

Forecasting Forex Currency Market by Integrating Fuzzy Time Series and Simulated Annealing Heuristic

Ali Mohammad Kimiagari, Farid Radmehr & Negar Ghanbari*

A.Mohammad Kimiagari, Assistant Professor, Industrial Engineering Department, Amirkabir University of Technology.
Farid Radmehr, Master student of Industrial Engineering, Amirkabir University of Technology.
Negar Ghanbari, Master student of Industrial Engineering, Amirkabir University of Technology

Keywords

Fuzzy time series,
Forex currency market,
Simulated Annealing,
Alabama Enrollment

ABSTRACT

In the last 15 years, some methods have been proposed for forecasting based on fuzzy time series. One of the most important issues that affect the forecasting results in these models is the length of intervals. There are some studies on this issue but in most of them, length of intervals are predefined or even in some studies the interval's length are the same. In this study we propose a model to determine effective intervals by using Simulated Annealing algorithm. And then we exercise this model on the FOREX currency market on some currency exchange rates (EUR/USD euro/US dollar , CAD/USD US Dollar/Canadian Dollar, GBP/USD British Pound/US Dollar, GBP/CHF British Pound/Swiss Franc) also we compare our model with other's on forecasting Alabama University Enrollment.

© (نشریه بین المللی مهندسی صنایع و مدیریت تولید) شماره ۲، جلد ۲۱، ۱۳۸۹

پیش‌بینی بازار ارز فارکس با استفاده از سری‌های زمانی فازی و الگوریتم شبیه‌سازی تبرید

علی محمد کیمیاگری، فرید رادمهر و نگار قنبری

چکیده:

در ۱۵ سال اخیر، مدل‌های متعددی برای پیش‌بینی با استفاده از سری‌های زمانی فازی توسط محققین ایجاد شده‌اند. با توجه به ادبیات موضوعی توان دریافت که یکی از مسائل مهم در این مدل‌ها نحوه‌ی تعیین بازه‌های فازی برای تبیین مدل و انجام پیش‌بینی است، لذا تحقیقات متعددی در این زمینه برای تعیین بازه‌های مناسب و افزایش دقت مدل‌های پیش‌بینی انجام شده است؛ در این تحقیق مدلی جدید با استفاده از ترکیب الگوریتم تبرید و سری‌های زمانی فازی

کلمات کلیدی

سری زمانی فازی
پیش‌بینی
بازار ارز فارکس
الگوریتم شبیه‌سازی تبرید.

تاریخ وصول: ۸۸/۴/۱۲

تاریخ تصویب: ۸۹/۳/۲۲

دکتر علی محمد کیمیاگری، عضو هیئت علمی دانشکده‌ی صنایع دانشگاه صنعتی امیرکبیر kimiagar@aut.ac.ir
فرید رادمهر، دانشکده‌ی مهندسی صنایع دانشگاه صنعتی امیرکبیر f.radmehr@aut.ac.ir
نگار قنبری، دانشکده‌ی مهندسی صنایع دانشگاه صنعتی امیرکبیر negar.qanbari@aut.ac.ir

جهت پیش‌بینی داده‌ها معرفی شده است. و این مدل برروی داده‌های بازار ارز فارکس اجرا شد و در نهایت جهت مقایسه‌ی نتایج مدل ارائه شده و مدل‌های پیشین، مدل را برروی داده‌های پذیرش دانشگاه الاباما که به عنوان مرجع مقایسه‌ی اینگونه مدل‌ها می‌باشد تست گردید و نتایج حاصله، بیانگر برتری مدل پیشنهادی نسبت به سایر مدل‌های موجود در ادبیات موضوع می‌باشد.

همچنانکه اشاره شد، مدل مورد بررسی در این تحقیق مدل ارائه شده توسط [۳] Chen می‌باشد، البته شایان ذکر است که در طول این مدل برای افزایش دقت مدل ایده‌ای از مقاله‌ی Cheng [۵] استفاده شده است که در قسمت مدل سازی بدان اشاره نموده ایم. سایر بخش‌های مقاله بدين قرار می‌باشند: در بخش ۲ مفاهیم پایه‌ی مورد استفاده در این مقاله مطرح گردیده، در بخش ۳ به مرور ادبیات موضوع پرداخته، در بخش ۴ مسائل مربوط به مدل سازی و اجرای مدل مورد بحث قرار گرفته و بخش ۵ شامل نتیجه‌گیری و جمع‌بندی مقاله می‌باشد.

۲. مرور ادبیات

برای نخستین بار مفهوم سری‌های زمانی فازی توسط Song و Chissom [۲] براساس مفاهیم مجموعه‌های فازی برای پیش‌بینی پذیرش دانشگاه آلباما ارائه گردید، با توجه به تعاریف ارائه گشته در ان مقاله، آنها سری‌های زمانی فازی رابه دو قسمت اصلی وابسته به زمان^۱ و مستقل از زمان^۲ تقسیم بندی نموده اند که برای پیاده سازی روابط فازی در مدل‌های مستقل از زمان از عملگرهای max-min استفاده می‌شود و همچنین برای مدل‌های وابسته به زمان از عملگرهای min-max استفاده می‌گردد. بعدها اشکالاتی که توسط Chen [۳] در مورد این مدل مطرح گردید، که استفاده از این عملگرهای در مدل‌های مذکور باعث ایجاد پیچیدگی فراوان در مسئله پیش‌بینی می‌گردد، لذا با ساده سازی محاسبات عددی مربوط به عملگرهای ترکیبی^۳ باعث بهبود و افزایش دقت محاسبات نسبت به مدل Song و Chissom گردید. در ادامه Huarng [۳] برای دستیابی به دقت پیش‌بینی بهتر، مدل chen [۳] با مدل ابتکاری شبکه عصبی در آمیخت و مسئله پیش‌بینی پذیرش دانشگاه آلباما را با جوابی بهتر حل نمود، و همچنین، Huarng [۶] در مقاله‌ای دیگر برای نخستین بار به بررسی طول بازه‌های سری زمانی پرداخت که دو نوع بازه را بر پایه تابع توزیع^۴ و میانگین^۵ معرفی نمود، نتایج بدست آمده از اجرای این مدل برای پیش‌بینی^۶ TAIEX (بازار بورس تایوان) نسبت به مطالعات قبلی که بازه‌ها را به صورت ۷ بازه‌ی مساوی انتخاب می‌نمودند بهتر بود.

۱. مقدمه

بسیار واضح و مبرهن است که فرایند پیش‌بینی نقش بسزایی را در زندگی بشر بازی می‌کند، همه روزه بسیاری از انسانها در حیطه‌ی شغلی و زندگی خود دست به پیش‌بینی اینده می‌زنند و سعی دارند با تحلیل شرایط کنونی و گذشته دانشی را نسبت به اینده کسب کنند، بسیاری از سرمایه‌گذاران، سهام داران و تحلیلگران اقتصادی نیز با استفاده از دانش و تجربه‌ی خود و ابزار‌های متعدد سعی در پیش‌بینی شرایط اقتصادی و وضعیت بازار و ... دارند، به طبع همه‌ی این افراد به دنبال فرایند های پیش‌بینی با دقت بالاتر هستند تا بتوانند سود خود را افزایش دهند.

در سالهای گذشته مدل‌های زیادی در رابطه با فرایند پیش‌بینی سری‌های زمانی، در دنیای علم معرفی شده اند، که در میان این مدل‌ها، مدل هایی نظری ARMA و ARIMA از شهرت BOX-Jenkins زیادی برخوردار بودند. ولی مدل‌های پیش‌بینی کلاسیک، نظری این دو مدل در پیش‌بینی مسائلی که در آنها از متغیرهای زبانی استفاده شده بود چار مشکل می‌شند و قادر به پیش‌بینی نبودند، از سوی دیگر این نوع مدل‌ها برای پیش‌بینی نیاز به داده‌های Chissom زیادی دارند در نتیجه این عوامل باعث شد Song و Chissom تئوری سری‌های زمانی فازی را مطرح سازند، بر اساس این تئوری Chen [۳] مدلی را برای پیش‌بینی پذیرش دانشگاه الاباما ارائه نمود، که این مدل از لحاظ محاسبات نسبت به مدل پیشین خود بسیار ساده تر و همچنین از لحاظ دقت نیز بهتر بود، لذا در بسیاری از مطالعات مربوط به سری‌های زمانی فازی مدلی که مورد بررسی قرار می‌گیرد، مدل ارائه شده توسط Chen [۳] می‌باشد. پس از این مدل‌ها تحقیقات متعددی در زمینه‌ی پیش‌بینی سری‌های زمانی فازی انجام گردید، اما همچنان مسائل تحقیقاتی مهمی در این زمینه وجود دارد که یکی از این مسائل تعیین بازه‌های مناسب جهت استفاده در مدل‌های پیش‌بینی می‌باشد. Huarng [۴] در مقاله‌ی خود به این نکته اشاره کرده است که بازه‌های متفاوت می‌تواند نتیجه‌های پیش‌بینی متفاوتی را در پی داشته باشد و برای دست یابی به دقت پیش‌بینی بهتر می‌بایست بازه‌های متناسبی را تعیین نمود.

لذا برای نیل به چنین هدفی در این مقاله فرضمان بر این است بازه‌های پیش‌بینی هیچ محدودیتی از لحاظ طول ندارند باید با توجه به ماهیت داده‌ها تعیین شوند و به گونه‌ای مناسب بررسی داده‌ها برآذش شوند. در نتیجه در این مقاله از الگوریتم فرا ابتکاری تبرید برای تعیین بازه‌ها با شرایط ذکر شده استفاده گردیده است؛

¹ time-variant

² time-invariant

³ composition operation

⁴ distribution – based

⁵ average-based

⁶ Taiwan exchange

تغییرات قیمت و میانگین این تغییرات تعیین می‌کند اگرچه در این مدل سعی شده است بازه‌ها را بر اساس نوع داده‌ها تعیین کنند، ولی این مدل در صورت تغییرات داده‌ها حساسیت کمتری از خود نشان می‌دهد، چون تغییرات داده‌ها با میانگین گیری حذف می‌شود، همچنانی این مدل برای پیش‌بینی داده‌های پذیرش دانشگاه الاباما طراحی و بروی ان تست شده است، و مشخص نیست که ایا این مدل قابلیت اجرای خوب بروی سایر داده‌ها از قبیل داده‌های قیمت بازار را دارد یا خیر.

در سال ۲۰۰۲ Chen, S. M. [۷] نظریه‌ی ۷ بازه‌ی مساوی خود را مورد تجدید نظر قرار داد و مسئله را برای تعداد بازه‌های ۷ تا ۱۴ بررسی نمود، البته در این مقاله نیز بازه‌ها به صورت مساوی در نظر گرفته شده اند و فقط تعداد آنها نسبت به قبل تغییر کرده است.

مقاله‌ی دیگری که به بررسی بازه‌های فازی می‌پردازد، مقاله‌ی [۱۱] Jilani.T.A وی در این مقاله در ابتدا اقدام به تقسیم داده‌ها به هفت بازه‌ی مساوی کرده و سپس بازه‌ها را بر اساس تعداد داده‌ی موجود در آنها به ترتیب و به صورت نزولی مرتب می‌کند، سپس اولین بازه را به ۴ قسمت دومنی بازه را به ۳ قسمت و سومین بازه را به ۲ قسمت مساوی تقسیم می‌کند و بقیه‌ی بازه‌ها را به همان صورت استفاده می‌نماید. همچنان که می‌بینیم در این مطالعه نیز ابتدا بازه‌ها را به صورت مساوی تعیین می‌شوند و در مرحله‌ی دوم نیز بازه‌ها به بخش‌های مساوی تقسیم می‌شوند، لذا این مطالعه به ماهیت داده‌ها و نحوه‌ی توزیع آنها نمی‌پردازد و فقط به منظور همگن کردن بازه‌ها، بازه‌هایی را که داده‌های بیشتری نسبت به سایرین دارند را تقسیم می‌کند. البته گفتنی است این نوع تعیین

بازه‌تا اندازه‌ی خوبی توانسته دقت مسئله را افزایش دهد.

مقاله‌ای دیگر که به بازه‌های پیش‌بینی پرداخته است مقاله‌ی [۱۵] Cheng. C.H می‌باشد. مدلی که در این مقاله پیشنهاد گردیده بسیار شبیه به مدل قبلی است، در این مدل نیز ابتدا داده‌ها در ۷ بازه‌ی مساوی تقسیم شده اند، سپس میانگین تعداد داده‌ها در بازه‌ها محاسبه گشته و بازه‌هایی که تعداد داده‌ها در آنها از این میانگین بیشتر باشد، ۲ قسمت مساوی تقسیم می‌شوند، این فرایند نیز مانند فرایند پیشین سعی در همگن کردن بازه‌ها دارد و بازه‌های با داده‌های بیشتر را تقسیم می‌کند.

برای نخستین بار Huarng [۱۱] به ترکیب سری‌های زمانی فازی و الگوریتم‌های فراابتکاری پرداخت Lee و همکاران [۱۲] مدلی با دوفاکتور و رتبه‌ی پیش‌بینی بالا^۱ برای پیش‌بینی درجه حرارت هوا و شاخص بورس تایوان ارائه داد، Singh [۱۳] مدلی را براساس پارامتر تغییر ارائه داد وی همچنان در مقاله‌ی [۱۴] محاسبات جدیدی را وارد سری‌های زمانی فاری نمود. Lee و همکارانش در مقاله‌های [۱۵-۱۶] به ترتیب با استفاده از الگوریتم‌های فراابتکاری ژنتیک و شبیه‌سازی تبرید مدل‌هایی برای پیش‌بینی درجه حرارت

فعالیت‌های دیگری که در این حیطه اتفاق افتاد به صورت زیر می‌باشد:

high-order Chen ۰ روشی برای پیش‌بینی بر اساس توابع فازی ارائه نمود، Melike و همکاران [۸] روش پیش‌بینی با استفاده از سری‌های زمانی first-order را معرفی نمودند. Ruey و همکاران [۹] ابتدا با معرفی ۴ نوع روند کلی پرداخت که شامل روند دراز مدت، روند فصلی، روند سینوسی، روند نامنظم می‌باشد. سپس به بررسی روابط فازی در این نوع روند ارائه نموده است تا پیش‌بینی ماتریس روابط فازی در این نوع روند ارائه نموده است تا پیش‌بینی حاصله دقت بهتری را داشته باشد. Lee, L. W. [۱۰] روشی برای حل مسائل پیش‌بینی با استفاده از سری‌های زمانی high-order دو شاخصه ارائه نموده که از این مدل برای پیش‌بینی سری‌های زمانی مربوط به TAIEX و درجه حرارت روزانه‌ی تایپه، تایوان استفاده نموده اند. Jilani.T.A [۱۱] دو روش پیش‌بینی سری‌های زمانی چند متغیره پیشنهاد داده اند که در این روش‌ها برای دستیابی به نتایج بهتر، مدلی را با دخالت m شاخص طراحی نموده اند، که از این مدل در پیش‌بینی تعداد و مناطق تصادفات رانندگی در بلژیک بکار گرفته شده است. Cheng. C.H. [۱۴] و همکارانش با ارائه یک نوع جدید بازه‌بندی و همچنانی با وزن دهنده به روابط فازی توانستند بهبود مناسبی را در مسائل پیش‌بینی فازی ارائه دهند.

حال با داشتن یک دید کلی از فرآیند پیشرفت مسائل پیش‌بینی فازی در این مرحله به صورت دقیقت ر به ادبیات موضوع در زمینه‌ی تعیین بازه‌های پیش‌بینی می‌پردازم:

Q. Song, B.S. Chissom [۱] با معرفی سریهای زمانی فازی توسط مسئله‌ی تعیین بازه‌های مناسب جهت پیش‌بینی نیز به عنوان یکی از مسائل مهم این زمینه مطرح گردید، که Chen.S.M [۲] ۷ را به عنوان تعداد بازه‌های مناسب مطرح نمود، به طوریکه برد تغییرات یک متغیر را در دوره‌ای از زمان به ۷ قسمت مساوی تقسیم کرده و به عنوان نمایانگر متغیرهای زبانی "بسیار کم"، "کم"، "اندکی کم"، "متوسط"، "اندکی زیاد"، "زیاد" و "بسیار زیاد" قرار دادند، بسیاری از مقالات نیز با استفاده از این تئوری مدل‌های خود را ارائه داده اند. این نوع بازه‌بندی، ساده‌ترین و ابتدایی‌ترین نوع بازه‌بندی می‌باشد که در این فرآیند هیچ توجهی به نوع داده و توزیع داده‌ها نمی‌شود.

آن چنان که از ادبیات بر می‌آید، مسئله‌ی تعیین بازه‌های مناسب در مسائل پیش‌بینی سری‌های زمانی فازی برای اولین بار توسط Huarng, K. [۴] به صورت دقیقتی مورد بررسی قرار گرفت. وی در این مقاله دو نوع بازه‌بندی را بر پایه تابع توزیع و میانگین داده‌ها معرفی نمود. او بازه‌بندی را بر اساس تغییر قیمت‌ها در هر مرحله را انجام می‌دهد. به گونه‌ای که تغییرات قیمت در هر مرحله از زمان را محاسبه کرده، و طول بازه را بر اساس توزیع

^۱ High-order

$$F(t-1) \rightarrow F(t)$$

اصل ۳. $F(t - 1)$ و $F(t)$ را برابر با A_i و A_j در نظر بگیرید. رابطه‌ی بین $F(t)$ و $F(t-1)$ به عنوان یک رابطه‌ی منطقی فازی در نظر گرفته می‌شود (FLR)^۱ که به صورت $A_j \rightarrow A_i$ نیز مشخص می‌گردد که در آن A_i به عنوان دست راست (RHS)^۲ و A_j به عنوان دست راست (LHS)^۳ رابطه تعیین می‌شوند.

اصل ۴. تمام روابط فازی موجود در داده‌ها را می‌توان در دسته‌های بنا بر طرف چپ هر رابطه قرار داد، به عبارت دیگر، روابطی که دارای طرف چپ یکسان باشند را می‌توان در یک دسته قرار داد. به عنوان مثال دو رابطه‌ی $A_1 \rightarrow A_i$ و $A_j \rightarrow A_2$ با توجه به دست چپ یکسان، در یک گروه قرار می‌گیرند.

اصل ۵. فرض کنید $F(t)$ فقط توسط $F(t-1)$ بوجود آمده باشد، و برای هر t داشته باشیم $R(t-1, t) = F(t).R(t-1, t)$. $F(t - 1)$ یک سری زمانی مستقل از زمان است. در نتیجه $F(t)$ نامیده می‌شود. در غیر این صورت وابسته به زمان خواهد بود.

۴. الگوریتم شبیه سازی تبرید

الگوریتم شبیه سازی تبرید، یک الگوریتم فرا ابتکاری برای یافتن نقاط بهینه کلی با استفاده از روابط ریاضی و احتمالی می‌باشد. به عبارت دیگر این الگوریتم سعی در یافتن تخمین مناسبی از جواب بهینه در فضای کلی جواب دارد.

در بسیاری از مدل‌های فرا ابتکاری، نقاط بهینه‌ی محلی جزو مشکلات اساسی می‌باشد، به گونه‌ای که مدل به جای بهینه‌ی کلی به سمت بهینه‌ی محلی همگرا می‌شود، اما الگوریتم فرا ابتکاری تبرید برای مواجهه با چنین مشکلی، جوابهای بدتر را با مکانیزمی احتمالی می‌پذیرد، به طوریکه که احتمال پذیرش جوابهای بدتر با کاهش دما رابطه‌ی مستقیم دارد و کاهش می‌یابد. گفتنی است که نام این الگوریتم از فرایند تبرید در صنعت متالورژی گرفته شده است و برای اولین بار توسط Metropolis و همکاران [۲۰] و Kirkpatrick [۲۱] معرفی شد.

۵. مدل‌سازی

۱-۵-معرفی مدل

همانگونه که در بخش مقدمه اشاره شد، مدلی که در این مقاله و بسیاری از مطالعات دیگر به عنوان مدل مرجع قرار می‌گیرد مدل

و شاخص بورس تایوان ارائه داد، Kuo و همکارانش [۱۶] از الگوریتم PSO برای پیش‌بینی داده‌های پذیرش دانشگاه آلاما استفاده کرده‌اند. همچنین Park و همکارانش نیز [۱۸] الگوریتم KOPSI را برای پیش‌بینی داده‌های شاخص ۲۰۰ به کار بستند، Wong و همکارانش [۱۹] نیز مقایسه‌ای بین روش‌های فازی و مدل‌های ARIMA و ARMA انجام دادند و نشان دادند که در پیش‌بینی‌های کوتاه مدت مدل‌های فازی و در پیش‌بینی بلند مدت مدل‌های ARMA و F از دقت و کارایی بهتری برخوردار است.

جدول ۱. روش‌های تعیین بازه در مقاله‌های مطالعه شده

مقاله	نوع بازه بندی مورد استفاده
(Chen.S.M 1996)	۷ بازه‌ی مساوی
(Huarng, K. 2001a)	۷ بازه‌ی مساوی
(Huarng, K. 2001b)	تعیین بازه‌ی بر اساس میانگین و توزیع
(Chen, S. M. 2002)	۴-۷ بازه‌ی مساوی
(Melike,S.,& Konstsntin, Y. D. 2004).	۷ بازه‌ی مساوی
(Ruey-Chyn Tsaur 2005)	۷ بازه‌ی مساوی
(Lee, L. W 2004)	۷ بازه‌ی مساوی
(Jilani.T.A 2007)	تعیین بازه‌ها بر اساس تعداد داده در بازه‌ها
(Cheng, C.H. 2008)	تعیین بازه‌ها بر اساس میانگین داده‌ها در بازه

۳. سری‌های زمانی فازی

همانطور که اشاره گردید برای اولین بار سری‌های زمانی فازی توسط [۲] Q. Song, B.S. Chissom ارائه شد. Q. Song, B.S. Chissom در مقاله‌ی خود اصولی را برای این مدل‌ها معرفی نمودند که تمامی مدل‌های ایجاد شده در این حیطه و همچنین مدل ارائه شده در این مقاله بر این اصول استوارند، این اصول عبارتند:

اصل ۱. سری‌های زمانی فازی. $(Y(t), t = 0, 1, 2, \dots)$ مقادیر متغیر در لحظه‌ی t را زیر مجموعه‌ی از اعداد حقیقی در نظر بگیرید، و همچنین دامنه‌ی تغییرات متغیر توسط مجموعه‌ی های فازی $fj(t)$ افزار شده باشد، در چنین شرایط اگر $f(t)$ مجموعه‌ی ای از $f1(t), f2(t)$ باشد، در نتیجه $f(t)$ یک سری زمانی فازی بروی $y(t)$ می‌باشد.

اصل ۲. اگر یک رابطه‌ی فازی $R(t - 1, t)$ به صورت $F(t) = R(t - 1, t) o R(t - 1, t)$ برقرار باشد و "O" نشان دهنده‌ی عملگر فازی باشد و $F(t-1)$ و $F(t)$ هر کدام یک مجموعه‌ی فازی باشند، در نتیجه می‌توان گفت $F(t)$ توسط $F(t-1)$ بوجود آمده است. رابطه‌ی فازی بین $F(t-1)$ و $F(t)$ به صورت زیر نشان داده می‌شود.

¹ Fuzzy logical relationship

² Left hand side

³ Right hand side

مسئله تعريف می‌نماید و با استفاده از این بازه‌ها به قدم‌های بعدی مسئله می‌رسیم:

قدم ۳. مجموعه‌های فازی را با استفاده از بازه‌ها مشخص نمایید و داده‌ها را فازی نمایید.

$$\begin{aligned} A_1 &= a_{11}/u_1 + a_{12}/u_2 + \dots + a_{1m}/u_m \\ A_2 &= a_{21}/u_1 + a_{22}/u_2 + \dots + a_{2m}/u_m \\ &\dots \end{aligned} \quad (1)$$

$$A_k = a_{k1}/u_1 + a_{k2}/u_2 + \dots + a_{km}/u_k$$

مجموعه‌ی فازی A_i ، نشان دهنده‌ی متغیر زبانی، یک داده‌ی معمولی می‌باشد، در این مسئله ما از تابع عضویت مثلثی استفاده نموده‌یم. یک داده زمانی به مجموعه‌ی فازی A_j تعلق پیدا می‌کند که، بیشترین میزان عضویت را در آن مجموعه داشته باشد.

قدم ۴. روابط فازی را استخراج نموده و این روابط را بر اساس دست چپ روابط گروه بندی نمایید.
براساس تعریف ۲، روابط فازی را می‌توان به صورت زیرنشان داد:

$$\begin{aligned} A_j &\rightarrow A_q; \\ A_j &\rightarrow A_r; \\ &\dots \\ A_m &\rightarrow A_s; \\ A_m &\rightarrow A_t; \dots \end{aligned}$$

سپس این روابط را می‌توان براساس دست چپ یکسان در یک گروه قرار داد:

$$\begin{aligned} A_j &\rightarrow A_q; A_r; \dots; \\ A_m &\rightarrow A_s; A_t; \dots; \\ &\dots \end{aligned}$$

قدم ۵. وزن روابط را مشخص نمایید.

با استفاده از نتایج حاصله از قدم قبل، ماتریسی که هر درایه‌ی آن نشان دهنده‌ی فراوانی یک رابطه‌ی فازی می‌باشد، به دست می‌آوریم: برای مثال عنصر (1,2) این ماتریس نشان‌دهنده‌ی فراوانی رابطه‌ی $A_1 \rightarrow A_2$ می‌باشد. در این مرحله این ماتریس را به صورت زیر استاندارد سازی می‌کنیم.

$$W(t) = \left[\frac{W_{t,1}}{\sum_{k=1}^i W_{t,k}}, \frac{W_{t,2}}{\sum_{k=1}^i W_{t,k}}, \dots, \frac{W_{t,i}}{\sum_{k=1}^i W_{t,k}} \right] \quad (2)$$

قدم ۶. با داشتن ماتریس وزن از مرحله‌ی قبل، با استفاده از فرمول (۳) مقدار پیش‌بینی شده را مشخص می‌کنیم.

ارائه شده توسط Chen.S.M [۷] می‌باشد. دلایل ارجحیت این مدل نسبت به مدل [۲] Q. Song, B.S. Chissom [۲] این صورت نام برده، سادگی محاسبات مدل، نتایج پیش‌بینی بهتر، قابلیت برنامه‌ریزی کامپیوتی و بیان الگوریتمیک بهتر مدل، تلفیق بهتر مدل با روش‌های فراابتکاری Huarng, K. [۶] در ادامه این قسمت مدل پیشنهادی خود را که بر اساس الگوریتم Chen طراحی گشته ارائه می‌نمایم، البته با توجه به ادبیات موضوع قصد داریم دو نکته‌ی اساسی را در این مدل در نظر بگیریم:

- (۱) تعیین بازه‌های مناسب برای داده‌های تاریخی
- (۲) تعیین روند داده‌ها و تعیین وزن برای روابط فازی

برای نکته‌ی اول، همانگونه که اشاره گردید، از الگوریتم شبیه‌سازی تبرید استفاده شده است، در این مسئله تابع هدف الگوریتم یافتن حد پایین خطای پیش‌بینی بر روی داده‌های تست می‌باشد. برای نکته دوم، وزن روابط فازی بر اساس دانش و تجربه افراد کارдан و یا بر اساس تکرار این روابط تعیین می‌شود. در حالتی که روابط فازی تکرار شوند، از نظر محققین مناسب‌تر است که روابط فازی را براساس تکرار آنها وزن دهی کرد، که این متد با نام وزن‌دهی بر اساس فراوانی در مقاله‌ی [۴] Cheng. C.H معرفی گردیده است، جزییات این متد در جدول ۲ توضیح داده شده است. زمانی که به $T=4$ بررسیم، رابطه‌ی فازی $A_1 \rightarrow A_1$ وزنی برابر با ۳ و رابطه‌ی فازی $A_1 \rightarrow A_2$ وزن ۱ را به خود اختصاص می‌دهد. لذا می‌توان گفت که در اینده احتمال ظاهر شدن رابطه‌ی فازی اول ۳ برابر رابطه‌ی فازی دوم است.

جدول ۲. تعیین وزن روابط فازی

(t=1) $A_1 \rightarrow A_1$	weight=1
(t=2) $A_2 \rightarrow A_1$	weight=1
(t=3) $A_1 \rightarrow A_1$	weight=2
(t=4) $A_1 \rightarrow A_1$	weight=3

با در نظر گرفتن دو فرایند ذکر شده در مدل Chen [۳] مدل پیشنهادی را به صورت زیر ارائه می‌نمایم:

قدم ۱. فضای مسئله را مشخص نمایید، فضای مسئله را به صورت $U=[\min, \max]$ مشخص می‌کنیم.

قدم ۲. فضای مسئله را با استفاده از بازه‌ها تقسیم نمایید. در این مدل، از الگوریتم تبرید برای تعیین بازه‌ها استفاده خواهد شد، این الگوریتم در هر تکرار یک سری از بازه‌ها را بروی فضای

پیش‌بینی در بازار ارز فارکس

برای اجرای این مدل، یک دوره ی یکساله (۳۱۱ روزه) ازداده‌های روزانه‌ی نرخ تبادل ارز انتخاب گردیده که ۸۰٪ از این داده‌ها برای آموزش مدل و ۲۰٪ مباقی برای تست مدل استفاده می‌شود. برای تعیین کارایی مدل از شاخص RMSE² استفاده می‌کنیم که در فرمول (۴) نشان داده شده است.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (actual(t) - forecast(t))^2}{n}} \quad (4)$$

قدم‌های شش گانه ذکر شده برای مدل را بروی داده‌های نرخ تبادل ارز یورو/دلار اجرا نمودیم، شکل‌های زیر نشان دهنده‌ی نتایج پیش‌بینی برای EUR/USD است، شکل ۲ شامل نمودار خطای نشان دهنده‌ی روند تغییرات خطای در طول ۲۰۰ تکرار و شکل ۳ نشان دهنده‌ی مقادیر واقعی و پیش‌بینی شده با استفاده از آخرین بازه‌ی ایجاد شده می‌باشد. همانطور که اشاره شد، در این پیش‌بینی $C=7$ در نظر گرفته شده بود و میزان خطای $0/0130$ (تعداد بازه‌ها) مدل RMSE= بودست آمد، حال مسئله را برای C مختلف می‌آزماییم.

همانطور که در جدول ۳ مشاهده می‌نمایید با افزایش مقدار C تا ۱۱، میزان خطای کاهش پیدا می‌کند ولی با گذشتن از ۱۱، با افزایش C تغییر قابل توجهی در میزان خطای مشاهده نمی‌شود، لذا با توجه به این مسئله عدد $C=11$ به عنوان تعداد بازه‌ی مناسب برای این داده‌ها انتخاب می‌شود.

جدول ۲. خطای پیش‌بینی برای یورو/دلار با C های متفاوت

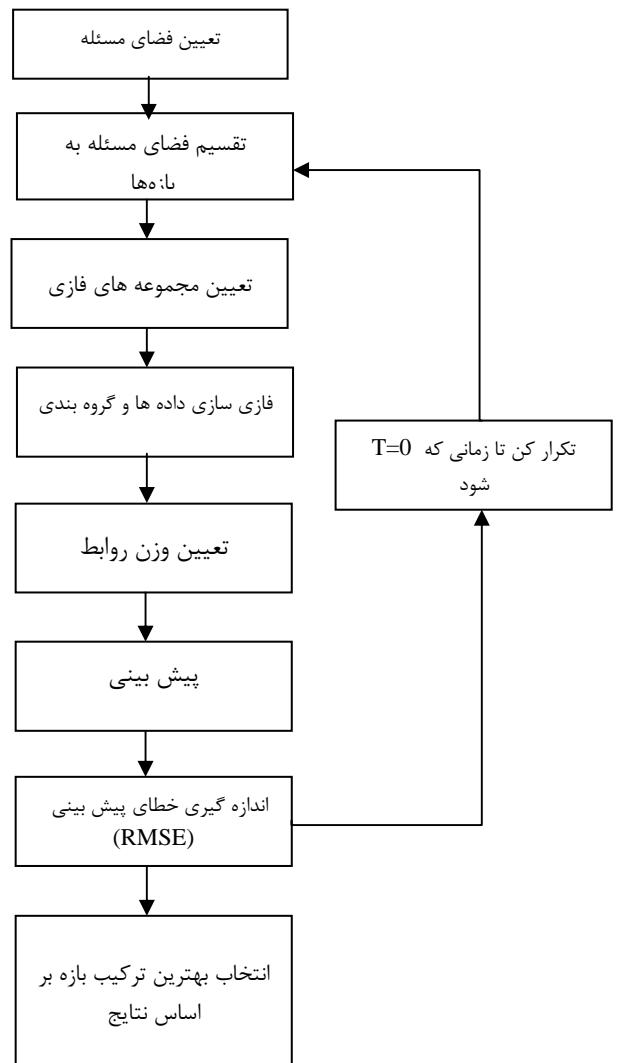
C (تعداد بازه‌ها)	RMSE
۰/۰۱۴۱	۵
۰/۰۱۳۱	۷
۰/۰۱۲۱	۹
۰/۰۱۱۱	*۱۱
۰/۰۱۱	۱۳
۰/۰۱۱	۱۵
۰/۰۱۱	۱۷

در شکل ۴ نتایج پیش‌بینی برای $C=11$ آورده شده است، و تفاوت بین دو حالت پیش‌بینی (C های مختلف) قابل مشاهده است. در پایان این بخش، مدل خود را بروی سایر نرخ تبادل ارزها نیز اجرا کرده و نتایج حاصل را مقایسه می‌کیم.

$$F(t) = L_{df}(t-1)^* W_n(t-1) \quad (3)$$

که در آن $L_{df}(t-1)$ ماتریس غیرفازی سازی^۱ و $(I - W_n(t-1))$ ماتریس وزن می‌باشد.

قدم ۷. انتخاب بهترین جواب (کمترین خطای پیش‌بینی)



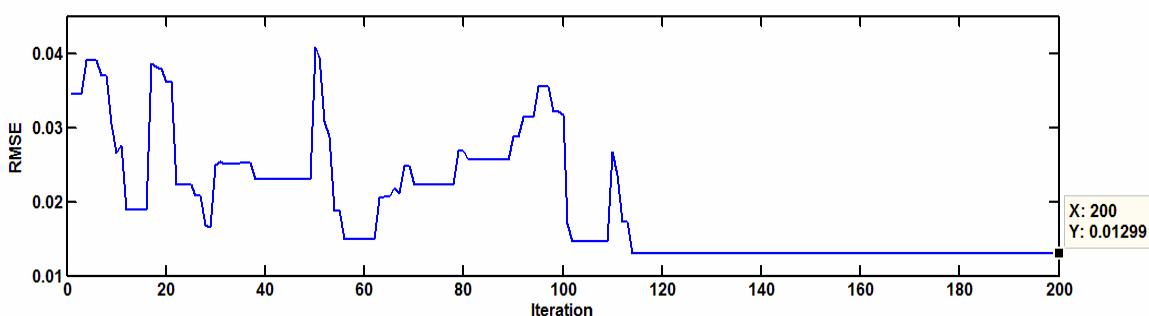
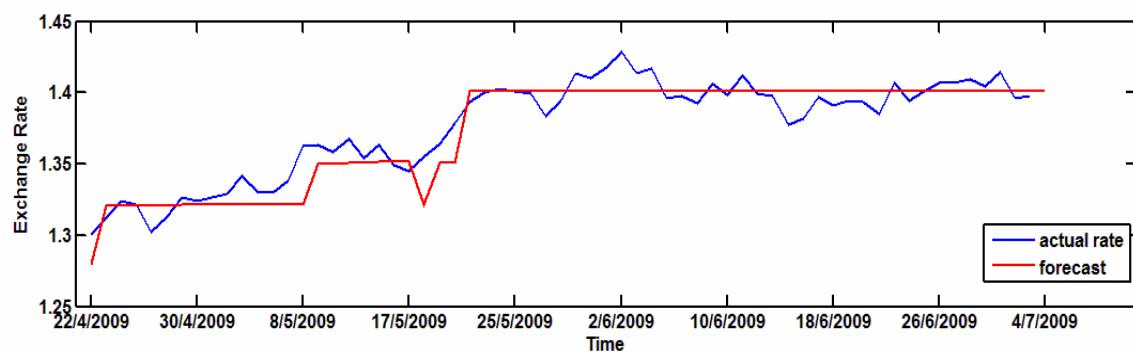
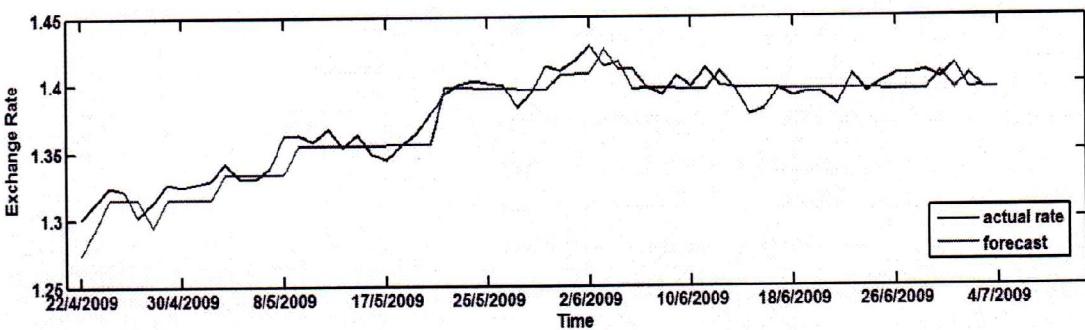
شکل ۱. الگوریتم مدل پیشنهادی

۵-۲. اجرای مدل و مقایسه

در این بخش، مدل پیشنهادی خود را برای پیش‌بینی نرخ تبادل ارز در بازار فارکس استفاده می‌کنیم. سپس، برای مقایسه نتایج این مدل با سایر مدل‌ها، به پیش‌بینی داده‌های دانشگاه الاباما می‌پردازیم.

² Root mean square error

¹ defuzzification

شکل ۲. خطای پیش‌بینی دز طول ۲۰۰ تکرار برای یورو/دلار ($C=7$)شکل ۳. نتایج پیش‌بینی و واقعی برای یورو/دلار ($C=7$)شکل ۴. نتایج پیش‌بینی و واقعی برای یورو/دلار ($C=11$)

جدول ۵. خطای پیش‌بینی برای پوند انگلیس/دلار آمریکا

جدول ۶. خطای پیش‌بینی برای پوند انگلیس/فرانک سویس

(تعداد بازه‌ها) C	RMSE	(تعداد بازه‌ها) C	RMSE
۵	۰/۰۲۰۱	۵	۰/۰۲۳۰
۷	۰/۰۱۷۰	۷	۰/۰۱۸۴
۹	۰/۰۱۵۶	۹	۰/۰۱۶۴
۱۱	۰/۰۱۵۳	۱۱	۰/۰۱۵۲
۱۳	۰/۰۱۴۹	۱۳*	۰/۰۱۵۰
۱۵*	۰/۰۱۳۱	۱۵	۰/۰۱۵۱
۱۷	۰/۰۱۳۸	۱۷	۰/۰۱۵۲
۱۹	۰/۰۱۳۴	۱۹	۰/۰۱۵۰

وجود دلار امریکا باعث ایجاد کمی ثبات در این نرخ تبادل گشته، و باعث گردید تا خطای پیش‌بینی در این دو نرخ بین حالت با ثبات یورو/دلار و کم ثبات پوند/فرانک قرار بگیرد. در نتیجه از مقایسه پیش‌بینی برای پذیرش دانشگاه الاباما در بسیاری از موارد، برای مقایسه‌ی عملکرد مدل‌های پیش‌بینی ارائه شده در حیطه‌ی سری‌های زمانی فازی، این مدل‌ها را بروی داده‌های پذیرش دانشگاه الاباما اجرا نموده و نتایج حاصل را مقایسه می‌نمایند. این بخش نیز برای مقایسه‌ی مدل پیشنهادی با مدل‌های پیشین، مدل را با داده‌های آلباما آزمودیم که نتایج این اجرا در جدول ۷ قابل مشاهده است.

جدول ۷. نتایج خطای پیش‌بینی برای داده‌های دانشگاه آلباما

(تعداد بازه‌ها) C	RMSE
۸	۳۷۲
۹	۳۵۵
۱۰	۲۳۶
۱۱	۲۰۹
۱۲	۱۷۶
۱۳	۱۵۲
۱۴	۱۴۲

همانطور که در جدول ۷ مشاهده می‌نمایید، در این پیش‌بینی با توجه به ماهیت داده‌ها، با افزایش میزان C، میزان خطای پیش‌بینی نیز کاهش می‌یابد، ولی باید در نظر داشت که با افزایش میزان C (تعداد بازه‌ها) بیش از حد، ممکن است ماهیت فازی مسئله دچار مشکل شود، در اینجا ما به بررسی نتایج حاصله از پیش‌بینی با استفاده از $C=14$ می‌پردازیم، طبق جدول ۷ میزان خطای حاصله از این پیش‌بینی برابر با ۱۴۲ می‌باشد.

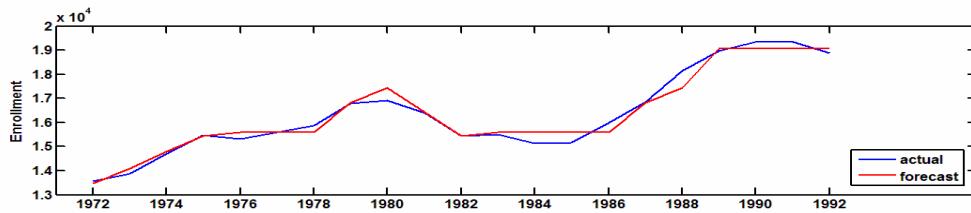
گفتنی است که در جدول ۸ مقایسه، مدل Kuo و همکارانش [۱۶] با $c=14$ و الگوریتم PSO اجرا شده است که نتایج نشان دهنده‌ی عملکرد بهتر مدل پیشنهادی با استفاده از الگوریتم تبرید می‌باشد. همچنین در مقایسه با سایر مدل‌های اجرا شده در سالهای اخیر می‌توان نتیجه گرفت که مدل پیشنهادی با استفاده از الگوریتم فرالبتکاری تبرید، بهترین عملکرد را نسبت به تمامی مدل‌های پیشین خود دارد. در نهایت شکل ۵ نیز نتایج پیش‌بینی را برای پذیرش دانشگاه الاباما با $C=14$ نشان می‌دهد.

جدول ۶. خطای پیش‌بینی برای دلار کانادا/دلار آمریکا

(تعداد بازه‌ها)	RMSE
۵	۰/۰۱۶۹
۷	۰/۰۱۴۸
۹	۰/۰۱۳۴
۱۱*	۰/۰۱۳۰
۱۳	۰/۰۱۳۱
۱۵	۰/۰۱۳۰
۱۷	۰/۰۱۲۷
۱۹	۰/۰۱۲۸

۶. تحلیل نتایج بازار ارز

با مقایسه‌ی خطاهای پیش‌بینی مشاهده در مردم ۴ نرخ تبادل ارز (یورو/دلار آمریکا، پوند انگلیس/دلار آمریکا، پوند انگلیس/فرانک سویس، دلار کانادا/دلار آمریکا) مشاهده می‌کنیم که کمترین خطای پیش‌بینی در نرخ یورو/دلار آمریکا $0/0111$ و بیشترین خطای پیش‌بینی در نرخ پوند انگلیس/فرانک سویس و برابر $0/0150$ می‌باشد و دو نرخ باقیمانده نیز خطایی در حدود $0/0130$ دارند، علت این مسئله را می‌توان به قدرت بازار و ارزهای مورد بررسی ربط داد، با توجه به نتایج حاصل از این بخش می‌توان گفت که برای اجرای روش‌های تکنیکال و به خصوص این مدل، بهتر است داده‌های مورد استفاده، مربوط به بازارهای با ثبات و کامل باشد. اینکه دلار آمریکا و یورو دو ارز قدرتمند و گسترده در دنیای اقتصاد و تجارت هستند لذا اخبار و وقایع، تاثیر کمتری را بر روی این دو ارز داشته و در نتیجه بازار این دو ارز از ثبات بالایی برخوردار هستند و به این دلیل، تحلیل‌های تکنیکال روی این بازار جواب بهتری را ارائه می‌دهند. حال به بررسی نرخ پوند/فرانک می‌پردازیم، هردوی این ارزها از ارزهای شناخته شده در بازارها هستند ولی شهرت این ارزها در این بازار بیشتر به مسائل جنبی مربوط است، پوند انگلیس بدلیل قدرت و شرایط سیاسی کشور انگلستان و فرانک سویس نیز بدلیل وجود بانک‌های معترض در آن کشور شناخته شده‌اند، ولی این دو ارز از گسترده‌گی وقدرت اقتصادی همانند یورو و دلار برخوردار نیستند، لذا تغییرات و اخبار می‌توانند تأثیرات بیشتری بر روی این دو ارز بگذارد، لذا این بازار از ثبات کامل برخوردار نبوده و به این دلیل فرآیند تکنیکال ما روی این بازار به خوبی بازارهای دیگر عمل نمی‌کند. در مورد دو نرخ ارز دیگر پوند انگلیس/دلار آمریکا و دلار کانادا/دلار آمریکا، با توجه به اینکه در هردوی این نرخ تبادل‌ها، دلار آمریکا وجود دارد، در نتیجه



شکل ۵. نتایج پیش‌بینی و واقعی برای پذیرش دانشگاه (C=14)

جدول ۸. مقایسه‌ی نتایج مدل

سال	داده واقعی	liu (2007)[22]	Cheng et al (2008)[5]	jilani (2007)[1]	Kuo et al (2008)[16]	c=14 proposed model
1971	13055			13579		
1972	13563	13500	13680.5	13798	13555	13563
1973	13867	13800	13731.3	13798	13994	13874
1974	14696	14700	13761.7	14452	14711	14674
1975	15460	15600	15194.6	15373	15344	15328
1976	15311	15400	15374.8	15373	15411	15314
1977	15603	15750	15359.9	15623	15411	15314
1978	15861	15400	16410.3	15883	15411	15926
1979	16807	16800	16436.1	17079	16816	16819
1980	16919	17100	17130.7	17079	17140	16921
1981	16388	17100	17141.9	16497	16464	16389
1982	15433	15300	15363.8	15373	15505	15435
1983	15497	15750	15372.1	15373	15411	15314
1984	15145	15400	15378.5	15024	15411	15314
1985	15163	15300	15343.3	15024	15344	15328
1986	15984	15750	15345.1	15883	16018	15926
1987	16859	16800	16448.1	17079	16816	16819
1988	18150	17100	17135.9	17991	18060	17928
1989	18970	18900	18915	18802	19014	19105
1990	19328	19200	18997	18994	19340	19105
1991	19337	19050	19032.8	18994	19340	19105
1992	18876	19050	19033.7	18916	19014	19105
RMSE	329	438	174	152	142	

بدنبال داشته باشد. در نتیجه برای اجرای این مدل در بازارهای سهام می‌توانیم، مدلی را طراحی نماییم که ماتریس‌های var-covar و مفهوم موجود در این ماتریس‌ها را در خود گنجانده و از این ابزار برای پیش‌بینی بهتر استفاده نماید. به گونه‌ای که به جای پیش‌بینی فقط برای یک سهم، پیش‌بینی را برای تمامی سهام انجام داده و سپس با استفاده از روابط بین سهام، پیش‌بینی در مورد سهم مورد نظر را انجام بدیم.

این مدل، برای درک روند قیمت، از داده‌های تاریخی استفاده می‌کند، پس می‌توان از این مدل برای کشف رفتار عادی سهم استفاده نمود، لذا می‌توان از این مدل در مطالعات اتفاق در فاز شناخت رفتار سهم استفاده نمود، همچنین می‌توان با استفاده از روابط فازی قوانینی مربوط به نحوه‌ی عملکرد سهم در شرایط و اتفاقات مختلف استخراج نمود.

مراجع

- [1] Jilani, T.A., Burney, S.M.A., "Multivariate stochastic Fuzzy Forecasting Models", Expert Systems with Applications, Vol.35, Issue 3, October 2008, pp. 691-700.
- [2] Song, Q., Chissom, B.S., "Fuzzy Time Series and its Models", Fuzzy Sets and Systems, Vol. 54, 1993, pp. 269-277.
- [3] Chen, S.M., "Forecasting Enrollments Based on Fuzzy Time Series," Fuzzy Sets and Systems, vol. 81, issue. 3, August 1996, pp. 311-319.

۷. جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

یکی از موارد مهم و تأثیرگذار در پیش‌بینی سری‌های زمانی فازی، مسئله‌ی تعیین بازه‌ها است. در این راستا نیز مدل‌های متعددی برای یافتن بازه‌های مناسب توسط محققین طراحی و ارائه شده است. در این مقاله سعی شد با استفاده از الگوریتم شبیه‌سازی تبرید و نگرشی جدید به مسئله‌ی بازه‌بندی، مدلی نوین برای پیش‌بینی سری‌های زمانی فازی ارائه گردد، این نوع بازه‌بندی حساسیت خوبی در برابر نوع توزیع و پراکندگی دارد و میتواند بازه‌هایی متناسب با پراکندگی وتوزیع‌های واقعی دانشگاه آلاما نتایج حاصل از اجرای مدل بروی داده‌های واقعی دانشگاه آلاما نشان دهنده‌ی برتری کامل مدل نسبت به مدل‌های پیشین ارائه شده در فضای سری‌های زمانی فازی می‌باشد.

موارد بسیار زیادی را می‌توان برای آزمودن و پیشرفت این مدل نام برد که به تعدادی از آنها اشاره می‌کنیم:

۱. در این مطالعه ما برای یافتن تعداد بازه‌ی مناسب برای داده‌های مختلف، مجبور به انجام اجراهای با تعداد بازه‌های مختلف و مقایسه‌ی نتایج بودیم، می‌توان با اجرای مدل در شرایط مختلف تعداد بازه‌ی مطلوب را در حالات مختلف داده‌ها با توجه به توزیع داده، تعداد داده، و یا حتی نوع داده (بازارسهام، پذیرش دانشگاه، ...) بیان نمود.

۲. پیش‌بینی در بازار با درنظر داشتن رابطه‌ی بین سهم‌های مختلف با یکدیگر و حتی شاخص‌های بازار می‌تواند نتایج بهتری را

- [18] Park, J.I., Lee, D.J., Song, C.K., Chun, M.G., "TAIFEX and KOSPI 200 Forecasting Based on Two-Factors High-Order Fuzzy Time Series and Particle Swarm Optimization", Expert Systems with Applications, Vol. 37 March 2010, pp.959–967.
- [19] Wong, H.L., Tu, Y.H., Wang C.C., "Application of Fuzzy Time Series Models for Forecasting the Amount of Taiwan Export", Expert Systems with Applications, Vol. 37, March 2010, pp. 1465–1470.
- [20] Metropolis, N., Rosenbluth, A.W., Rosenbluth, M.N., Teller, A.H., Teller, E., "Equations of State Calculations by Fast Computing Machines", Journal of Chemical Physics, Vol. 21, 1953, pp.1087-1092.
- [21] Kirkpatrick, S., Gelatt, C. D., Vecchi, M. P., "Optimization by Simulated Annealing", Science, Vol. 220, 1983, pp. 671-680.
- [22] Liu, H.T., "An Improved Fuzzy Time Series Forecasting Method Using Trapezoidal Fuzzy Numbers", Fuzzy Optim Decis Making, Vol. 6, 2007, pp. 63–80.
- [4] Huarng, K., "Effective Lengths of Intervals to Improve Forecasting in Fuzzy Time Series," Fuzzy Sets and Systems, vol. 123, November 2001, pp. 387–394.
- [5] Cheng, C.H., "Fuzzy Time-Series Based on Adaptive Expectation Model for TAIEX Forecasting," Expert Systems with Applications, vol. 34, May 2008, pp. 1126–1132.
- [6] Huarng, K., "Heuristic Models of Fuzzy Time Series for Forecasting", Fuzzy Sets Systems, Vol. 123, No. 3, 2001, pp. 369–386.
- [7] Chen, M.S., "Forecasting Enrollments Based on High-Order Fuzzytime Series". Cybernetic Systems, Vol. 33, No.1, 2002, pp.1–16.
- [8] Melike, S., Konstsntin, Y.D., "Forecasting Enrollment Model Based on First-Order Fuzzy Time Series", Proceedings of international conference on computational intelligence, Istanbul, Turkey, 2004.
- [9] Ruey, C.T., "Fuzzy Relation Analysis in Fuzzy Time Series Model", Computers & Mathematics with Applications, Vol. 49, Issue 4, February 2005, pp. 539–548.
- [10] Lee, L.W., Wang, L.W., Chen, S.M., "Handling Forecasting Problems Based on Two-Factors High-Order time Series", IEEE Transactions on Fuzzy Systems, Vol. 14, No. 3, 2006, pp. 468–477.
- [11] Huarng, K., Heuristic Models of Fuzzy Time Series for Forecasting, Fuzzy Sets Systems, Vol. 123, No. 3, 2001, pp. 369–386.
- [12] Lee, L.W., Wang, L.H., Chen, S.M., Leu, Y.H., "Handling Forecasting Problems Based on Two-Factors High-Order Fuzzy Time Series", IEEE Transactions on Fuzzy Systems, vol. 14, issue. 3, January 2006, pp. 468-477.
- [13] Singh, S.R., "A Simple Method of Forecasting Based on Fuzzy Time Series", Applied Mathematics and Computation, Vol. 186, 2007, pp. 330–339.
- [14] Singh, S.R., "A Robust Method of Forecasting Based on Fuzzy Time Series," Applied Mathematics and Computation, Vol. 188, May 2007, pp. 472-484.
- [15] Lee, L.W., Wang, L.H., Chen, S.M., "Temperature Prediction and TAIFEX Forecasting Based on Fuzzy Logical Relationships and Genetic Algorithms, Expert Systems with Applications, Vol. 33, 2007, pp. 539–550.
- [16] Lee, L.W., Wang, L.H., Chen, S.M., "Temperature Prediction and TAIFEX Forecasting Based on High-Order Fuzzy Logical Relationships and Genetic Simulated Annealing techniques", Expert Systems with Applications, Vol. 34, 2008, pp. 328–336.
- [17] Kuo, H., Horng, I.H., Kao, S.J., Lin, T.W., Lee, T.L., Pan, C.L., "An Improved Method for Forecasting Enrollments Based on Fuzzy Time Series and Particle Swarm Optimization", Expert Systems with Applications, Vol. 36, Issue. 3, April 2009, pp. 6108–6117.