



اندازه گیری خطای پیش بینی شاخص کل بورس تهران با استفاده از روش های سری زمانی فازی مرتبه چندگانه و آرما

ابراهیم عباسی^۱
محسن دستپاک^۲

تاریخ پذیرش: ۹۲/۳/۷

تاریخ دریافت: ۹۱/۱۱/۲۰

چکیده

هدف از این مطالعه پیش بینی شاخص کل بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از سری زمانی فازی مرتبه اول، دوم و سوم و روش آرما و آزمون دقت پیش بینی هر یک از این روش ها است. برای این منظور RMSE^۱ و مقادیر تعدیل شده آن را بر اساس سری زمانی فازی مرتبه چندگانه و مقادیر زمانی بین ۵ تا ۱۵ محاسبه و کمترین RMSE انتخاب شد. بر اساس این انتخاب شاخص کل بورس برای هر یک از سالهای دوره یازده ساله این مطالعه (۸۸-۱۳۷۸) به روش های فازی و فازی تعدیل شده و روش آرما و آرمای تعدیل شده محاسبه شد و با شاخص واقعی بازار مقایسه گردید. نتایج آزمون دایبولد ماریانو نشان داد که در ۷ سال از ۱۱ سال دوره مورد مطالعه خطای پیش بینی روش آرما کمتر از روش فازی است. اما در ۴ سال بقیه بین دقت پیش بینی دو روش تفاوت معنی داری مشاهده نشد.

واژه های کلیدی: شاخص کل بورس، فازی مرتبه چندگانه، آرما، خطای پیش بینی.

۱- عضو هیئت علمی دانشگاه الزهراء abbasiebrahim2000@yahoo.com
۲- کارشناسی ارشد مهندسی مالی، دانشگاه علوم اقتصادی mohsen.dastpak@ses.ac.ir

۱- مقدمه

موضوع پیش بینی شاخص کل بازار سهام مورد توجه تحلیل گران بنیادی و تکنیکی در سالهای گذشته است. محققان در سالهای اخیر توانسته اند به روش های خطی و غیر خطی شاخص بازار سهام را پیش بینی کنند. صحت و دقت این پیش بینی می تواند در تصمیمات خرید و فروش و مدیریت سرمایه گذاری مدیران صندوق های مشترک سرمایه گذاری و شرکت های سرمایه گذاری موثر باشد. نتایج تحقیقات گذشته در کشور های مختلف با استفاده از روش های تک متغیری، مدل های علی، سری های زمانی مانند خود رگرسیون، میانگین متحرک، خود رگرسیون میانگین متحرک (ARMA) و خود رگرسیون میانگین متحرک انباشته (ARIMA)، روش باکس-جنکینز و سری های زمانی فازی متفاوت است. از این رو این پژوهش به دنبال پاسخ به این سوال است که آیا روش سری زمانی فازی نسبت به روش باکس-جنکینز پیش بینی دقیق تری از شاخص کل بازار سهام ارائه می دهد؟ به همین دلیل هدف از این مطالعه پیش بینی شاخص بازار سهام با استفاده از روش های سریهای زمانی فازی مرتبه چند گانه و مقایسه آن با روش آرما است تا خطای پیش بینی هر یک اندازه گیری شود. در این پژوهش بعد از معرفی مبانی نظری و پیشینه پژوهش، سوالات تحقیق و آزمون های مربوطه انجام شده و در نهایت نتایج و پیشنهادات ارائه خواهد شد.

۲- مبانی نظری و مروری بر پیشینه پژوهش

تئوری مجموعه های فازی در زمینه های زیادی کاربرد دارد. یکی از این کاربردها در ارتباط با فرایند های پویا است که مشاهده آنها به صورت مقادیر زبانی است. به این فرایند های پویا سری زمانی فازی گویند. سری های زمانی فازی فرایند های پویای هستند و مشاهدات آنها مجموعه های فازی است. جهان مورد بحث مجموعه های فازی زیر مجموعه R هستند. مدل های سری زمانی معمولی کاربردی در توصیف این فرایند ها ندارند.

در اقتصاد روش های متعددی برای پیش بینی اقتصادی بر اساس سری های زمانی وجود دارد. مهمترین این روش ها عبارتند از:

• فرایند خود رگرسیون^۲

در این روش مقدار y_t در زمان t به مقدار آن در دوره های زمانی گذشته و یک جمله تصادفی بستگی دارد. این مدل بیانگر آن است که پیش بینی y در زمان t نسبتی از مقدار آن در زمان $(t-1)$ بعلاوه یک شوک تصادفی یا جمله اخلاص در زمان t است که به آن خود رگرسیون مرتبه اول گویند. اما اگر y_t در دوره t به دو دوره زمانی گذشته خود وابسته باشد آنگاه y_t فرایند خود رگرسیون مرتبه دوم خواهد بود.

• فرایند میانگین متحرک^۳

در این مدل y در زمان t برابر است با یک مقدار ثابت به علاوه یک میانگین متحرک از جملات خطای جاری و گذشته. در این حالت می‌گویند متغیر y از یک فرایند میانگین متحرک مرتبه اول تبعیت می‌کند. یک فرایند میانگین متحرک یک ترکیب خطی از جملات اخلاص جاری و دوره‌های گذشته است.

• فرایند خود رگرسیون میانگین متحرک^۴

در این فرایند احتمال اینکه سری زمانی y دارای ویژگی‌های هر دو فرایند خود رگرسیون و میانگین متحرک باشد زیاد است. آرما شامل یک فرایند خود رگرسیون مرتبه اول و یک فرایند میانگین متحرک مرتبه اول است. این فرایند دارای p مرتبه جمله رگرسیون و q مرتبه میانگین متحرک است.

• فرایند خود رگرسیون میانگین متحرک انباشته^۵

مدل‌های سری زمانی مذکور در بالا مبتنی بر این فرض بودند که سری‌های زمانی ساکن هستند. یعنی میانگین و واریانس سری‌های زمانی ثابت اند و کواریانس آنها در طول زمان تغییری نمی‌کند. اما بسیاری از سری‌های زمانی در اقتصاد ثابت نیستند. از جمله اینکه ARIMA از سری زمانی انباشته است. بنابراین اگر یک سری زمانی پس از d مرتبه پس از تفاضل‌گیری مرتبه اول ساکن شود و سپس آن را توسط فرایند ARMA(p, q) مدل‌سازی کنیم در این صورت سری زمانی اصلی، سری زمانی ARIMA(p, d, q) خواهد بود. که در آن p تعداد جملات خود رگرسیون و d تعداد دفعات تفاضل‌گیری مرتبه اول برای ساکن شدن سری زمانی و q تعداد جملات میانگین متحرک است.

• روش باکس-جنکینز

این روش در صدد پاسخ به این سوال است که چگونه می‌توان تشخیص داد یک سری زمانی از یک فرایند خود رگرسیون خالص یا فرایند میانگین متحرک خالص و یا از یک فرایند ARMA یا ARIMA پیروی می‌کند. این روش ۴ مرحله دارد:

تشخیص یا شناسایی، تخمین، کنترل تشخیصی و پیش‌بینی.

هیوارنگ و یو (۲۰۰۵) از مدل سری زمانی نوع دوم برای پیش‌بینی شاخص بورس سهام تایوان استفاده کرد. نتایج آنها نشان داد که مدل سری زمانی نوع دوم از کارایی بالاتری نسبت به سایر مدل‌ها در پیش‌بینی شاخص بورس دارد. نتیجه‌گیری آنها بر اساس معیار ارزیابی RMSE روی

داده های سالهای ۲۰۰۳-۲۰۰۰ بود. چنگ و همکارانش (۲۰۰۶) مدل جدیدی بر اساس بکار گیری وزن دهی بر اساس روند در مدل سری زمانی فازی ارائه دادند. آنها از داده های شاخص بورس تایوان استفاده کردند و به این نتیجه رسیدند که مدل پیشنهادی، خطای پیش بینی کمتری نسبت به دو مدل دیگر دارد. چن و همکارانش (۲۰۰۷) مدل جدیدی از سری های زمانی بر اساس توالی فیبوناچی برای پیش بینی قیمت سهام ارائه دادند. نتایج نشان داد که مدل پیشنهادی آنها از خطای پیش بینی کمتری نسبت به مدل های مورد مقایسه در مطالعه شان دارد. چن و همکارانش (۲۰۰۸) در پژوهش دیگری از سری های زمانی مرتبه بالاتر بر اساس مدل های تطبیقی چند دوره ای برای پیش بینی شاخص بازار سهام ارائه دادند. مقایسه مقدار RMSE روش های مورد مطالعه آنها نشان داد که RMSE روش پیشنهادی آنها کمتر از سایر روش ها است. بنابراین مدل بکار رفته از سایر مدل ها در پیش بینی شاخص بازار کارا تر بود. جیلانی و بورنی (۲۰۰۸) مدل جدیدی از سری زمانی فازی را ارائه دادند که در آن مجموعه جهانی بر پایه شدت فراوانی تقسیم شده بود. نتایج آنها نشان داد که مدل پیشنهادی در پیش بینی شاخص بورس تایوان کارا تر از سایر مدل های مورد مقایسه شان بود.

یو و هیوانگ (۲۰۰۸) یک نوع سری زمانی دو متغیری را برای پیش بینی شاخص سهام ارائه دادند. آنها مدل خود را با مدل های تک متغیری و دو متغیری دیگر مقایسه کردند و به این نتیجه رسیدند که این مدل از کارایی بالاتری نسبت به سایر مدل های برخوردار است. پژوهش چو و همکارانش (۲۰۰۹) به نقش حجم معامله در قیمت سهام ترتیب اثر دادند. آنها در پیش بینی شاخص سهام از سری های زمانی ۲ عاملی فازی استفاده کردند. برای مقایسه خطای پیش بینی شاخص توسط مدل های مورد مقایسه از معیار ارزیابی RMSE استفاده کردند. نتایج نشان داد که خطای پیش بینی مدل آنها کمتر از سایر مدل های بکار رفته بود. پژوهش ته اوه و و همکارانش (۲۰۰۹) مدل جدیدی از سری زمانی فازی اولیه دادند که در این مدل از تئوری مجموعه های نا دقیق برای استخراج روابط منطقی فازی استفاده کردند. نتایج آنها نشان داد که بر اساس معیار میانگین RMSE مدل پیشنهادی آنها دارای خطای کمتری نسبت به سایر مدل های مورد مقایسه برای پیش بینی شاخص بازار سهام بود. یو و هیورانگ (۲۰۱۰) در مدل پیشنهادی خود از درجات مختلف عضویت برای تدوین روابط منطقی فازی استفاده کردند. چون مدل آنها از تمام درجات عضویت برای به دست آوردن روابط استفاده شده بود لذا مدل آنها از کارایی بیشتری در پیش بینی شاخص سهام داشت. ونگ و تو (۲۰۱۰) مدل های سری زمانی آرما و آریمما، مدل سری زمانی فازی دو عاملی و سری زمانی فازی ذهنی را برای پیش بینی شاخص بورس سهام مورد مقایسه قرار دادند. نتایج نشان داد که مدل آریمما دارای کمترین خطای پیش

بینی است و در دوره‌های زمانی کوتاه مدت سری زمانی فازی بهتر جواب می‌دهد. تفاوت کمی در توانایی سری زمانی تک متغیره و دو متغیره در مدل دو عاملی وجود داشت. استفاده از متغیر ذهنی در مدل سری زمانی فازی ذهنی تاثیر زیادی در صحت پیش‌بینی نداشت.

در پژوهش‌های ایرانی، تحقیق تیموری اصل (۱۳۸۳) در پیش‌بینی شاخص بورس تهران با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی نشان داد که پیش‌بینی به روش شبکه‌های عصبی نتایج مناسبتری نسبت به روش خطی ARIMA دارد.

پژوهش افسر و احمدی (۱۳۸۵) در مقایسه روش‌های کلاسیک و هوش مصنوعی در پیش‌بینی شاخص بورس نشان داد که با طراحی روشی ترکیبی از روش‌های کلاسیک و هوش مصنوعی می‌توان عملکرد بهتری در پیش‌بینی شاخص بورس نسبت به روش کلاسیک و هوش مصنوعی به طور جداگانه داشت.

پژوهش مشیری و مروت (۱۳۸۵) در پیش‌بینی شاخص کل بازدهی سهام تهران با استفاده از مدل‌های خطی و غیرخطی نشان داد که با وجود بهتر بودن پیش‌بینی‌های مدل شبکه‌های عصبی نسبت به مدل‌هایی همچون ARIMA، ARFIMA و GARCH اما در کل، آزمون دایوولد ماریانو تفاوت معناداری را بین این پیش‌بینی‌ها نشان نمی‌دهد.

پژوهش عباسی و ایوبی (۱۳۹۰) نشان داد که پیش‌بینی قیمت سهام شرکت ایران خودرو با استفاده از روش‌های غیرخطی می‌تواند خطای برآورد قیمت سهام را کاهش دهد. بعلاوه استفاده از سیستم استنتاج عصبی - فازی انطباقی در کوتاه مدت و بلند مدت توانایی پیش‌بینی رفتار قیمت سهام شرکت ایران خودرو را دارد. نتایج نشان داد که افزایش تعداد توابع عضویت الزاما منجر به بهبود نتایج نمی‌شود. اما استفاده از توابع عضویت مثلثی امکان پیش‌بینی و مدل‌سازی را به نحو بهتری فراهم می‌کند.

۳- پرسش‌های پژوهش

- آیا شاخص کل بورس تهران با استفاده از روش سری زمانی فازی مرتبه اول، دوم و سوم قابل پیش‌بینی است؟
- آیا استفاده از روش سری زمانی فازی باعث افزایش دقت پیش‌بینی شاخص کل بورس تهران در مقایسه با روش آرما می‌شود؟

۴- روش شناسی پژوهش

جامعه آماری این پژوهش داده های مربوط به شاخص کل بورس اوراق بهادار تهران طی دوره ۱۱ ساله (۸۸-۱۳۷۸) است. برای هر سال داده ۱ به دو بخش آموزشی و آزمایشی تقسیم شدند. برای هر سال ۲۰ روز آخر سال به عنوان داده های آزمایشی و بقیه داده ها به عنوان داده های آموزشی بکار گرفته شدند. داده ها از سایت شرکت بورس جمع آوری شدند. از مقدار شاخص کل بورس تهران در هر روز به عنوان متغیر وابسته و از مقدار شاخص کل با تاخیر های زمانی متفاوت (برای سری فازی مراتب مختلف) به عنوان متغیر مستقل به کار رفته است. در سری زمانی فازی مرتبه دوم داده های روزانه با یک تاخیر و دو تاخیر زمانی به عنوان متغیر مستقل وارد مدل می شوند. اما در سری زمانی فازی مرتبه سوم داده های روزانه با یک، دو و سه تاخیر زمانی به عنوان متغیر مستقل از آنها استفاده می شود. مدل به کار رفته دارای ۳ بخش کلی به شرح زیر است:

پیش پردازش که شامل ۳ زیر بخش است:

- تعریف مجموعه جهانی: به عنوان مثال داده های شاخص کل بورس تهران در سال ۱۳۸۸ به عنوان مجموعه جهانی است که شاخص ۷۹۵۵ کوچکترین داده و شاخص ۱۲۵۸۲ بزرگترین داده به صورت زیر نمایش داده می شود.

$$u = [7955, 12582]$$

- تقسیم مجموعه جهانی به مقادیر زبانی مختلف: برای انتخاب طول فرجه مناسب تعدادی مقادیر زبانی مختلف مورد آزمایش قرار داده می شود. مقادیر زبانی در این مطالعه بین ۵ تا ۱۵ مورد آزمایش شدند و سپس بهترین آن براساس معیار RMSE انتخاب شدند. بعد از انتخاب تعداد مقادیر زبانی مناسب، مجموعه جهانی را به همان تعداد زیر مجموعه با فاصله مساوی تقسیم می کنیم و به هر کدام از بازه ها (زیر مجموعه ها) یک مقدار زبانی تخصیص می دهیم. به عنوان مثال بر اساس معیار RMSE بهترین مقدار زبانی برای سری زمانی فازی مرتبه اول برابر با ۱۲ و مقدار زبانی مناسب برای سری زمانی فازی مرتبه دوم برابر ۶ می باشد. مجموعه زبانی u را به ۱۲ فرجه با طول مساوی تقسیم کرده و به هر فرجه یک مقدار زبانی تخصیص می دهیم.

- تعریف مجموعه های فازی و فازی کردن سری زمانی: به عنوان مثال از آنجا که برای مدل سری زمانی فازی مرتبه اول در سال ۱۳۸۸ به تعداد ۱۲ مقدار زبانی داریم بنابراین ۱۲ مجموعه فازی برای آن تعریف می شود. برای فازی بودن داده های سری زمانی باید دید هر یک از مقادیر شاخص در کدام بازه مقادیر زبانی قرار می گیرد و آن بازه در کدام مجموعه فازی

دارای بالاترین درجه عضویت یعنی عدد یک است. سپس آن مقدار زبانی را به آن مقدار نسبت می‌دهیم.

ایجاد قوانین که شامل دو بخش زیر است:

- تدوین روابط منطقی فازی: چون از سری فازی مرتبه چندم استفاده می‌شود، رابطه بین هر مقدار شاخص با تاخیرهای زمانی مرتبه اول (برای سری فازی مرتبه اول) با تاخیر زمانی مرتبه یک و مرتبه دوم (برای سری فازی مرتبه دوم) را بدست می‌آوریم.
- استخراج قوانین از روابط منطقی فازی: برای این منظور از قوانین «اگر - آنگاه» استفاده می‌شود. به این صورت که یک مقدار شرط را با یک یا چند مقدار تصمیم ترکیب می‌شود. برای مثال قانون سوم ایجاد شده از روابط منطقی سری فازی مرتبه اول برای داده‌های ۱۳۸۸ به صورت زیر بدست آمده است:

اگر (شرط = A_3) آنگاه (تصمیم = $A_2[1]$ و $A_3[19]$)

یعنی در کل داده‌های آزمایشی زمانی که مقدار زبانی برابر با A_3 است در روز بعد از آن مقدار زبانی ۱۹ مرتبه برابر با A_3 و یک مرتبه برابر با A_2 می‌باشد. برای سهولت کار، قوانین استخراج شده را درون یک ماتریس قرار می‌دهیم. حال می‌بایست ماتریس‌های بدست آمده را به ماتریس‌های زمانی تبدیل کنیم. به این ترتیب که جمع هر سطر ماتریس را بدست آورده و عناصر هر سطر را تقسیم بر حاصل جمع بدست آمده از جمع عناصر سطر می‌کنیم.

پیش‌بینی که شامل ۲ بخش زیر است

- تولید پیش‌بینی زبانی بر پایه روابط منطقی فازی: در این مرحله پیش‌بینی زبانی بر پایه قوانین و وزن‌های نرمال شده انجام می‌شود.
- فازی زدایی: به منظور بدست آوردن پیش‌بینی عددی و تعدیل پیش‌بینی انجام می‌شود. در این پژوهش برای محاسبه خطاهای پیش‌بینی از روابط زیر استفاده شده است:

$$se = \sum_{i=1}^n (y_t - \hat{y}_t)$$

چون خطاهای پیش‌بینی تصادفی هستند لذا مجذور مقادیر خطاها از روابط RMSE زیر بدست آمده است:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n \frac{P_{(t)} - ForCast_{(t)}^2}{P_{(t)}}}{n}}$$

در این پژوهش از آزمون دایبولد ماریانو (Diebold and Mariano 1995) که از دقت بالاتری نسبت به RMSE برخوردار است نیز استفاده شده است. لذا برای مقایسه دقت و قدرت پیش بینی دو مدل از آزمون دایبولد ماریانو استفاده شده است. آماره آزمون به صورت زیر است:

$$S = \frac{\bar{d}}{\sqrt{V(\bar{d})^2}}$$

$$\bar{d} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n d_t$$

$$V(\bar{d}) = \frac{1}{n} \left[\hat{\gamma} + 2 \sum_{k=1}^{h-1} \hat{\gamma}_k \right]$$

$$\hat{\gamma}_k = \frac{1}{n} \sum_{t=k+1}^n (d_t - \bar{d})$$

دایبولد و ماریانو نشان دادند که با فرضیه صفر که بیانگر تساوی دقت پیش بینی دو مدل است، اگر s تقریباً دارای توزیع نرمال باشد بنابراین $s \sim N(0,1)$ در سطح اطمینان ۹۵ درصد اگر آماره آزمون یعنی $|S| < 1.96$ باشد آنگاه فرضیه صفر رد می شود. در این پژوهش از نرم افزار MATLAB و EViews برای تجزیه و تحلیل داده ها استفاده شده است.

۵- نتایج پژوهش

آزمون پرسش اول

انتخاب مقادیر زبانی مناسب در بالا بردن صحت پیش بینی تاثیر زیادی دارد. لذا از مقادیر زبانی مختلفی بین ۵ تا ۱۵ استفاده شده است. انتخاب مقادیر زبانی بین ۵ تا ۱۵ به این دلیل است که تعداد مقادیر زبانی نباید کم یا زیاد باشد. زیرا اگر مقادیر زبانی خیلی کم باشد نوسانات بسیار ناچیز می شود و اگر تعداد مقادیر زبانی زیاد باشد مفهوم سری زمانی فازی خدشه دار می شود و به سری زمانی معمولی تبدیل می شود. مقادیر زبانی بین ۵ تا ۱۵ را برای هر یک از روش های سری زمانی فازی مراتب ۱ تا ۳ و همچنین روش های تعدیل شده این مراتب و مقدار RMSE مربوط به هر یک در جدول ۱ آمده است. براساس روش سری زمانی فازی مراتب ۱ تا ۳ و مقادیر زبانی مختلف آن روش آنگاه مقداری برای پیش بینی شاخص کل بورس در هر سال انتخاب می شود که کمترین مقدار RMSE را داشته باشد. در جدول ۱ به منظور تعیین تعداد مقادیر زبانی مناسب، تعداد مقادیر زبانی بین ۵ تا ۱۵ را برای روش های سری زمانی فازی مراتب ۱ تا ۳ محاسبه شده

است. برای هر یک از مقادیر زبانی مقدار RMSE و مقدار تعدیل شده آن برای هر یک از سری زمانی فازی مراتب ۱ تا ۳ محاسبه شده است. کمترین مقدار RMSE برای هر یک از روش های سری زمانی فازی مراتب ۱ تا ۳ و روش تعدیل شده آنها در ردیف پایین جدول برای سالهای ۸۸-۱۳۷۸ نشان داده شده است. طبق این جدول برای سال ۱۳۸۸ روش سری زمانی فازی مرتبه اول با مقدار زبانی برابر ۱۲ دارای کمترین مقدار RMSE در بین سه سری زمانی فازی مراتب ۱ تا ۳ (۰.۰۱۲۳) و در بین روش های تعدیل شده سری زمانی فازی مراتب ۱ تا ۳ (۰.۰۰۴۹) برخوردار است. برای سال ۱۳۸۷ روش سری زمانی فازی مرتبه دوم و سوم با مقدار زبانی برابر با ۱۵ دارای کمترین مقدار RMSE (۰.۰۲۲۰) است. برای سال ۱۳۸۶ روش سری زمانی فازی مرتبه اول با مقدار زبانی برابر با ۱۳ دارای کمترین مقدار RMSE (۰.۰۰۴۹) است. برای سال ۱۳۸۵ روش سری زمانی فازی مرتبه اول با مقدار زبانی معادل با ۱۳ دارای کمترین مقدار RMSE (۰.۰۰۳۸) است. برای سال ۱۳۸۴ روش سری زمانی فازی مرتبه دوم با مقدار زبانی معادل ۱۵ دارای کمترین مقدار RMSE (۰.۰۱۱۰) است. برای سال ۱۳۸۳ روش سری زمانی فازی مرتبه اول با مقدار زبانی برابر با ۱۳ دارای کمترین مقدار RMSE (۰.۰۰۸۳) است. برای سال ۱۳۸۲ روش سری زمانی فازی مرتبه اول با مقدار زبانی معادل با ۱۵ دارای کمترین مقدار RMSE (۰.۰۱۴۰) است. برای سال ۱۳۸۱ سری زمانی فازی مرتبه اول با مقدار زبانی معادل ۱۳ از کمترین مقدار RMSE (۰.۰۱۰۳) برخوردار است. برای سال ۱۳۸۰ سری زمانی فازی مرتبه اول با مقدار زبانی ۱۵ دارای کمترین مقدار RMSE (۰.۰۰۶۹) است. برای سال ۱۳۷۹ روش سری زمانی فازی مرتبه اول با مقدار زبانی برابر ۱۵ دارای کمترین مقدار RMSE (۰.۰۱۱۹) است. برای سال ۱۳۷۸ روش سری زمانی فازی مرتبه اول با مقدار زبانی برابر ۱۵ دارای کمترین مقدار RMSE (۰.۰۰۱۴۳) است.

جدول ۱ - مقادیر RMSE

سال	تعداد مقدار زبانی	سری زمانی فازی مرتبه اول		سری زمانی فازی مرتبه دوم		سری زمانی فازی مرتبه سوم	
		RMSE	RMSE adjust	RMSE	RMSE adjust	RMSE	RMSE adjust
۸۸	5	0.0220	0.0049	0.1552	0.0050	0.1552	0.0050
	6	0.0211	0.0049	0.1345	0.0050	0.1374	0.0050
	7	0.0195	0.0049	0.1680	0.0050	0.1706	0.0050
	8	0.0189	0.0049	0.1493	0.0050	0.1510	0.0050
	9	0.0170	0.0049	0.1997	0.0050	0.1999	0.0050
	10	0.0147	0.0049	0.1767	0.0050	0.1769	0.0050
	11	0.0135	0.0049	0.1575	0.0050	0.1582	0.0050
	12	0.0123	0.0049	0.1597	0.0050	0.1613	0.0050

سال	تعداد مقدار زبانی	سری زمانی فازی مرتبۀ سوم		سری زمانی فازی مرتبۀ دوم		سری زمانی فازی مرتبۀ اول		
		RMSE	RMSE adjust	RMSE	RMSE adjust	RMSE	RMSE adjust	
	13	0.1930	0.0050	0.1914	0.0050	0.0128	0.0049	
	14	0.1909	0.0050	0.1896	0.0050	0.0130	0.0049	
	15	0.1641	0.0050	0.1628	0.0050	0.0131	0.0049	
	min	0.1374	0.0050	0.1345	0.0050	0.0123	0.0049	
۸۷	5	0.0601	0.0050	0.0601	0.0050	0.0617	0.0050	
	6	0.0505	0.0050	0.0505	0.0050	0.0519	0.0050	
	7	0.0436	0.0050	0.0436	0.0050	0.0449	0.0050	
	8	0.0385	0.0050	0.0385	0.0050	0.0397	0.0050	
	9	0.0346	0.0050	0.0346	0.0050	0.0358	0.0050	
	10	0.0316	0.0049	0.0316	0.0049	0.0326	0.0050	
	11	0.0290	0.0049	0.0290	0.0049	0.0303	0.0049	
	12	0.0269	0.0049	0.0269	0.0049	0.0283	0.0049	
	13	0.0252	0.0049	0.0252	0.0049	0.0265	0.0049	
	14	0.0234	0.0049	0.0234	0.0049	0.0247	0.0049	
	15	0.0220	0.0049	0.0220	0.0049	0.0235	0.0049	
	min	0.0220	0.0049	0.0220	0.0049	0.0235	0.0049	
	۸۶	5	0.0545	0.0029	0.0545	0.0029	0.0058	0.0029
		6	0.0612	0.0029	0.0612	0.0029	0.0080	0.0029
		7	0.0577	0.0029	0.0578	0.0029	0.0084	0.0029
8		0.0537	0.0029	0.0537	0.0029	0.0082	0.0029	
9		0.0574	0.0029	0.0574	0.0029	0.0061	0.0029	
10		0.0565	0.0029	0.0564	0.0029	0.0056	0.0029	
11		0.0709	0.0029	0.0709	0.0029	0.0065	0.0029	
12		0.0581	0.0029	0.0580	0.0029	0.0073	0.0029	
13		0.0650	0.0029	0.0649	0.0029	0.0049	0.0029	
14		0.0568	0.0029	0.0566	0.0029	0.0060	0.0029	
15		0.0644	0.0029	0.0640	0.0029	0.0065	0.0029	
min		0.0537	0.0029	0.0537	0.0029	0.0049	0.0029	
۸۵		5	0.0526	0.0027	0.0524	0.0027	0.0077	0.0027
		6	0.0493	0.0027	0.0500	0.0027	0.0058	0.0027
		7	0.0458	0.0027	0.0459	0.0027	0.0058	0.0027
	8	0.0572	0.0027	0.0576	0.0027	0.0060	0.0027	
	9	0.0549	0.0027	0.0551	0.0027	0.0046	0.0027	
	10	0.0482	0.0027	0.0487	0.0027	0.0049	0.0027	
	11	0.0422	0.0027	0.0426	0.0027	0.0043	0.0027	
	12	0.0483	0.0027	0.0488	0.0027	0.0040	0.0027	
	13	0.0456	0.0027	0.0460	0.0027	0.0038	0.0027	
	14	0.0436	0.0027	0.0440	0.0027	0.0045	0.0027	
	15	0.0431	0.0027	0.4290	0.0027	0.0052	0.0027	

سال	تعداد مقدار زبانی	سری زمانی فازی مرتبه سوم		سری زمانی فازی مرتبه دوم		سری زمانی فازی مرتبه اول		
		RMSE	RMSE adjust	RMSE	RMSE adjust	RMSE	RMSE adjust	
۸۴	min	0.0422	0.0027	0.0426	0.0027	0.0038	0.0027	
	5	0.0295	0.0067	0.0295	0.0067	0.0301	0.0067	
	6	0.0250	0.0067	0.0250	0.0067	0.0255	0.0067	
	7	0.0211	0.0067	0.0211	0.0067	0.0216	0.0067	
	8	0.0188	0.0067	0.0188	0.0067	0.0192	0.0067	
	9	0.0166	0.0067	0.0166	0.0067	0.0170	0.0067	
	10	0.0151	0.0067	0.0151	0.0067	0.0155	0.0067	
	11	0.0139	0.0067	0.0139	0.0067	0.0147	0.0067	
	12	0.0129	0.0067	0.0129	0.0067	0.0133	0.0067	
	13	0.0122	0.0067	0.0122	0.0067	0.0129	0.0067	
	14	0.0115	0.0067	0.0115	0.0067	0.0119	0.0067	
	15	min	0.0110	0.0067	0.0110	0.0067	0.0113	0.0067
	۸۳	5	0.0110	0.0067	0.0110	0.0067	0.0113	0.0067
		6	0.0143	0.0051	0.0146	0.0051	0.0145	0.0051
		7	0.0372	0.0051	0.0392	0.0051	0.0134	0.0051
8		0.0201	0.0051	0.0217	0.0051	0.0106	0.0051	
9		0.0338	0.0051	0.0359	0.0051	0.0117	0.0051	
10		0.0342	0.0051	0.0358	0.0051	0.0094	0.0051	
11		0.0291	0.0051	0.0307	0.0051	0.0101	0.0051	
12		0.0261	0.0051	0.0289	0.0051	0.0117	0.0051	
13		0.0403	0.0051	0.0417	0.0051	0.0103	0.0051	
14		0.0387	0.0051	0.0404	0.0051	0.0083	0.0051	
15		0.0316	0.0051	0.0334	0.0051	0.0099	0.0051	
min		0.0371	0.0051	0.0387	0.0051	0.0097	0.0051	
۸۲		5	0.0143	0.0051	0.0146	0.0051	0.0083	0.0051
		6	0.2574	0.0047	0.2574	0.0048	0.0474	0.0047
		7	0.2198	0.0047	0.2198	0.0048	0.0382	0.0047
	8	0.2484	0.0047	0.2484	0.0048	0.0318	0.0047	
	9	0.2890	0.0047	0.2890	0.0048	0.0271	0.0047	
	10	0.2659	0.0047	0.2659	0.0048	0.0239	0.0047	
	11	0.2383	0.0047	0.2383	0.0048	0.0216	0.0047	
	12	0.2408	0.0047	0.2408	0.0048	0.0185	0.0047	
	13	0.2736	0.0047	0.2736	0.0048	0.0168	0.0047	
	14	0.2659	0.0047	0.2659	0.0048	0.0161	0.0047	
	15	Min	0.2659	0.0047	0.2659	0.0048	0.0149	0.0047
	۸۱	5	0.2291	0.0047	0.2291	0.0048	0.0140	0.0047
		6	0.2198	0.0047	0.2198	0.0048	0.0140	0.0047
	۸۱	5	0.1041	0.0057	0.1042	0.0057	0.0232	0.0058
		6	0.1299	0.0057	0.1297	0.0057	0.0180	0.0058

سال	تعداد مقدار زبانی	سری زمانی فازی مرتبۀ سوم		سری زمانی فازی مرتبۀ دوم		سری زمانی فازی مرتبۀ اول		
		RMSE	RMSE adjust	RMSE	RMSE adjust	RMSE	RMSE adjust	
۸۰	7	0.1038	0.0057	0.1039	0.0057	0.0125	0.0058	
	8	0.1223	0.0057	0.1220	0.0057	0.0119	0.0058	
	9	0.1247	0.0057	0.1263	0.0057	0.0133	0.0058	
	10	0.1182	0.0057	0.1182	0.0057	0.0142	0.0058	
	11	0.1114	0.0057	0.1126	0.0057	0.0109	0.0058	
	12	0.1157	0.0057	0.1157	0.0057	0.0111	0.0058	
	13	0.1235	0.0057	0.1247	0.0057	0.0103	0.0058	
	14	0.1162	0.0057	0.1162	0.0057	0.0105	0.0058	
	15	0.1135	0.0057	0.1145	0.0057	0.0118	0.0058	
		Min	0.1038	0.0057	0.1039	0.0057	0.0103	0.0058
	5	0.0915	0.0026	0.0915	0.0026	0.0176	0.0026	
	6	0.1053	0.0026	0.1053	0.0026	0.0144	0.0026	
	7	0.0932	0.0026	0.0932	0.0026	0.0123	0.0026	
	8	0.1031	0.0026	0.1031	0.0026	0.0107	0.0026	
	9	0.1051	0.0026	0.1051	0.0026	0.0095	0.0026	
10	0.1002	0.0026	0.1002	0.0026	0.0088	0.0026		
11	0.1081	0.0026	0.1081	0.0026	0.0081	0.0026		
12	0.1076	0.0026	0.1076	0.0026	0.0077	0.0026		
13	0.1045	0.0026	0.1045	0.0026	0.0074	0.0026		
14	0.0987	0.0026	0.0987	0.0026	0.0071	0.0026		
15	0.1049	0.0026	0.1049	0.0026	0.0069	0.0026		
	min	0.0915	0.0026	0.0915	0.0026	0.0069	0.0026	
۷۹	5	0.1235	0.0026	0.1235	0.0025	0.0267	0.0025	
	6	0.1434	0.0026	0.1434	0.0025	0.0232	0.0025	
	7	0.1247	0.0026	0.1247	0.0025	0.0205	0.0025	
	8	0.1256	0.0026	0.1256	0.0025	0.0191	0.0025	
	9	0.1454	0.0026	0.1454	0.0025	0.0178	0.0025	
	10	0.1346	0.0026	0.1346	0.0025	0.0159	0.0025	
	11	0.1277	0.0026	0.1277	0.0025	0.0148	0.0025	
	12	0.1130	0.0026	0.1130	0.0025	0.0138	0.0025	
	13	0.1283	0.0026	0.1283	0.0025	0.0132	0.0025	
	14	0.1304	0.0026	0.1304	0.0025	0.0126	0.0025	
	15	0.1314	0.0026	0.1314	0.0025	0.0119	0.0025	
		Min	0.1130	0.0026	0.1130	0.0025	0.0119	0.0025
	۷۸	5	0.1422	0.0025	0.1422	0.0025	0.0330	0.0024
		6	0.1387	0.0025	0.1387	0.0025	0.0283	0.0024
		7	0.1450	0.0025	0.1450	0.0025	0.0250	0.0024
8		0.1439	0.0025	0.1439	0.0025	0.0225	0.0023	
9		0.1432	0.0025	0.1432	0.0025	0.0206	0.0023	

سال	تعداد مقدار زبانی	سری زمانی فاز مرتبه اول		سری زمانی فاز مرتبه دوم		سری زمانی فاز مرتبه سوم	
		RMSE	RMSE adjust	RMSE	RMSE adjust	RMSE	RMSE adjust
	10	0.0190	0.0023	0.1566	0.0025	0.1566	0.0025
	11	0.0177	0.0023	0.1476	0.0025	0.1476	0.0025
	12	0.0166	0.0023	0.1479	0.0025	0.1479	0.0025
	13	0.0157	0.0023	0.1476	0.0025	0.1476	0.0025
	14	0.0149	0.0023	0.1524	0.0025	0.1524	0.0025
	15	0.0143	0.0023	0.1466	0.0025	0.1466	0.0025
	Min	0.0143	0.0023	0.1387	0.0025	0.1387	0.0025

در مرحله بعد مقادیر واقعی شاخص کل بازار با مقادیر پیش بینی شده توسط چهار روش آرما، فاز، آرمای تعدیل شده و فاز تعدیل شده در جدول ۲ با یکدیگر مقایسه شده اند. روش آرما براساس روش باکس-جنکینز محاسبه شده است. در این جدول مقادیر واقعی ۲۰ داده آخر شاخص کل و ۲۰ مقدار پیش بینی شده متناسب با مقدار زبانی مناسب هر سال (مثلا برای سال ۱۳۸۸ با مقدار زبانی برابر با ۱۲ و برای سال ۱۳۷۸ با مقدار زبانی معادل ۱۵) و با سری زمانی مناسب هر سال (مثلا برای سال ۱۳۸۸ با سری زمانی فاز مرتبه اول و برای سال ۱۳۷۸ نیز با سری زمانی فاز مرتبه اول) به چهار روش آرما، آرمای تعدیل شده، فاز و فاز تعدیل شده آمده است.

جدول ۲

سال	مقادیر واقعی	پیش بینی آرما	پیش بینی تعدیل شده آرما	پیش بینی سری زمانی فازی	پیش بینی سری زمانی فازی	درصد انحراف آرما	درصد انحراف تعدیلی	درصد انحراف سری زمانی فازی	درصد انحراف سری زمانی تعدیلی
۸۸	11,819	11809	11774.03	11605.36	11773.83	0.086	0.380	1.808	0.382
	11,929	11836	11819.02	11605.36	11818.79	0.776	0.922	2.713	0.924
	12,009	11848	11928.92	11992.62	11929.06	1.339	0.667	0.166	0.666
	12,010	11880	12008.87	11992.62	12008.98	1.079	0.009	0.169	0.008
	11,993	11903	12009.89	11990.18	12009.98	0.750	-0.141	0.024	-0.142
	11,964	11920	11992.93	11990.66	11993.00	0.368	-0.242	-0.223	-0.242
	12,009	11947	11963.98	11991.10	11964.03	0.516	0.375	0.149	0.374
	12,049	11968	12008.96	11991.52	12008.98	0.676	0.332	0.477	0.332

سال	مقادیر واقعی	پیش بینی آرما	پیش بینی تعدیل شده آرما	پیش بینی سری زمانی فازی	پیش بینی تعدیل شده سری زمانی فازی	درصد انحراف آرما	درصد انحراف آرمای تعدیلی	درصد انحراف سری زمانی فازی	درصد انحراف سری زمانی فازی تعدیلی
	12,111	11995	12048.95	11991.91	12048.94	0.957	0.512	0.983	0.512
	12,133	12020	12110.91	11992.27	12110.88	0.933	0.182	1.160	0.182
	12,221	12049	12132.92	11992.62	12132.86	1.405	0.721	1.869	0.721
	12,249	12077	12220.86	11992.62	12220.77	1.402	0.230	2.093	0.230
	12,307	12097	12248.85	12348.47	12249.10	1.703	0.470	-0.337	0.473
	12,429	12130	12306.82	12350.50	12307.04	2.406	0.981	0.632	0.983
	12,447	12154	12428.72	12352.33	12428.92	2.356	0.145	0.761	0.147
	12,440	12180	12446.73	12354.00	12446.91	2.087	-0.056	0.691	-0.054
	12,549	12215	12439.78	12355.52	12439.92	2.661	0.869	1.542	0.870
	12,534	12240	12548.69	12356.92	12548.81	2.344	-0.118	1.413	-0.117
	12,500	12271	12533.74	12358.20	12533.82	1.836	-0.271	1.134	-0.270
	12,537	12299	12499.80	12359.38	12499.86	1.900	0.296	1.417	0.297
	8,390	8,400	8412.99	8563.00	8413.15	-0.113	-0.276	-2.062	-0.274
	8,377	8,384	8389.99	8541.00	8390.15	-0.079	-0.157	-1.958	-0.155
	8,356	8,367	8376.99	8528.00	8377.15	-0.134	-0.253	-2.058	-0.251
	8,297	8,342	8355.99	8508.00	8356.15	-0.543	-0.713	-2.543	-0.711
	8,266	8,318	8297.02	8451.00	8297.15	-0.632	-0.377	-2.238	-0.375
	8,249	8,299	8266.03	8421.00	8266.16	-0.610	-0.208	-2.085	-0.206
	8,243	8,274	8249.02	8405.00	8249.16	-0.374	-0.075	-1.965	-0.073
	8,227	8,247	8243.00	8399.00	8243.16	-0.242	-0.196	-2.091	-0.195
	8,216	8,227	8227.00	8390.45	8227.16	-0.130	-0.136	-2.123	-0.134
	8,201	8,202	8215.99	8380.28	8216.16	-0.014	-0.185	-2.186	-0.183
	8,185	8,174	8200.97	8365.50	8201.16	0.135	-0.197	-2.205	-0.195
	8,134	8,152	8184.97	8352.55	8185.17	-0.226	-0.629	-2.687	-0.627
	8,111	8,129	8134.00	8293.00	8134.16	-0.224	-0.286	-2.244	-0.284
	8,096	8,100	8110.99	8271.00	8111.16	-0.055	-0.187	-2.162	-0.185
	8,126	8,077	8095.98	8257.00	8096.16	0.599	0.367	-1.612	0.369
	8,130	8,055	8125.93	8257.00	8126.13	0.920	0.048	-1.562	0.050
	8,120	8,027	8129.90	8257.00	8130.13	1.150	-0.125	-1.687	-0.122

سال	مقادیر واقعی	پیش‌بینی آرما	پیش‌بینی تعدیل شده آرما	پیش‌بینی سری زمانی فاز	پیش‌بینی تعدیل شده سری زمانی فاز	درصد انحراف آرما	درصد انحراف آرمای تعدیلی	درصد انحراف سری زمانی فاز	درصد انحراف سری زمانی فاز تعدیلی
	7,977	8,002	8119.88	8257.00	8120.14	-0.312	-1.791	-3.510	-1.794
	7,972	7,980	7977.00	8142.00	7977.17	-0.105	-0.063	-2.132	-0.065
	10,029	10,069	10037.03	10025.71	10036.99	-0.397	-0.080	0.033	-0.080
	10,025	10,070	10029.04	10026.20	10029.00	-0.448	-0.040	-0.012	-0.040
	10,041	10,071	10025.05	10026.63	10025.00	-0.303	0.159	0.143	0.159
	10,041	10,074	10041.03	10027.00	10040.99	-0.324	-0.000	0.139	0.000
	10,062	10,076	10041.04	10027.33	10040.99	-0.142	0.208	0.345	0.209
	10,011	10,079	10062.02	10027.63	10061.97	-0.684	-0.510	-0.166	-0.509
	9,960	10,083	10011.07	10027.90	10011.02	-1.237	-0.513	-0.682	-0.512
	9,920	10,088	9960.13	10027.90	9960.07	-1.689	-0.405	-1.088	-0.404
	9,890	10,092	9920.17	9941.20	9920.02	-2.046	-0.305	-0.518	-0.304
	9,910	10,098	9890.21	9940.27	9890.05	-1.893	0.200	-0.305	0.201
	9,930	10,103	9910.19	9939.50	9910.03	-1.746	0.199	-0.096	0.201
	9,978	10,110	9930.18	9938.85	9930.01	-1.320	0.479	0.392	0.481
	10,023	10,116	9978.14	9938.29	9977.96	-0.932	0.448	0.845	0.449
	10,050	10,124	10023.10	9938.29	10022.92	-0.732	0.268	1.112	0.269
	10,032	10,131	10050.08	10023.73	10049.97	-0.989	-0.180	0.082	-0.179
	10,035	10,139	10032.11	10024.13	10031.99	-1.039	0.029	0.108	0.030
	10,018	10,148	10035.11	10024.50	10034.99	-1.295	-0.171	-0.065	-0.170
	10,031	10,157	10018.14	10024.84	10018.01	-1.251	0.128	0.061	0.130
	10,053	10,166	10031.13	10025.15	10030.99	-1.121	0.218	0.277	0.219
	10,082	10,175	10053.12	10025.44	10052.97	-0.925	0.286	0.561	0.288
	9,937	9,954	9936.02	9962.15	9936.03	-0.172	0.010	-0.253	0.010
	9,940	9,967	9937.03	9962.14	9937.03	-0.270	0.030	-0.223	0.030
	9,950	9,979	9940.04	9962.13	9940.02	-0.294	0.100	-0.122	0.100
	9,962	9,991	9950.04	9962.13	9950.01	-0.293	0.120	-0.001	0.120
	9,965	10,003	9962.04	9962.12	9962.00	-0.379	0.030	0.029	0.030
	9,893	10,014	9965.05	9962.11	9965.00	-1.224	-0.728	-0.699	-0.728
	9,896	10,025	9893.13	9962.11	9893.07	-1.304	0.029	-0.668	0.030

سال	مقادیر واقعی	پیش بینی آرما	پیش بینی تعدیل شده آرما	پیش بینی سری زمانی فاززی	پیش بینی تعدیل شده سری زمانی فاززی	درصد انحراف آرما	درصد انحراف آرمای تعدیلی	درصد انحراف سری زمانی فاززی	درصد انحراف سری زمانی فاززی تعدیلی
	9,887	10,036	9896.14	9884.83	9895.99	-1.504	-0.092	0.022	-0.091
	9,894	10,046	9887.16	9884.85	9887.00	-1.538	0.069	0.093	0.071
	9,916	10,056	9894.16	9884.86	9893.99	-1.414	0.220	0.314	0.222
	9,912	10,066	9916.15	9884.87	9915.97	-1.555	-0.042	0.274	-0.040
	9,909	10,076	9912.16	9884.88	9911.97	-1.683	-0.032	0.243	-0.030
	9,905	10,085	9909.18	9884.88	9908.98	-1.820	-0.042	0.203	-0.040
	9,895	10,094	9905.19	9884.89	9904.98	-2.016	-0.103	0.102	-0.101
	9,885	10,104	9895.21	9884.89	9894.99	-2.211	-0.103	0.001	-0.101
	9,801	10,112	9885.23	9884.90	9885.00	-3.177	-0.859	-0.856	-0.857
	9,801	10,121	9801.32	9884.90	9801.08	-3.266	-0.003	-0.856	-0.001
	9,794	10,130	9801.33	9816.75	9801.02	-3.427	-0.075	-0.232	-0.072
	9,799	10,138	9794.34	9815.67	9794.02	-3.460	0.048	-0.170	0.051
	9,821	10,146	9799.35	9814.80	9799.02	-3.312	0.220	0.063	0.224
	9,869	9,875	9868.01	9898.85	9868.03	-0.061	0.010	-0.302	0.010
	9,868	9,870	9869.00	9898.56	9869.03	-0.020	-0.010	-0.310	-0.010
	9,869	9,856	9868.01	9898.29	9868.03	0.131	0.010	-0.297	0.010
	9,868	9,847	9869.02	9898.03	9869.03	0.214	-0.010	-0.304	-0.010
	9,869	9,832	9868.04	9897.80	9868.03	0.378	0.010	-0.292	0.010
	9,855	9,818	9869.05	9897.58	9869.03	0.375	-0.143	-0.432	-0.142
	9,859	9,806	9855.05	9897.38	9855.04	0.536	0.040	-0.389	0.040
	9,853	9,789	9859.07	9897.18	9859.04	0.651	-0.062	-0.448	-0.061
	9,842	9,776	9853.08	9897.00	9853.04	0.675	-0.113	-0.559	-0.112
	9,837	9,761	9842.08	9896.83	9842.05	0.776	-0.052	-0.608	-0.051
	9,835	9,743	9837.09	9896.67	9837.06	0.936	-0.021	-0.627	-0.021
	9,839	9,729	9835.11	9896.51	9835.06	1.115	0.040	-0.585	0.040
	9,838	9,712	9839.13	9896.37	9839.06	1.283	-0.011	-0.593	-0.011
	9,831	9,695	9838.14	9896.23	9838.06	1.387	-0.073	-0.664	-0.072
	9,826	9,680	9831.15	9896.10	9831.07	1.489	-0.052	-0.713	-0.052
	9,823	9,661	9826.17	9895.98	9826.07	1.653	-0.032	-0.743	-0.031

سال	مقادیر واقعی	پیش‌بینی آرما	پیش‌بینی تعدیل شده آرما	پیش‌بینی سری زمانی فاز	پیش‌بینی تعدیل شده سری زمانی فاز	درصد انحراف آرما	درصد انحراف آرما تعدیلی	درصد انحراف سری زمانی فاز تعدیلی
	9,821	9,644	9823.18	9895.86	9823.07	1.800	-0.022	-0.021
	9,820	9,627	9821.19	9895.74	9821.07	1.962	-0.012	-0.011
	9,726	9,608	9820.21	9895.64	9820.08	1.214	-0.969	-0.967
	9,460	9,592	9726.13	9835.07	9726.11	-1.392	-2.813	-2.813
	12,691	12,705	12733.97	12865.54	12734.13	-0.108	-0.339	-0.340
	12,649	12,695	12691.00	12664.00	12690.97	-0.367	-0.332	-0.332
	12,505	12,674	12649.03	12664.00	12649.02	-1.354	-1.152	-1.152
	12,482	12,651	12505.15	12664.00	12505.16	-1.355	-0.185	-0.186
	12,431	12,632	12482.15	12476.75	12481.99	-1.618	-0.411	-0.410
	12,431	12,613	12431.18	12476.80	12431.05	-1.465	-0.001	-0.000
	12,438	12,609	12431.18	12476.83	12431.05	-1.376	0.055	0.056
	12,448	12,606	12438.17	12476.86	12438.04	-1.271	0.079	0.080
	12,394	12,595	12448.15	12476.88	12448.03	-1.623	-0.437	-0.436
	12,341	12,576	12394.18	12476.89	12394.08	-1.905	-0.431	-0.430
	12,343	12,560	12341.22	12476.89	12341.14	-1.756	0.014	0.015
	12,333	12,544	12343.20	12289.25	12342.95	-1.707	-0.083	-0.081
	12,127	12,537	12333.20	12289.20	12332.96	-3.382	-1.700	-1.698
	12,100	12,535	12127.41	12289.20	12127.16	-3.595	-0.227	-0.224
	12,073	12,521	12100.42	12101.80	12100.00	-3.711	-0.227	-0.224
	12,050	12,506	12073.43	12101.83	12073.03	-3.787	-0.194	-0.191
	12,050	12,488	12050.44	12101.86	12050.05	-3.634	-0.004	-0.000
	12,065	12,474	12050.42	12101.88	12050.05	-3.388	0.121	0.124
	12,077	12,466	12065.40	12101.89	12065.04	-3.219	0.096	0.099
	12,113	12,461	12077.38	12101.90	12077.02	-2.873	0.294	0.297
	10884	10,857	10874.98	10975.79	10875.10	0.252	0.083	0.082
	10911	10,860	10883.98	10976.73	10884.09	0.465	0.248	0.247
	10953	10,884	10910.97	10977.61	10911.07	0.629	0.384	0.383
	10986	10,908	10952.95	10978.44	10953.03	0.711	0.301	0.300
	10991	10,932	10985.95	10979.21	10985.99	0.540	0.046	0.046

سال	مقادیر واقعی	پیش بینی آرما	پیش بینی تعدیل شده آرما	پیش بینی سری زمانی فازی	پیش بینی تعدیل شده سری زمانی فازی	درصد انحراف آرما	درصد انحراف آرمای تعدیلی	درصد انحراف سری زمانی فازی	درصد انحراف سری زمانی فازی تعدیلی
	10981	10,955	10990.96	10979.94	10990.99	0.234	-0.091	0.010	-0.091
	10976	10,979	10981.00	10980.63	10981.00	-0.026	-0.046	-0.042	-0.046
	11036	11,002	10976.03	10981.28	10976.01	0.305	0.543	0.496	0.544
	11079	11,026	11035.99	10981.89	11035.95	0.480	0.388	0.877	0.389
	11091	11,049	11078.97	10982.47	11078.90	0.377	0.108	0.979	0.109
	11159	11,073	11090.98	10983.03	11090.89	0.775	0.610	1.577	0.610
	11191	11,096	11158.94	10983.55	11158.82	0.850	0.288	1.854	0.288
	11215	11,119	11190.93	10984.05	11190.79	0.855	0.215	2.059	0.216
	11201	11,142	11214.93	10990.98	11214.78	0.525	-0.124	1.875	-0.123
	11185	11,165	11200.96	10990.98	11189.80	0.176	-0.143	1.735	-0.043
	11128	11,188	11185.00	10991.41	11184.81	-0.543	-0.512	1.227	-0.510
	11116	11,211	11128.08	10991.82	11127.86	-0.858	-0.109	1.117	-0.107
	11121	11,234	11116.12	10992.22	11115.88	-1.019	0.044	1.158	0.046
	11217	11,257	11121.14	10992.60	11120.87	-0.359	0.855	2.001	0.857
	11379	11,280	11217.06	10995.27	11216.78	0.869	1.423	3.372	1.426
	5,215	5,228	5229.00	5225.20	5229.00	-0.252	-0.268	-0.196	-0.268
	5,167	5,228	5215.01	5225.76	5215.01	-1.179	-0.929	-1.137	-0.929
	5,147	5,228	5167.06	5225.76	5167.06	-1.579	-0.390	-1.530	-0.390
	5,135	5,228	5147.08	5110.79	5146.96	-1.819	-0.235	0.472	-0.233
	5,127	5,229	5135.09	5111.33	5134.98	-1.993	-0.158	0.306	-0.156
	5,109	5,230	5127.10	5111.81	5126.98	-2.368	-0.354	-0.055	-0.352
	5,110	5,231	5109.12	5112.24	5109.00	-2.373	0.017	-0.044	0.020
	5,096	5,233	5110.12	5112.61	5110.00	-2.683	-0.277	-0.326	-0.275
	5,082	5,235	5096.14	5112.95	5096.02	-3.003	-0.278	-0.609	-0.276
	5,086	5,237	5082.15	5113.25	5082.03	-2.964	0.076	-0.536	0.078
	5,064	5,239	5086.15	5113.52	5086.03	-3.460	-0.437	-0.978	-0.435
	5,045	5,242	5064.18	5113.77	5064.05	-3.905	-0.380	-1.363	-0.378
	5,014	5,245	5045.20	5113.77	5045.07	-4.610	-0.622	-1.990	-0.620
	4,934	5,249	5014.23	5013.10	5014.00	-6.376	-1.626	-1.603	-1.621

سال	مقادیر واقعی	پیش‌بینی آرما	پیش‌بینی تعدیل شده آرما	پیش‌بینی سری زمانی فاز	پیش‌بینی تعدیل شده سری زمانی فاز	درصد انحراف آرما	درصد انحراف آرمای تعدیلی	درصد انحراف سری زمانی فاز	درصد انحراف سری زمانی فاز تعدیلی
	4,954	5,252	4934.32	5013.10	4934.08	-6.023	0.397	-1.193	0.402
	4,970	5,256	4954.30	4876.63	4953.92	-5.764	0.316	1.879	0.323
	4,977	5,261	4970.29	5007.00	4970.04	-5.704	0.135	-0.603	0.140
	4,974	5,266	4977.29	5006.79	4977.03	-5.863	-0.066	-0.659	-0.061
	5,014	5,271	4974.30	5006.60	4974.03	-5.118	0.792	0.148	0.797
	5,062	5,276	5014.26	5006.42	5013.99	-4.227	0.943	1.098	0.948
۸۰	3,671	3,669	3665.00	3673.44	3665.01	0.043	0.163	-0.067	0.163
	3,678	3,669	3671.00	3673.58	3671.00	0.240	0.190	0.120	0.190
	3,681	3,665	3677.99	3673.70	3678.00	0.439	0.082	0.198	0.082
	3,680	3,662	3680.98	3673.81	3680.99	0.496	-0.027	0.168	-0.027
	3,684	3,661	3679.98	3673.91	3679.99	0.616	0.109	0.274	0.109
	3,693	3,663	3683.98	3674.00	3683.99	0.816	0.244	0.514	0.244
	3,678	3,665	3692.97	3674.08	3692.98	0.367	-0.407	0.106	-0.407
	3,676	3,664	3677.99	3674.16	3678.00	0.332	-0.054	0.050	-0.054
	3,670	3,665	3675.99	3674.23	3676.00	0.130	-0.163	-0.115	-0.163
	3,675	3,668	3670.00	3674.30	3670.00	0.189	0.136	0.019	0.136
	3,671	3,670	3675.00	3674.36	3675.00	0.019	-0.109	-0.091	-0.109
	3,675	3,672	3671.00	3674.41	3671.00	0.089	0.109	0.016	0.109
	3,700	3,672	3675.00	3674.47	3675.00	0.746	0.676	0.690	0.676
	3,704	3,672	3699.97	3675.56	3699.98	0.851	0.109	0.768	0.109
	3,714	3,672	3703.97	3678.13	3703.97	1.126	0.270	0.966	0.270
	3,721	3,672	3713.96	3683.77	3713.97	1.328	0.189	1.001	0.189
	3,727	3,671	3720.95	3685.81	3720.96	1.508	0.162	1.105	0.162
	3,728	3,670	3726.94	3693.40	3726.97	1.557	0.028	0.928	0.028
	3,745	3,669	3727.94	3690.29	3727.96	2.026	0.456	1.461	0.455
	3,758	3,668	3744.92	3708.75	3744.96	2.385	0.348	1.311	0.347
۷۹	2,885	2,897	2892.01	2859.87	2891.97	-0.420	-0.243	0.871	-0.242
	2,889	2,902	2885.02	2859.87	2882.12	-0.459	0.138	1.008	0.238
	2,894	2,907	2889.02	2859.89	2888.97	-0.464	0.172	1.179	0.174

سال	مقادیر واقعی	پیش بینی آرما	پیش بینی تعدیل شده آرما	پیش بینی سری زمانی فازي	پیش بینی تعدیل شده سری زمانی فازي	درصد انحراف آرما	درصد انحراف آرماي تعدیلي	درصد انحراف سری زمانی فازي	درصد انحراف سری زمانی تعدیلي
	2,899	2,913	2894.02	2861.93	2893.97	-0.469	0.172	1.279	0.174
	2,908	2,918	2899.02	2865.79	2898.97	-0.336	0.309	1.452	0.311
	2,921	2,923	2908.01	2872.37	2907.96	-0.067	0.445	1.665	0.446
	2,932	2,928	2921.01	2885.18	2920.96	0.133	0.375	1.597	0.376
	2,937	2,933	2932.00	2891.78	2931.96	0.128	0.170	1.540	0.172
	2,940	2,938	2937.00	2895.75	2936.96	0.056	0.102	1.505	0.103
	2,948	2,943	2940.00	2898.26	2939.96	0.155	0.271	1.687	0.273
	2,960	2,948	2948.00	2896.13	2947.95	0.389	0.405	2.158	0.407
	2,964	2,953	2959.99	2910.89	2959.95	0.355	0.135	1.792	0.137
	2,964	2,958	2963.99	2921.38	2963.96	0.188	0.000	1.438	0.001
	2,965	2,963	2964.00	2921.38	2963.96	0.056	0.034	1.471	0.035
	2,963	2,968	2965.00	2924.10	2964.96	-0.175	-0.068	1.313	-0.066
	2,971	2,973	2963.01	2924.10	2960.04	-0.067	0.269	1.579	0.369
	2,977	2,978	2971.01	2929.73	2970.96	-0.025	0.201	1.588	0.203
	2,979	2,982	2977.01	2936.17	2976.96	-0.115	0.067	1.438	0.069
	2,973	2,987	2979.01	2938.17	2978.96	-0.472	-0.202	1.172	-0.200
	2,978	2,992	2973.02	2938.17	2970.03	-0.457	0.167	1.338	0.268
۷۸	2,119	2,121	2116.01	2087.25	2115.97	-0.116	0.141	1.498	0.143
	2,124	2,128	2119.01	2092.20	2118.97	-0.205	0.235	1.497	0.237
	2,126	2,134	2124.01	2096.20	2123.97	-0.357	0.094	1.402	0.095
	2,129	2,139	2126.01	2099.50	2125.97	-0.452	0.140	1.386	0.142
	2,131	2,143	2129.01	2102.50	2128.97	-0.544	0.093	1.337	0.095
	2,137	2,144	2131.01	2105.43	2130.97	-0.313	0.280	1.477	0.282
	2,145	2,146	2137.01	2111.29	2136.97	-0.068	0.373	1.572	0.374
	2,149	2,149	2145.00	2119.14	2144.97	0.009	0.186	1.389	0.187
	2,152	2,154	2149.01	2123.88	2148.97	-0.099	0.139	1.307	0.141
	2,155	2,158	2152.01	2127.44	2151.98	-0.139	0.139	1.279	0.140
	2,158	2,161	2155.01	2129.90	2154.97	-0.160	0.139	1.302	0.140
	2,168	2,165	2158.01	2132.90	2157.97	0.144	0.461	1.619	0.462

سال	مقادیر واقعی	پیش‌بینی آرما	پیش‌بینی تعدیل شده آرما	پیش‌بینی سری زمانی فاز	پیش‌بینی تعدیل شده سری زمانی فاز	درصد انحراف آرما	درصد انحراف سری زمانی فاز	درصد انحراف آرما تعدیلی	درصد انحراف سری زمانی فاز تعدیلی
	2,172	2,168	2168.00	2142.33	2167.97	0.187	0.185	0.184	1.366
	2,179	2,170	2172.00	2145.75	2171.97	0.431	0.322	0.321	1.526
	2,182	2,173	2178.99	2152.63	2178.97	0.392	0.139	0.138	1.346
	2,190	2,177	2181.99	2155.63	2181.97	0.601	0.367	0.366	1.570
	2,194	2,181	2189.99	2162.63	2189.97	0.604	0.184	0.183	1.430
	2,196	2,184	2193.99	2166.50	2193.97	0.564	0.092	0.092	1.343
	2,199	2,187	2195.99	2168.50	2195.97	0.562	0.138	0.137	1.387
	2,206	2,190	2198.99	2172.11	2198.97	0.743	0.319	0.318	1.536

آزمون پرسش دوم:

در بررسی اینکه آیا دقت پیش‌بینی روش سری زمانی فاز بیشتر است یا روش آرما از آزمون دایبولد ماریانو علاوه بر RMSE استفاده می‌شود. جدول ۳ مقادیر RMSE چهار روش پیش‌بینی شاخص را برای سالهای ۸۸-۱۳۷۸ نشان می‌دهد.

جدول ۳

سال	آرما	آرما تعدیل شده	فازی	فازی تعدیل شده
۸۸	0.01563	0.00489	0.01233	0.00489
۸۷	0.00453	0.00493	0.02200	0.00494
۸۶	0.01158	0.00287	0.00486	0.00287
۸۵	0.02040	0.00268	0.00381	0.00268
۸۴	0.01078	0.00667	0.01100	0.00667
۸۳	0.02451	0.00514	0.00832	0.00514
۸۲	0.00613	0.00466	0.01401	0.00466
۸۱	0.03982	0.00575	0.01027	0.00575
۸۰	0.01016	0.00256	0.00685	0.00256
۷۹	0.00279	0.00230	0.01189	0.00250
۷۸	0.00397	0.00233	0.01432	0.00234

طبق جدول ۳ برای سال ۱۳۸۸ مقدار RMSE دو روش آرمای تعدیل شده و فازی تعدیل شده برابرند اما RMSE آرما بسیار کوچکتر از روش فازی است. نتایج آزمون دایبولد ماریانو نشان داد که $|S| > ۱.۹۶$ است. بنابراین بین خطای پیش بینی دو روش آرما و فازی تفاوت معنی داری وجود دارد. برای سال ۱۳۸۸ دقت پیش بینی شاخص کل به روش آرما بیشتر از روش فازی است. برای سال ۱۳۸۷ مقدار آماره دایبولد ماریانو نشان داد که $|S| = ۱.۵۳$ است. بنابراین فرض صفر تائید می شود. یعنی بین دقت پیش بینی روش آرما و فازی تفاوت معنی داری وجود ندارد. برای سال ۱۳۸۶ آماره دایبولد ماریانو $|S| = ۱.۹۰$ است که نشان می دهد دقت پیش بینی شاخص کل توسط دو روش آرما و فازی یکسان است. برای سال ۱۳۸۵ آماره آزمون $|S| = ۰.۷۸$ است که نشان می دهد دقت پیش بینی شاخص کل توسط دو روش آرما و فازی یکسان است. برای سال ۱۳۸۴ آماره آزمون $|S| = ۱.۷۸$ است که حاکی از آن است که دقت پیش بینی شاخص کل توسط دو روش آرما و فازی یکسان است. برای سال ۱۳۸۳ آماره آزمون $|S| = ۲.۶۲$ است که نشان می دهد دقت پیش بینی شاخص کل توسط دو روش آرما و فازی متفاوت است. برای سال ۱۳۸۲ مقدار آماره $|S| = ۳.۳۶$ است. یعنی دقت پیش بینی شاخص کل توسط دو روش آرما و فازی یکسان نیست و چون مقدار خطا در روش آرما کمتر است از این رو دقت پیش بینی روش آرما بالاتر از روش فازی است. برای سال ۱۳۸۱ مقدار آماره آزمون $|S| = ۲.۸۰$ است. این بدان معنی است که دقت پیش بینی این دو روش متفاوت است و خطای روش آرما در پیش بینی کمتر از روش فازی است. برای سال ۱۳۸۰ آماره $|S| = ۲.۹۴$ است. یعنی دقت پیش بینی این دو روش متفاوت است و خطای روش آرما کمتر از روش فازی است. برای سال ۱۳۷۹ آماره $|S| = ۱۱.۳۰$ است و تفاوت معنی داری در دقت پیش بینی این دو روش وجود دارد. بطوری که خطای پیش بینی روش آرما کمتر از روش فازی است. جدول ۴ خلاصه نتایج آزمون دایبولد ماریانو را برای سالهای مورد بررسی دو روش آرما و فازی نشان می دهد. طبق این جدول در هیچ یک از سالها خطای روش فازی کمتر از آرما نبوده است و در اغلب سالها خطای پیش بینی آرما کمتر از فازی است و در برخی از سالها تفاوتی در خطای پیش بینی این دو روش مشاهده نشده است.

جدول ۴

سال	معيار RMSE		آزمون دایبولد ماریانو	
	آرما	سری زمانی فازی	آماره	نتیجه
۱۳۸۸	۰.۰۰۴۵	۰.۰۱۲۳	۲.۳	آرما
۱۳۸۷	۰.۰۰۴۸	۰.۰۲۲۰	۱.۵۳	-
۱۳۸۶	۰.۰۰۲۹	۰.۰۰۴۹	۱.۹	-
۱۳۸۵	۰.۰۰۳۳	۰.۰۰۳۸	۰.۷۸	-
۱۳۸۴	۰.۰۰۵۱	۰.۰۱۱۰	۱.۷۸	-
۱۳۸۳	۰.۰۰۴۹	۰.۰۰۸۳	۲.۶۲	آرما
۱۳۸۲	۰.۰۰۳۷	۰.۰۱۴۰	۳.۳۶	آرما
۱۳۸۱	۰.۰۰۵۷	۰.۰۱۰۳	۲.۸	آرما
۱۳۸۰	۰.۰۰۲۵	۰.۰۰۶۹	۲.۹۴	آرما
۱۳۷۹	۰.۰۰۱۸	۰.۰۱۱۹	۱۱.۳	آرما
۱۳۷۸	۰.۰۰۱۲	۰.۰۱۴۳	۳۳	آرما

۶- نتیجه‌گیری و بحث

در این پژوهش براساس سری زمانی فازی مراتب اول تا سوم و براساس تعداد مقادیر زبانی کمترین RMSE و RMSE تعدیل شده برای هر یک از سالهای ۸۸-۱۳۷۸ انتخاب شد. بنابراین بر اساس این انتخاب یعنی نوع مرتبه سری زمانی و تعداد مقادیر زبانی با کمترین شاخص کل بازار به روش‌های فازی و فازی تعدیل شده، روش آرما و آرمای تعدیل شده (براساس متدولوژی باکس-جنکینز) پیش‌بینی شد. این پیش‌بینی با مقادیر واقعی شاخص بازار مورد مقایسه قرار گرفت. بعلاوه نتایج آزمون دایبولد ماریانو نشان داد که در ۷ سال از ۱۱ سال دوره مطالعه، خطای پیش‌بینی شاخص کل بازار سهام به روش آرما کمتر از روش فازی است. اما در ۴ سال بقیه بین دقت پیش‌بینی دو روش تفاوت معنی‌داری وجود ندارد. نتایج این پژوهش با یافته‌های هیوارنگ و یو (۲۰۰۵)، چن و همکارانش (۲۰۰۸)، چو و همکارانش (۲۰۰۹) و ونگ و تو (۲۰۱۰) سازگار است.

پیشنهاد‌های این پژوهش به شرح زیر است:

- استفاده از مدل سری زمانی وزنی و روابط فازی تکراری برای پیش‌بینی شاخص بورس سهام. انتظار می‌رود این روش‌ها به افزایش صحت پیش‌بینی کمک کند.

- ۲) استفاده از چند متغیر قیمت در پیش بینی شاخص شامل قیمت آغازین، بالاترین قیمت، پایین ترین قیمت، میانگین قیمت و قیمت بسته شدن. زیرا استفاده از مشاهدات بیشتر به بهبود عملکرد پیش بینی و کاهش خطای آن کمک می کند.
- ۳) وزن دهی به روابط منطق فازی با استفاده از روش وزن دهی روند (روابط بدون تغییر، روابط رشدی، روابط کاهشی) برای تحقیقات آتی پیشنهاد می شود.
- ۴) از اختلاف مقدار شاخص در دو روز متوالی برای پیش بینی شاخص کل استفاده شود.
- ۵) از فواصل مختلف فرجه ها در سری زمانی فازی برای پیش بینی شاخص کل استفاده شود.

فهرست منابع

- * آذر، عادل - افسر، امیر - احمدی، پرویز - (۱۳۸۵)، مقایسه روشهای کلاسیک و هوش مصنوعی در پیش بینی شاخص قیمت سهام و طراحی مدل ترکیبی - فصلنامه علمی پژوهشی پژوهش های مدیریت در ایران - دوره دهم، شماره چهارم، پیاپی ۴۹، صفحه ۱-۱۶ (۱۶)، اسفند.
- * سینائی، حسنعلی و تیموری اصل، یاسر و مرتضوی، سعیدالله، (۱۳۸۳)، پیش بینی شاخص بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی، فصلنامه بررسیهای حسابداری و حسابداری (دوره: ۱۲، شماره: ۳)
- * عباسی، ابراهیم، ایوبی مهریزی، امیر، (۱۳۹۰)، کاربرد شبکه های عصبی - فازی انطباقی در پیش بینی قیمت سهام ایران خودرو، مجله مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار، انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی، سال دوم، شماره هفتم صفحات ۲۱۳-۱۸۷.
- * مشیری، سعید و مروت، حبیب (۱۳۸۵) پیش بینی شاخص کل بازدهی سهام تهران با استفاده از مدل های خطی و غیرخطی، پژوهشنامه بازرگانی زمستان ۱۳۸۵؛ ۱۱(۴۱): ۲۴۵-۲۷۵.
- * Diebold, Francis X. and mariano, S. Roberto (1995) Comparing predictive accuracy, journal of business and economic statistics, Vol 13, No. 3, pp. 253 – 263
- * Cheng, C. Chen, T., Chinag, C.(2006) trend-weighted Fuzzy time-series model for TAIEX Forecasting, ICONIP(International Conference on Neural Information Processing), pp. 469 – 477
- * Huarng, K., Yu, H.(2005), A Type 2 fuzzy time series model for stock index forecasting, Physica, A, 353, pp. 445 – 462
- * Chen, T., Ching, C., Teoh, H.(2007) Fuzzy Time-Series based on Fibonacci Sequence for Stock Price Forecasting, Physica, 38, pp. 377 – 390

- * Chen, T., Cheng, C., Teoh, H. (2008) High-order Fuzzy time-series based on multi-period adaptation model for forecasting stock markets *physica, A*, 387, pp. 876 – 888
- * Jilani, T., Burnet, S. M. (2008) A refined Fuzzy time-series model for stock market forecasting, *Physica, A*, 387, pp. 2857 – 2862
- * Yu, T., Huarng, K. (2008) A bivariate fuzzy time series model to forecast the TAIEX, *Expert system*, 34, pp. 2945 – 2952
- * Chu, H., Chen, T., Cheng, C., Huang, C. (2009) Fuzzy dual-factor time-series for stock index forecasting, *Expert system*, 36, pp. 165 – 171
- * Teoh, H., Chen, T., Cheng, C., Chu, H. (2009) A hybrid multi-order Fuzzy time-series for forecasting stock market, *Expert system*, 36, pp. 7888 – 7897
- * Yu, T., Huarng, K. (2010) A neural network-based Fuzzy time-series model to improve forecasting, *Expert system*, 37, pp. 3366 – 3372
- * Wong, H., Tu, Y. Wang (2010) Application of Fuzzy time-series models for forecasting the amount of Taiwan export, *Expert System*, 37, pp. 1465 - 1470

یادداشت‌ها

¹ Root Mean Squared Error (RMSE)

² Auto Regression

³ Moving Average

⁴ Auto Regression Moving Average (ARMA)

⁵ Auto Regression integration Moving Average (ARIMA)