰.۰۰۰۸۸۹۹۱۳	۵۹
۰.۳۳۵۰۲	۰.۵۲۹۹۲۸	۰.۷۵۳۲۷۶۲۳۵	۰.۰۱۴۷۰۴	۰.۰۴۹۶۹۶	۰.۰۲۲۸۷۶	۰.۰۰۳۰۱۴۱۱	۰.۰۰۰۶۲۸۹۰۸	۰.۰۰۰۶۲۱۹۰۷	۶۰
۰.۲۲۶۰۷۴	۰.۲۳۳۵۵۹	۰.۶۷۰۴۲۷۴۵۲	۰.۰۱۴۶۳۲	۰.۰۲۶۶۵۶	۰.۰۲۸۱۲۷	۰.۰۰۲۲۱۶۹۷	۰.۰۰۰۶۳۹۹۹۶	۰.۰۰۰۱۹۸۷۵۳	۶۱
۰.۳۶۳۸۱۵	۰.۲۳۲۵۲۴	۰.۷۰۳۸۰۸۶۶۸	۰.۰۱۴۷۷۶	۰.۰۹۵۹۹۸	۰.۰۲۱۳۴۵	۰.۰۰۱۱۷۷۸۰	۰.۰۰۰۹۲۱۸۱	۰.۰۰۰۴۶۳۷۴	۶۲
۰.۴۱۱۲۳۲	۰.۳۶۵۵۱۷	۰.۷۵۹۷۲۲۶۷۱	۰.۰۱۸۱۲۵	۰.۱۰۹۵۵۶	۰.۰۱۷۶۲۷	۰.۰۰۰۷۴۹۳۳	۰.۰۰۰۴۳۹۳۹۲	۰.۰۰۰۹۹۷۴۶۷	۶۳
۰.۱۶۵۰۲۵	۰.۳۸۵۱۲۴	۰.۳۸۰۵۳۸۰۱۷	۰.۰۱۷۲۴۳	۰.۰۹۳۹۸۱	۰.۰۱۳۱۳۶	۰.۰۰۰۰۰۰۱۷	۰.۰۰۰۸۵۱۱۲	۰.۰۰۰۴۱۶۸۷۰	۶۴
۰.۲۸۲۲۴۵	۰.۲۸۵۴۲۴	۰.۲۹۹۳۰۲۰۲۵	۰.۰۱۱۷۹۲	۰.۰۸۸۷۶۷	۰.۰۱۱۱۵۶	۰.۰۰۰۰۰۰۰۹۵	۰.۰۰۱۶۱۱۳۷	۰.۰۰۰۷۰۰۸۰۷	۶۵
۰.۳۰۱۷	۰.۴۵۵۵۷۳	۰.۴۷۶۰۷۶۸۵	۰.۰۲۴۲۸۲	۰.۰۹۹۸۹۱	۰.۰۲۶۲۰۸	۰.۰۰۰۰۰۰۰۹۲	۰.۰۰۰۷۷۵۳۳۳	۰.۰۰۰۶۵۹۳۰۰	۶۶
۰.۳۲۴۶۱۷	۰.۴۰۶۷۹۶	۰.۴۴۸۱۵۹۱۶۸	۰.۰۵۳۶۱۲	۰.۰۹۷۷۳۴	۰.۰۲۵۸۲۷	۰.۰۰۰۰۰۰۰۱۷	۰.۰۰۰۳۷۳۳۹۰	۰.۰۰۰۷۱۹۱۷۲	۶۷
۰.۲۲۲۶۱۳	۰.۴۳۵۴۲۲	۰.۳۷۷۰۶۷۱۰۶	۰.۰۲۱۹۱۵	۰.۰۸۱۸۹۱	۰.۰۱۹۸۰۵	۰.۰۰۰۰۰۰۰۱۴	۰.۰۰۰۵۴۲۴۷۴	۰.۰۰۰۴۱۹۶۳۹	۶۸
۰.۱۳۷۵۰۶	۰.۴۹۱۹۳۳	۰.۴۰۳۷۶۶۵۰۳	۰.۰۴۰۵۳۵	۰.۰۶۷۷۳۴	۰.۰۲۵۲۰۱	۰.۰۰۰۰۰۰۰۰۹	۰.۰۰۰۸۷۹۱۵۳	۰.۰۰۰۷۰۸۲۲۲	۶۹
۰.۷۸۶۵۷۵	۰.۳۳۳۲۷۳	۰.۴۵۵۶۴۲۲۶	۰.۰۴۹۱۱۴	۰.۰۳۷۳۶۲	۰.۰۱۲۴۸۱	۰.۰۰۰۰۰۰۰۰۳	۰.۰۰۰۲۹۱۰۸۴	۰.۰۰۰۱۳۶۳۲۶	۷۰

جدول ۴: نتایج به دست آمده برای سهام شماره ۷۱ تا ۱۰۵ انتخاب شده در نمونه

مدل ۴			مدل ۳			مدل ۱			شماره سهام
RMSE	MAPE	MAE	RMSE	MAPE	MAE	RMSE	MAPE	MAE	
۰.۴۳۴۹۲۷	۰.۵۷۲۷۰۷	۰.۶۸۸۱۵	۰.۰۸۴۹۲۸	۰.۰۴۸۹۹۵	۰.۰۵۴۴۶۶	۰.۰۰۴۲۵۶۸۱	۰.۰۰۶۱۶۰۶۸	۰.۰۰۷۸۴۸۹۹۸	۷۱
۰.۴۳۹۰۶۷	۰.۵۶۶۴۴۸	۰.۶۲۲۸۰۱	۰.۰۸۸۲۰۶	۰.۰۵۳۷۴۳	۰.۰۲۹۲۳۶	۰.۰۰۴۱۲۰۵۵	۰.۰۰۶۲۸۵۸۱	۰.۰۰۹۲۸۳۰۸	۷۲
۰.۳۱۵۲۵۶	۰.۵۵۴۱۹۱	۰.۶۴۴۰۷۱	۰.۰۸۸۷۲۳	۰.۰۲۸۶	۰.۰۲۹۵۸۷	۰.۰۰۷۰۴۱۴۲	۰.۰۰۰۰۲۴۴۵	۰.۰۰۴۹۴۴۷۹	۷۳

ارائه مدلی برای پیش بینی سری زمانی قیمت های ... / محمدی، سعیدی، طالبی نجف آبادی و الهی شیروان

۰.۴۱۹۹۵۸	۰.۵۸۳۸۲۴	۰.۶۶۵۲۵۸	۰.۰۷۲۲۸۳	۰.۰۴۰۳۸۶	۰.۰۳۴۸۱۲	۰.۰۱۴۴۴۲۸۲	۰.۰۰۰۰۸۷۳۶	۰.۰۰۹۳۴۶۸۰	۷۴
۰.۴۲۰۱۶۷	۰.۵۴۴۹۶۴	۰.۶۹۸۲۳۹	۰.۰۹۱۵۲۵	۰.۰۳۹۰۴۶	۰.۰۳۳۸۵	۰.۰۳۳۹۹۸۲۰	۰.۰۰۰۰۹۱۳۲	۰.۰۰۹۵۵۶۱۴	۷۵
۰.۳۳۴۳۴	۰.۶۲۲۹۱۱	۰.۶۵۹۰۱۴	۰.۰۹۲۱۶۱	۰.۰۳۲۰۶۹	۰.۰۳۰۳۴۲	۰.۰۴۰۲۱۴۳۹	۰.۰۰۰۰۱۰۵۱۲	۰.۰۰۰۲۵۲۸۱	۷۶
۰.۳۱۷۳۲۲	۰.۳۸۴۹۲	۰.۶۳۷۶۶۴	۰.۰۹۲۴۶۵	۰.۰۳۰۲۱۵	۰.۰۲۹۹۳۱	۰.۰۲۱۲۵۳۱۲	۰.۰۰۰۰۱۵۱۰۸	۰.۰۰۰۲۲۹۱۲۹	۷۷
۰.۳۵۹۷۰۷	۰.۴۳۴۴۶۲	۰.۶۶۴۵۸۲	۰.۰۸۹۶۴۱	۰.۰۲۵۸۸۵	۰.۰۳۲۰۲	۰.۰۱۰۴۸۱۵۷	۰.۰۰۰۰۱۴۶۱۱	۰.۰۰۰۲۰۸۷۵۳	۷۸
۰.۵۱۲۵۵۹	۰.۴۱۷۵۶۵	۰.۷۹۲۰۷۶	۰.۰۷۵۴۲۴	۰.۰۲۹۲۴۴	۰.۰۷۵۰۸۲	۰.۰۱۷۴۵۴۵۸	۰.۰۰۰۰۱۹۶۹۹	۰.۰۰۰۴۰۳۵۲۸	۷۹
۰.۷۴۵۳۶۹	۰.۵۲۷۷۹۷	۰.۷۹۳۳۳۱	۰.۰۱۶۱۱۵	۰.۰۱۱۴۰۴	۰.۰۵۷۶۶۴	۰.۰۳۲۱۳۱۰۷	۰.۰۰۰۰۶۰۰۵۲	۰.۰۰۰۴۵۰۵۴۶	۸۰
۰.۷۲۹۲۶۸	۰.۶۰۹۹۱	۰.۷۳۱۷۷۴	۰.۰۱۳۳۲۱	۰.۰۱۰۳۰۸	۰.۰۶۲۴۶۱	۰.۰۷۷۸۷۸۱۲	۰.۰۰۰۰۱۶۸۲۸	۰.۰۰۰۲۹۷۳۱	۸۱
۰.۶۷۱۲۹۳	۰.۴۳۵۷۵	۰.۷۶۴۷۵۲	۰.۰۱۲۵۷۶	۰.۰۱۱۶۴۳	۰.۰۶۹۷۹۷	۰.۰۸۲۰۰۶۶۵	۰.۰۰۰۰۱۸۶۲۳	۰.۰۰۰۳۶۶۶۱	۸۲
۰.۸۶۴۲۹۱	۰.۳۱۶۳۸۷	۰.۴۱۳۲۱۶	۰.۰۰۸۷۸۵	۰.۰۱۳۲۷۴	۰.۰۷۴۲۷۱	۰.۰۴۴۳۵۸۹	۰.۰۰۰۰۳۰۴۴۳	۰.۰۰۰۷۴۴۷۹۹	۸۳
۰.۸۵۶۲۵۳	۰.۲۱۷۸۹۳	۰.۵۷۹۳۴۶	۰.۰۱۲۸۱۸	۰.۰۱۶۴۲۲	۰.۰۸۱۳۱۸	۰.۰۲۹۴۵۳۵۹	۰.۰۰۰۰۴۵۰۶۴	۰.۰۰۰۱۲۲۸۲۷	۸۴
۰.۸۵۳۹۷۹	۰.۲۷۵۴۸	۰.۵۵۷۲۴۵	۰.۰۳۳۶۵۴	۰.۰۱۵۴۵۳	۰.۰۹۴۵۹۵	۰.۰۶۰۲۷۷۰۸۸	۰.۰۰۰۰۶۳۰۰۴	۰.۰۰۰۵۱۰۰۶۶	۸۵
۰.۹۱۱۱۸۱	۰.۳۹۲۱۶۹	۰.۴۸۴۵۲۶	۰.۰۴۱۷۷۷	۰.۰۱۳۶۶۷	۰.۰۱۸۵۷۴	۰.۵۶۵۶۸۹۰۱	۰.۰۰۰۰۴۱۱۱۱	۰.۰۰۰۲۷۵۸۷	۸۶
۰.۵۶۲۹۶۹	۰.۴۸۴۴۸۳	۰.۶۸۳۶۸۱	۰.۰۳۸۰۱۹	۰.۰۱۴۹۱۶	۰.۰۱۵۹۳	۰.۰۶۵۹۰۲۸۲۶	۰.۰۳۳۴۱۵۷۰	۰.۰۰۰۲۷۹۹۶۱	۸۷
۰.۴۳۰۸۹	۰.۵۹۸۵۷۴	۰.۶۸۲۹۳۲	۰.۰۵۷۵۳۹	۰.۰۱۷۹۱۶	۰.۰۱۷۲۵۵	۰.۸۱۳۳۶۳۹	۰.۰۳۶۲۲۵۳۴	۰.۰۰۰۳۲۹۵۶	۸۸
۰.۵۹۲۴۰۷	۰.۶۷۸۲۱۲	۰.۶۵۰۵۹۹	۰.۰۵۰۵۵۲	۰.۰۱۸۰۷۳	۰.۰۱۵۰۶۷	۰.۸۸۱۰۷۸۰۸	۰.۰۳۵۸۱۷۸۸	۰.۰۰۰۹۲۵۶۱۲	۸۹
۰.۶۶۵۲۸	۰.۳۳۸۱۵۲	۰.۵۱۹۴۴۷	۰.۰۴۷۲۹۹	۰.۰۲۰۱۳۴	۰.۰۱۶۹۴۸	۰.۸۲۶۱۷۱۶۲	۰.۰۳۰۲۷۹۴۹	۰.۰۰۰۴۰۱۰۰۲	۹۰
۰.۷۲۹۶۹۶	۰.۴۰۷۰۵۸	۰.۵۵۳۲۷۵	۰.۰۵۱۳۸۸	۰.۰۱۹۶۰۱	۰.۰۱۳۲۹۹	۰.۸۴۹۸۱۶۷۵	۰.۰۳۰۲۳۶۰۹	۰.۰۰۰۳۸۸۵۲۷	۹۱
۰.۶۸۸۷۶۴	۰.۴۰۰۳۸۷	۰.۴۱۲۰۴۲	۰.۰۵۵۰۱	۰.۰۱۴۹۲۹	۰.۰۱۱۲۶۲	۰.۶۹۲۸۵۰۲۲	۰.۰۳۱۶۵۶۰۶	۰.۰۰۰۷۹۲۱۵۱	۹۲
۰.۷۳۴۴۱۵	۰.۴۳۱۳۶۹	۰.۴۳۳۰۶	۰.۰۵۲۲۴۹	۰.۰۱۳۰۲۵	۰.۰۵۲۷۷	۰.۶۴۵۹۲۱۹۱	۰.۰۳۳۰۵۰۶۹	۰.۰۰۰۱۷۹۸۵۰	۹۳
۰.۸۲۲۰۰۸	۰.۶۰۹۳۸	۰.۸۲۳۷۶۲	۰.۰۵۴۲۸۴	۰.۰۱۴۷۲۳	۰.۰۶۲۹۲۵	۰.۵۴۲۹۲۶۴۷	۰.۰۰۰۰۷۴۷۷۸	۰.۰۰۰۷۳۴۵۵۰	۹۴
۰.۷۹۴۶۴۸	۰.۳۶۵۲۰۸	۰.۴۳۱۳۴۹	۰.۰۵۴۳	۰.۰۱۸۳۹۶	۰.۰۶۱۳۱۳	۰.۳۶۰۹۰۶۸۲	۰.۰۰۰۰۵۶۱۷۴	۰.۰۰۰۳۷۰۱۰۶	۹۵
۰.۸۰۴۶۵۴	۰.۴۹۴۳۱۲	۰.۸۵۶۳۱۱	۰.۰۵۷۷۸۸	۰.۰۱۶۹۵	۰.۰۶۵۰۴۲	۰.۲۸۰۱۰۱۳۰	۰.۰۰۰۰۷۶۹۶۲	۰.۰۰۰۷۷۴۲۰۱	۹۶
۰.۸۶۸۶۶۹	۰.۰۹۳۹۹	۰.۶۵۲۰۶۹	۰.۰۵۶۶۵۷	۰.۰۲۳۳۶۱	۰.۰۶۶۳۱۹	۰.۳۴۶۸۰۷۷۴	۰.۰۰۰۰۶۶۸۴۲	۰.۰۰۰۵۸۵۳۷۳	۹۷
۰.۹۲۰۷۱۷	۰.۲۹۱۳۲۹	۰.۵۹۷۹۱۵	۰.۰۴۹۵۸	۰.۰۳۰۹۹۵	۰.۰۶۱۲۸۶	۰.۴۶۵۹۳۵۹۹	۰.۰۰۰۰۶۴۱۵۸	۰.۰۰۰۵۳۲۹۵۲	۹۸
۰.۸۵۸۳۳۴	۰.۲۲۵۶۳۷	۰.۵۶۰۳۸۸	۰.۰۵۶۴۵۹	۰.۰۳۱۰۱۳	۰.۰۶۳۰۷۲	۰.۰۵۰۰۰۴۴۷	۰.۰۰۰۰۵۸۴۲۷	۰.۰۰۰۴۱۷۱۷۲	۹۹
۰.۹۲۳۱۶۵	۰.۲۶۵۶۴۲	۰.۶۲۰۶۰۶	۰.۰۴۹۱۴۶	۰.۰۳۰۰۶۸	۰.۰۳۴۹۱۲	۰.۰۶۱۴۴۳۰۱	۰.۰۰۰۰۵۵۰۰۴	۰.۰۰۰۳۴۵۲۹۹	۱۰۰
۰.۶۷۹۹۲۴	۰.۴۸۶۶۷۶	۰.۸۲۲۴۷	۰.۱۸۳۹۲۴	۰.۰۱۰۳۶۳	۰.۰۴۱۳۸۹	۰.۰۳۵۴۱۷۱۵	۰.۰۰۰۰۶۰۰۵۱۳	۰.۰۰۰۷۴۹۲۷۶	۱۰۱
۰.۷۰۵۶۴۱	۰.۴۶۳۵۶۱	۰.۸۲۴۹۰۶	۰.۱۸۲۸۹۵	۰.۰۱۰۳۷۷	۰.۰۴۲۹۹۷	۰.۰۰۹۶۲۹۸۴	۰.۰۱۱۲۶۰۶۲	۰.۰۰۰۰۶۶۰۵	۱۰۲
۰.۶۶۶۸۹۱	۰.۴۰۰۳۰۶	۰.۸۳۹۱۱	۰.۱۵۴۲۹۸	۰.۰۵۶۶۰۶	۰.۰۴۴۲۲۱	۰.۰۰۳۷۶۲۸۹	۰.۰۰۰۰۲۷۸۸۷۰	۰.۰۰۰۰۸۰۸۱۲	۱۰۳
۰.۶۲۲۸۶۲	۰.۱۷۴۷۳۲	۰.۳۹۲۴۱۴	۰.۱۵۰۲۳۶	۰.۰۴۷۱۳۴	۰.۰۴۶۲۰۶	۰.۰۰۸۲۹۱۹۵	۰.۰۰۰۰۸۴۱۵۳	۰.۰۰۰۹۰۰۹۱۸	۱۰۴
۰.۵۸۱۷۴۸۵	۰.۲۱۸۷۸	۰.۴۷۱۵۷۷	۰.۰۸۴۹۲۸	۰.۰۴۸۹۹۵	۰.۰۵۴۴۶۶	۰.۰۰۶۱۰۲۸۲	۰.۰۰۰۳۶۷۸۹۹	۰.۰۰۰۰۶۵۴۷۲	۱۰۵

فصلنامه مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار / شماره چهل و نه / زمستان ۱۴۰۰

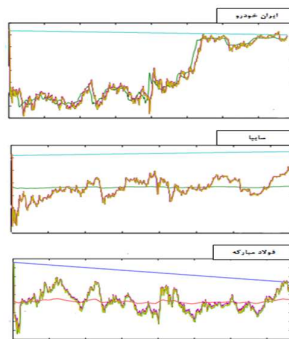
جدول ۵: نتایج به دست آمده برای سهام شماره ۱۰۶ تا ۱۴۰ انتخاب شده در نمونه

شماره سهام	مدل ۱			مدل ۳			مدل ۴		
	RMSE	MAPE	MAE	RMSE	MAPE	MAE	RMSE	MAPE	MAE
۱۰۶	۰.۰۰۰۴۸۹۲۵	۰.۰۰۰۷۲۵۰۳	۰.۰۰۰۶۹۲۶۳۹	۰.۰۰۰۳۶۶۱۸۷۶۶	۰.۰۰۰۵۳۴۶۴۵۵۹	۰.۰۰۰۶۰۸۰۳۷۶۷	۰.۰۰۰۶۵۱۷۶۴	۰.۰۰۰۵۴۴۷۰۹	۰.۰۰۰۷۰۹۵۵۲
۱۰۷	۰.۰۰۰۵۳۲۰۳	۰.۰۰۰۹۵۹۴۸	۰.۰۰۰۹۷۵۴۸	۰.۰۰۰۸۵۷۷۱۲۰۱	۰.۰۰۰۴۱۷۲۳۳۴۸	۰.۰۰۰۱۸۳۳۱۱۷۲	۰.۰۰۰۷۴۳۴۹۷	۰.۰۰۰۶۲۸۴۹۸	۰.۰۰۰۶۵۸۸۴
۱۰۸	۰.۰۰۰۷۰۴۲۳	۰.۰۰۰۱۱۶۶۰۲	۰.۰۰۰۴۱۴۷۱۰	۰.۰۰۰۶۲۹۶۶۴۹۹	۰.۰۰۰۵۸۰۷۱۵۵۵	۰.۰۰۰۸۶۳۱۸۵۳۱	۰.۰۰۰۴۸۵۷۱۶	۰.۰۰۰۵۴۸۲۹۸	۰.۰۰۰۶۰۵۵۷۷
۱۰۹	۰.۰۰۰۹۸۷۱۴	۰.۰۰۰۱۰۷۹۰۷	۰.۰۰۰۲۸۴۹۲۳	۰.۰۰۰۹۴۰۳۱۸۲۷	۰.۰۰۰۴۵۴۳۳۰۱۳	۰.۰۰۰۷۰۲۲۰۳۷۹	۰.۰۰۰۴۸۵۴۷	۰.۰۰۰۴۵۵۷۷۹	۰.۰۰۰۶۰۴۱۶۷
۱۱۰	۰.۰۰۰۹۵۳۴۴	۰.۰۰۰۱۰۳۷۱۲	۰.۰۰۰۲۲۰۴۳۵	۰.۰۰۰۴۲۶۹۵۵۳۶	۰.۰۰۰۱۳۵۲۶۵۸۸	۰.۰۰۰۶۸۴۷۱۶۷۷	۰.۰۰۰۶۳۹۲۹	۰.۰۰۰۵۱۵۲۴۹	۰.۰۰۰۶۱۹۳۹۷
۱۱۱	۰.۰۰۰۹۲۰۷۴	۰.۰۰۰۸۳۲۷۵۹	۰.۰۰۰۱۲۵۵۶۳	۰.۰۰۰۱۴۲۵۹۳۱۲	۰.۰۰۰۲۵۳۰۲۹۰۶	۰.۰۰۰۴۲۲۲۸۶۴۸	۰.۰۰۰۶۱۴۵۴۶	۰.۰۰۰۹۴۸۳	۰.۰۰۰۶۹۷۴۵۸
۱۱۲	۰.۰۰۱۰۹۱۰۴	۰.۰۰۰۶۴۰۵۱۶	۰.۰۰۰۰۳۲۲۲	۰.۰۰۰۴۴۰۰۵۹۷۴	۰.۰۰۰۴۱۹۲۴۲۰۵	۰.۰۰۰۶۶۸۶۵۴۸۳	۰.۰۰۰۶۲۲۰۹۶	۰.۰۰۰۸۳۲۲۳	۰.۰۰۰۵۹۱۹۴۲
۱۱۳	۰.۰۰۰۶۲۴۴۹۰	۰.۰۰۰۵۰۳۳۸۹	۰.۰۰۰۰۹۴۹۹۲	۰.۰۰۰۵۰۲۴۸۸۴۲	۰.۰۰۰۱۸۶۷۵۲۵۴	۰.۰۰۰۸۳۰۶۵۹۴	۰.۰۰۰۷۱۰۶۲۱	۰.۰۰۰۸۸۶۲۲۸	۰.۰۰۰۶۸۵۲۶۷
۱۱۴	۰.۰۰۰۳۱۱۶۴۸	۰.۰۰۰۴۷۷۳۲۴	۰.۰۰۰۹۰۸۸۶۴	۰.۰۰۰۶۹۱۳۴۱۰۳	۰.۰۰۰۱۱۳۷۰۱۱	۰.۰۰۰۳۹۹۳۴۸۹۹	۰.۰۰۰۷۷۴۶۱۸	۰.۰۰۰۸۱۸۹۲۳	۰.۰۰۰۳۷۱۱۳۲
۱۱۵	۰.۰۰۰۳۵۹۸۶۷	۰.۰۰۰۷۵۴۲۷۹	۰.۰۰۰۶۸۴۹۲۳	۰.۰۰۰۶۵۲۱۳۵۱۷	۰.۰۰۰۸۳۷۵۷۴۹۵	۰.۰۰۰۳۲۷۹۲۰۱۶	۰.۰۰۰۳۸۸۳۵۹	۰.۰۰۰۷۵۶۶۷	۰.۰۰۰۶۸۹۵۹۳
۱۱۶	۰.۰۰۰۴۰۷۲۸۵	۰.۰۰۰۹۹۰۴۲۹	۰.۰۰۰۹۵۲۰۲۹	۰.۰۰۰۶۱۰۱۳۸۳۸	۰.۰۰۰۸۸۴۹۳۹۳۱	۰.۰۰۰۳۷۹۳۴۵۷۸	۰.۰۰۰۲۵۸۳۳۴	۰.۰۰۰۴۸۶۲۲۳	۰.۰۰۰۷۲۲۵۰۸
۱۱۷	۰.۰۰۰۴۰۷۷۱۸	۰.۰۰۰۲۴۸۸۰۰	۰.۰۰۰۱۷۴۹۷۲	۰.۰۰۰۵۴۹۳۸۳۹۷	۰.۰۰۰۱۶۴۵۹۹۴	۰.۰۰۰۱۸۷۰۰۴۸۹	۰.۰۰۰۳۵۳۴۶۶	۰.۰۰۰۶۰۱۱۳۱	۰.۰۰۰۷۸۱۶۰۵
۱۱۸	۰.۰۰۰۴۹۹۵۹۸	۰.۰۰۰۷۷۵۱۲۴	۰.۰۰۰۷۴۹۷۳۵	۰.۰۰۰۴۶۰۷۶۹۸	۰.۰۰۰۲۴۵۹۰۶۸۲	۰.۰۰۰۳۶۶۸۷۸۶۶	۰.۰۰۰۴۵۸۳۲۶	۰.۰۰۰۷۱۶۶۶۸	۰.۰۰۰۴۷۷۹۵۵
۱۱۹	۰.۰۰۰۳۶۰۱۲۵	۰.۰۰۰۵۰۳۸۴۸	۰.۰۰۰۵۴۳۴۹۲	۰.۰۰۰۵۰۰۵۳۷۷۳	۰.۰۰۰۶۵۱۳۳۳۶۵	۰.۰۰۰۲۵۴۳۷۲۰۹	۰.۰۰۰۵۳۰۹۷۸	۰.۰۰۰۷۲۴۱۸۸	۰.۰۰۰۵۰۸۲۳۸
۱۲۰	۰.۰۰۰۱۰۳۸۴۰	۰.۰۰۰۵۸۸۱۶۰	۰.۰۰۰۵۵۲۹۳	۰.۰۰۰۴۳۸۵۹۷۰۳	۰.۰۰۰۴۴۸۳۶۵۱۱	۰.۰۰۰۲۶۰۵۳۴۵۷	۰.۰۰۰۵۵۱۸۵۳	۰.۰۰۰۶۵۳۷۹	۰.۰۰۰۵۱۳۹۸۹
۱۲۱	۰.۰۰۰۱۰۱۴۳۰	۰.۰۰۰۴۰۹۸۴۷	۰.۰۰۰۱۷۴۴۸	۰.۰۰۰۳۳۶۵۳۶۵۳	۰.۰۰۰۲۴۷۶۴۲۳۸	۰.۰۰۰۴۷۶۸۳۶۵۵	۰.۰۰۰۵۷۹۶۳۷	۰.۰۰۰۸۱۱۶۳۱	۰.۰۰۰۷۹۸۲۶۲
۱۲۲	۰.۰۰۰۰۷۷۲۱۲	۰.۰۰۰۳۰۷۸۶۰	۰.۰۰۰۹۰۷۲۳۶۷۹	۰.۰۰۰۴۱۷۷۶۹۰۱	۰.۰۰۰۲۷۹۹۶۱۴	۰.۰۰۰۳۹۰۲۳۰۸۸	۰.۰۰۰۳۵۲۷۵۳	۰.۰۰۰۵۰۲۷۷۷	۰.۰۰۰۶۷۱۹۲۶
۱۲۳	۰.۰۰۰۰۹۷۳۷۱	۰.۰۰۰۶۱۸۵۹۹	۰.۰۰۰۹۰۳۴۳۰۱۲	۰.۰۰۰۳۸۰۱۹۴۸۴	۰.۰۰۰۱۲۶۴۴۸۳۶	۰.۰۰۰۳۸۶۲۰۲۳۷	۰.۰۰۰۴۶۵۶۷۶	۰.۰۰۰۳۸۰۵۷۵	۰.۰۰۰۵۸۹۸۰۳
۱۲۴	۰.۰۰۰۰۶۷۶۴۰	۰.۰۰۰۸۳۴۵۳۰	۰.۰۰۰۰۳۳۴۷۷	۰.۰۰۰۵۷۵۳۹۰۵۶	۰.۰۰۰۱۶۲۰۰۹۹۱	۰.۰۰۰۵۹۸۸۵۰۰۶	۰.۰۰۰۴۹۶۰۴۸	۰.۰۰۰۳۵۴۸۷۴	۰.۰۰۰۶۷۶۳۳۹
۱۲۵	۰.۰۰۰۰۲۰۰۸۳	۰.۰۰۰۱۲۸۶۸۶	۰.۰۰۰۰۸۷۲۸۵	۰.۰۰۰۵۰۵۵۲۱۵۲	۰.۰۰۰۱۱۵۵۰۴۷۲	۰.۰۰۰۸۷۵۹۶۱۶۳	۰.۰۰۰۶۳۱۲۱۳	۰.۰۰۰۳۳۹۲۴۹	۰.۰۰۰۵۳۴۶۱۳
۱۲۶	۰.۰۰۰۰۳۱۶۱۳	۰.۰۰۰۱۲۰۲۶۴	۰.۰۰۰۰۶۷۹۱۷	۰.۰۰۰۱۱۹۶۰۷۴	۰.۰۰۰۱۰۶۵۴۶۷۱	۰.۰۰۰۶۰۱۴۷۵۹۲	۰.۰۰۰۶۲۵۹۸۵	۰.۰۰۰۳۷۲۱۷۸	۰.۰۰۰۵۲۱۸۶۹
۱۲۷	۰.۰۰۰۰۲۵۰۸۴	۰.۰۰۰۱۰۲۳۰۷	۰.۰۰۰۰۹۸۵۵۴	۰.۰۰۰۳۸۵۶۳۵۴۱	۰.۰۰۰۳۷۸۲۶۷۵۸	۰.۰۰۰۴۱۹۸۵۴۳۲	۰.۰۰۰۵۶۱۶۲	۰.۰۰۰۳۵۱۵۴۴	۰.۰۰۰۶۹۹۱۶
۱۲۸	۰.۰۰۰۰۲۱۷۶۸	۰.۰۰۰۰۹۰۷۷۳	۰.۰۰۰۰۱۲۸۵۶	۰.۰۰۰۴۹۷۲۱۶۷۲	۰.۰۰۰۴۸۷۷۸۰۳۹	۰.۰۰۰۳۴۳۱۰۲۷۹	۰.۰۰۰۷۳۸۹۹۹	۰.۰۰۰۵۰۸۱۰۳	۰.۰۰۰۴۲۳۹۷۵
۱۲۹	۰.۰۰۰۰۲۸۵۹۸	۰.۰۰۰۰۳۹۸۱۸	۰.۰۰۰۰۹۵۴۵۶	۰.۰۰۰۴۶۷۷۰۲۵	۰.۰۰۰۲۱۲۸۰۵۸	۰.۰۰۰۴۵۱۶۳۵۵۶	۰.۰۰۰۲۷۲۹۳۱	۰.۰۰۰۶۶۵۱۰۷	۰.۰۰۰۲۰۷۱۹۵
۱۳۰	۰.۰۰۰۰۳۴۲۳۵	۰.۰۰۰۰۷۶۹۳۵	۰.۰۰۰۰۱۳۷۱۱	۰.۰۰۰۵۱۹۵۵۲۰۴	۰.۰۰۰۲۶۶۹۱۰۴۵	۰.۰۰۰۵۴۲۶۱۹۶۴	۰.۰۰۰۳۷۲۳۴۴	۰.۰۰۰۵۶۰۶۱۸	۰.۰۰۰۲۶۹۹۶۶
۱۳۱	۰.۰۰۰۰۱۶۸۱۰	۰.۰۰۰۰۴۵۴۲۲	۰.۰۰۰۰۳۱۲۴۳	۰.۰۰۰۸۵۶۱۶۳۷۷	۰.۰۰۰۲۸۹۷۴۵۵۸	۰.۰۰۰۲۳۶۹۵۴۵۴	۰.۰۰۰۳۱۰۲۶۶	۰.۰۰۰۶۱۷۰۸۳	۰.۰۰۰۳۰۷۷۱۸
۱۳۲	۰.۰۰۰۰۱۱۹۰۵	۰.۰۰۰۰۵۴۳۵۶۱	۰.۰۰۰۰۳۱۴۴۶۱	۰.۰۰۰۳۵۶۲۶۹۷۷	۰.۰۰۰۱۴۳۹۹۶۹	۰.۰۰۰۲۷۹۵۴۸۲	۰.۰۰۰۳۱۵۹۳۲	۰.۰۰۰۷۹۱۹۴۴	۰.۰۰۰۴۶۰۶۱۵
۱۳۳	۰.۰۰۰۰۲۷۷۰۱	۰.۰۰۰۰۳۹۷۴۵۶	۰.۰۰۰۰۹۳۶۵۳۹	۰.۰۰۰۸۲۴۹۸۰۶۴	۰.۰۰۰۱۲۶۳۶۲۴	۰.۰۰۰۱۴۵۸۷۹۱۱	۰.۰۰۰۳۳۴۵۶۷	۰.۰۰۰۸۶۱۶۸۶	۰.۰۰۰۴۰۵۴۵۷
۱۳۴	۰.۰۰۰۰۵۰۳۱۴۲	۰.۰۰۰۰۴۲۱۱۶۵۱	۰.۰۰۰۰۵۲۳۲۰۹	۰.۰۰۰۲۱۱۲۷۴۳۱	۰.۰۰۰۱۱۵۲۰۷۵۹	۰.۰۰۰۱۴۰۹۰۴۸۷	۰.۰۰۰۳۵۶۰۶۱	۰.۰۰۰۸۸۲۸۹۱	۰.۰۰۰۰۳۲۵۸۹

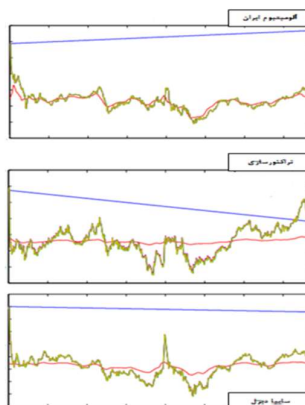
ارائه مدلی برای پیش بینی سری زمانی قیمت های... / محمدی، سعیدی، طالبی نجف آبادی و الهی شیروان

۰.۵۵۱۲۱۸	۰.۴۳۳۷۰۷	۰.۸۹۷۹۷۱	۰.۰۱۵۲۵۵۸۵	۰.۰۵۸۵۳۴۹۱۷	۰.۰۱۹۵۵۱۷۳۴	۰.۰۰۴۵۷۰۸۵	۰.۰۳۹۱۹۰۴۳	۰.۰۰۷۹۶۵۷۴	۱۳۵
۰.۲۹۰۱۴۵	۰.۶۸۱۷۹۸	۰.۷۴۷۶۰۵	۰.۰۲۳۹۳۰۰۲	۰.۰۴۵۷۳۳۰۵۶	۰.۰۲۹۳۲۱۰۰۶	۰.۰۰۵۹۱۶۳۵	۰.۰۳۳۱۱۸۶۴	۰.۰۰۱۹۸۵۲۷	۱۳۶
۰.۳۲۸۱۸۵	۰.۵۹۰۳۶۲	۰.۷۰۷۲۲۹	۰.۰۱۹۵۱۳۹۴۳	۰.۰۶۸۲۵۴۰۱۳	۰.۰۸۸۱۱۹۸۸۴	۰.۰۰۷۹۳۱۷۸	۰.۰۳۱۸۹۹۹۶	۰.۰۰۸۶۰۵۵۹	۱۳۷
۰.۴۰۰۶۸۴	۰.۶۱۳۰۶۱	۰.۶۷۱۴۵۱	۰.۰۱۱۳۷۵۶۶۶	۰.۰۵۷۴۰۴۱۳۳	۰.۰۵۹۳۷۳۰۲۵	۰.۰۰۷۷۰۹۳۵	۰.۰۴۱۴۶۱۱۸	۰.۰۰۳۶۲۰۱۷	۱۳۸
۰.۶۱۳۳۲۹	۰.۶۵۳۶۴۳	۰.۷۷۱۶۴۵	۰.۰۲۷۷۱۴۲۹۹	۰.۰۵۴۰۷۶۵۴۲	۰.۰۷۷۰۲۵۴۷۴	۰.۰۰۸۳۹۷۶۵	۰.۰۰۶۹۰۰۰۵	۰.۰۰۶۱۰۶۱۰	۱۳۹
۰.۶۱۲۱۳۹	۰.۷۱۳۳۷۳	۰.۶۶۲۵۱۷	۰.۰۶۰۸۰۳۷۶۷	۰.۰۵۳۴۶۴۵۵۹	۰.۰۳۶۶۱۸۷۶۶	۰.۰۰۵۰۵۴۶۸	۰.۰۰۷۷۳۷۷۴	۰.۰۰۱۵۸۹۵۴	۱۴۰

*در جدول ۲ تا ۵، میانگین خطای مطلق (MAE)، میانگین درصد خطای مطلق (MAPE)، و میانگین ریشه مربعات خطا (RMSE) می باشند. 1: تحلیل طیف تکین - بهینه سازی ازدحام ذرات - رگرسیون بردار پشتیبان؛ 2: تبدیل موجک - شبکه عصبی؛ 3: رگرسیون چندجمله ای؛ 4: نایو، 5: فرآیند میانگین متحرک خودرگرسیون.



شکل ۲. الف) مقایسه بر حسب مقادیر پیش بینی شده برای شش سهم انتخاب شده از ۱۴۰ سهم



شکل ۲. ب) مقایسه بر حسب مقادیر پیش بینی شده برای شش سهم انتخاب شده از ۱۴۰ سهم

درواقع، تحلیل طیف تکین-بهینه‌سازی ازدحام ذرات -رگرسیون بردار پشتیبان مؤثر است؛ اما برای مدل‌سازی داده‌ها در این پژوهش به زمان پردازش نسبتاً طولانی نیاز دارد. علت آن تنظیم صحیح پارامترها توسط بهینه‌سازی ازدحام ذرات و فرآیند یادگیری رگرسیون بردار پشتیبان است، با این وجود، بهینه‌سازی ازدحام ذرات همچنان روش بهینه‌سازی ترتیبی مؤثری در مقایسه با روش‌های بهینه‌سازی ترتیبی جایگزین است (لامیری، ۲۰۱۶). روش مرسوم که مبتنی بر تبدیل موجک-شبکه عصبی است و به طور گسترده در منابع علمی به کار می‌رود، نقایصی دارد. اول این که، تبدیل موجک به یک تابع موجک از پیش تعیین شده نیاز دارد. در این پژوهش، از دبشیز ۴ استفاده شده است، اگرچه سایر توابع را نیز می‌توان به کار برد و بررسی کرد که به پژوهشگران برای کارهای آتی پیشنهاد می‌گردد. دوم اینکه، شبکه عصبی برای به حداقل رساندن خطای آموزشی از اصل کمینه‌سازی ریسک تجربی استفاده می‌کند؛ در نتیجه، می‌توان آن را در بهینه‌موضعی (نسبی) به دست آورد. بعلاوه، عملکرد مدل تبدیل موجک -شبکه عصبی را می‌توان با استفاده از بهینه‌سازی ازدحام ذرات برای تنظیم پارامترهای شبکه عصبی و همچنین استفاده از ضرایب تقریبی و دقیق که توسط تبدیل موجک بعد از اعمال بر روی سری زمانی اصلی به دست آمده‌اند، به عنوان الگوهای پیش‌بینی بهبودبخشید (لامیری، ۲۰۱۴). همچنین می‌توان نشان داد که در این پژوهش مدل ساده نایو در پیش‌بینی قیمت‌های سهم در طول روز، مدلی ارزشمند است. پیاده‌سازی این مدل پیش‌بین بسیار ساده و مبتنی بر فرض آماری ساده است. از طرفی دلیل اینکه فرآیند میانگین متحرک خودرگرسیون اساساً مدلی خطی مبتنی بر فرض‌های آماری قوی است، بنابراین هنگام استفاده برای مدل‌سازی و پیش‌بینی قیمت‌های نوبل‌دار سهم در طول روز که در این پژوهش به کار رفته نتایج ضعیفی ارائه می‌دهد. در این پژوهش، با استفاده از تحلیل طیف تکین همراه با شبکه‌های عصبی و بهینه‌سازی ازدحام ذرات به غنی‌سازی کارهای قبلی درباره پیش‌بینی قیمت سهم کمک شد. به طور ویژه، یک سیستم پیش‌بین جدید هوشمند ارائه شد که می‌توان بر روی قیمت سهم در طول روز که شدیداً نوبل‌دار هستند به کار رود. نتایج در مقایسه با مدل‌های موجود متعدد از رضایت مندی بیشتری برخوردار است. درواقع، تحلیل سری‌زمانی، مدل‌سازی و پیش‌بینی موضوع جالب در کاربردهای مالی (لامیری، ۲۰۱۶)، و همچنین مهندسی محیط‌زیست، مهندسی مکانیک، و بیولوژی محاسباتی، و غیره است (سان^{۱۷} و همکاران، ۲۰۱۷، ۲۰۱۶).

بحث و نتیجه‌گیری

در این پژوهش، یک مدل پیش‌بینی جدید قیمت سهم را بر اساس تحلیل طیف تکین و رگرسیون بردار پشتیبان با بهینه‌سازی ازدحام ذرات و چهار روش دیگر که در پیش‌بینی قیمت بازار سهم به طور گسترده به کار می‌روند، مقایسه شد. یک مطالعه تجربی با سری زمانی قیمت بسته شده ۱۴۰ سهم از شرکت‌هایی در

ارائه مدلی برای پیش‌بینی سری زمانی قیمت‌های... / محمدی، سعیدی، طالبی نجف‌آبادی و الهی شیروان

صنایع مختلف برای دوره‌ای از ۲۸ اردیبهشت تا ۱۱ خرداد برای سال‌های ۱۳۹۲ تا ۱۳۹۸ بصورت جداگانه از بورس اوراق بهادار تهران مورد بررسی قرار گرفت. نتایج عملکرد پیش‌بینی نشان‌دادند که مدل پیش‌بینی ارائه شده برای همه سری‌های زمانی به کار رفته در این پژوهش (یعنی میانگین خطای مطلق، میانگین درصد خطای مطلق، و میانگین ریشه مربعات خطا) نتایج بهتر و قابل قبول تری را ارائه می‌دهد. در نتیجه، رویکرد ارائه‌شده؛ مبتنی بر تحلیل طیف تکین و رگرسیون بردار پشتیبان که برای آن‌ها از بهینه‌سازی ازدحام ذرات برای بهینه‌سازی پارامترها استفاده شده است؛ یک ابزار نویدبخش برای پیش‌بینی قیمت سهم در طول روز است زیرا قابلیت پیش‌بینی آن در ارتباط با به دست آوردن اطلاعات مخفی در سری زمانی مالی در طول روز درست مانند مؤلفه‌های روند و هارمونیک بی‌نظیر است.

منابع

- ۱) بدیعی، حسین؛ رضازاده، روح اله، محمودی، هادی. (۱۳۹۶). پیش‌بینی رفتار قیمتی سهام در بورس اوراق بهادار با استفاده از شبکه‌ی عصبی مصنوعی (مطالعه موردی شرکت پالایش نفت اصفهان)، فصلنامه مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار، دوره ۸، شماره ۳۱، صفحه ۱۶۷-۱۸۵.
- ۲) ۲) ملکیان، اسفندیار، فخاری، حسین؛ قاسمی، جمال، سروه فرزاد. (۱۳۹۷). پیش بینی خطر سقوط قیمت سهام با استفاده از روش های فرا ابتکاری (الگوریتم بهینه سازی حرکت تجمعی ذرات) و مقایسه با رگرسیون لوجستیک، فصلنامه مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار، دوره ۹، شماره ۳۶، پاییز ۱۳۹۷، صفحه ۲۲۵-۲۵۰.
- ۳) نوائیان، محمدرضا، وطن پرست، محمدرضا، سعیدی، هادی، محمدی، شعبان (۱۳۹۹). بررسی رفتار نامنظم قیمت سهام، انتظار سرمایه‌گذاران و بازده سهام با استفاده از روش لیاپونوف و کلموگروف و BDS در بورس اوراق بهادار تهران با تاکید بر کاپیولا گارچ و کاپیولا تی-گارچ، فصلنامه مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار، دوره ۱۱، شماره ۴۳، صفحه ۵۱۶-۵۳۷.
- ۴) وطن پرست، محمدرضا، اسدی، محمدی، بابایی، عباس. (۱۳۹۸). پیش‌بینی قیمت سهام بر اساس شبکه عصبی LM-BP و برآورد نقطه بیش از حد توسط شمارش فواصل زمانی: شواهدی از بورس اوراق بهادار، فصلنامه مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار، دوره ۱۰، شماره ۳۹، صفحه ۱۹۳-۲۱۸.
- 5) Aslam, F., Mughal, K.S., Ali, A. and Mohmand, Y.T. (2021), "Forecasting Islamic securities index using artificial neural networks: performance evaluation of technical indicators", *Journal of Economic and Administrative Sciences*, Vol. 37 No. 2, pp. 253-271.
- 6) Y.-P. Wu, G.-L. (2015). Feng, A new algorithm for seasonal precipitation forecast based on global atmospheric hydrological water budget, *Appl. Math. Comput.* 268, 478-488
- 7) X. Chen, J. Zhou, J. Xiao, X. Zhang, H. Xiao, W. Zhu, W. Fu. (2014). Fault diagnosis based on dependent feature vector and probability neural network for rolling element bearings, *Appl. Math. Comput.* 247, 835-847.
- 8) F. Sánchez Lasheras, P.J. García Nieto, F.J. de Cos Juez, J.A. Vilán Vilán. (2014). Evolutionary support vector regression algorithm applied to the prediction of the thickness of the chromium layer in a hard chromium plating process, *Appl. Math. Comput.* 227, 164-170.

- 9) S.G. Mallat,(1989) A theory for multiresolution signal decomposition: the wavelet representation, IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell. 11, 674–693.
- 10) H. Viljoen, D.G.(2010). Nel, Common singular spectrum analysis of several time series, J. Stat. Plan. Inference 40, 260–267.
- 11) A. Zhigljavsky.(2014).Singular spectrum analysis for time series, International Encyclopedia of Statistical Science, Springer Briefs in Statistics, pp. 1335–1337.
- 12) W.-K. Wong, E. Bai, A.W.-C. Chu. (2010). Adaptive time-variant models for fuzzy time-series forecasting, IEEE Trans. Syst. Man Cybern. Part B: Cybern. 40,1531–1542.
- 13) S.-M. Chen, N.-Y. Wang.(2010).Fuzzy forecasting based on fuzzy-trend logical relationship groups, IEEE Trans. Syst. Man Cybern. Part B: Cybern. 40, 1343–1358.
- 14) S.-M. Chen, G.M.T. Manalu, J.-S. Pan, H.-C. Liu.(2013). Fuzzy forecasting based on two-factor second-order fuzzy-trend logical relationship groups and particle swarm optimization techniques, IEEE Trans. Cybern. 43, 1102–1117.
- 15) V. Vapnik, S. Golowich, A. Smola(1996).Support vector machine for function approximation, regression estimation, and signal processing, Adv. Neural Inf. Process. Syst. 9, 281–287.
- 16) J. Kennedy, R.C. Eberhart.(1995).Particle swarm optimization, in: Proc. IEEE International Conference on Neural Networks, Perth, Australia, pp. 1942–1948.
- 17) V. Vapnik.(1995).The Nature of Statistical Learning Theory, Springer-Verlag, New York.
- 18) S. Lahmiri.(2014). Entropy-based technical analysis indicators selection for CAC40 fluctuations prediction using support vector machines, Fluct. Noise Lett. 13 ,1450013,doi:10.1142/S0219477514500138.
- 19) S. Lahmiri, M. Boukadoum.(2015). Intelligent ensemble forecasting system of stock market fluctuations based on symmetric and asymmetric wavelet functions, Fluct. Noise Lett. doi:10.1142/S0219477515500339.
- 20) H. Hassani,(2007).Singular spectrum analysis: Methodology and comparison, J. Data Sci. 5, 239–257.
- 21) Huang, Y., Deng, C., Zhang, X. and Bao, Y. (2020), "Forecasting of stock price index using support vector regression with multivariate empirical mode

- decomposition", *Journal of Systems and Information Technology*, Vol. ahead-of-print No. ahead-of-print.
- 22) A. Miranian, M. Abdollahzade, H. Hassani.(2013). Day-ahead electricity price analysis and forecasting by singular spectrum analysis, *IET Gener. Transmiss. Distrib.* 7, 337–346.
- 23) H. Hassani, A. Webster, E. Sirmal Silva, S. Heravi.(2015). Forecasting U.S. tourist arrivals using optimal singular spectrum analysis, *Tourism Manage.* 46, 322–335.
- 24) D.D. Thomakos, T. Wang, L.T. Wille.(2002). Modeling daily realized futures volatility with singular spectrum analysis, *Physica A* 312 (2002) 505–519.
- 25) S. Lahmiri(2016). Interest rate next-day variation prediction based on hybrid feedforward neural network, particle swarm optimization, and multiresolution techniques, *Physica A* 444,388–396.
- 26) S. Lahmiri(2014). Wavelet low- and high-frequency components as features for predicting stock prices with backpropagation neural networks, *J. King Saud Univ. – Comput. Inf. Sci.* 26, 218–227.
- 27) S. Lahmiri,(2017). Modeling and predicting historical volatility in exchange rate markets, *Physica A* 471, 387–395.
- 28) G.-Q. Sun, J.-H. Xie, S.-H. Huang, Z. Jin, M.-T. Li, L. Liu.(2017). Transmission dynamics of cholera: mathematical modeling and control strategies, *Commun. Nonlinear Sci. Numer. Simul.* 45, 235–244.
- 29) G.-Q. Sun, M. Jusup, Z. Jin, Y. Wang, Z. Wang.(2016). Pattern transitions in spatial epidemics: mechanisms and emergent properties, *Phys. Life Rev.* 19, 43–73.
- 30) A. Zhigljavsky.(2014). Singular spectrum analysis for time series, *International Encyclopedia of Statistical Science*, Springer Briefs in Statistics, 2014, pp. 1335–1337.
- 31) J. Fan, I. Gijbels(1996). Local polynomial modeling and its applications, *Monographs on Statistics and Applied Probability*, Chapman & Hall/CRC.

- 1 Wu & Feng
- 2 Sánchez Lasheras
- 3 Mallat
- 4 Viljoen
- 5 Zhigljavsky
- 6 Wong
- 7 Chen
- 8 Vapnik
- 9 Kennedy & Eberhart
- 10 Lahmiri
- 11 Miranian
- 12 Aslam
- 13 Huang
- 14 Fan & Gijbels

۱۵ تابعی است حقیقی، کران دار و مشتق پذیر که به ازای کلیه مقادیر حقیقی قابل تعریف بوده دارای مشتق مثبت است. این تابع به لحاظ گرافیکی شکلی شبیه حرف S انگلیسی و سیگما در یونانی دارد و دارای رابطه کلی زیر است:

$$S(t) = \frac{1}{1+e^{-t}}$$

- 16 Daubechies-4
- 17 Sun