به‌کارگیری مدل میانگین متحرک خودرگرسیون انباشته فازی به منظور پیش‌بینی نرخ ارز

مهدی خاشعی* و مهدی بیجاری**
دانشکدهٔ مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی اصفهان

(دریافت مقاله: ۸۵/۵/۸– دریافت نسخه نهایی: ۸۶/۵/۷)

چکیده – در دنیای امروز به‌کارگیری روشهای کمی پیش‌بینی در زمینه‌های مختلف مورد توجه گسترده قرارگرفته است. تغییرات سریع محیطهای ناشناخته در دنیای واقعی و به‌ویژه بازارهای مالی سبب ایجاد مشکلاتی برای پیش‌بینی‌کنندگان به منظور تأمین داده‌های مورد نیاز شده است. مدلهای میانگین متحرک خود رگرسیون انباشته (*ARIMA*) دارای محدودیت تعداد داده‌های گذشته بوده و شبکه‌های عصبی مصنوعی(*ANNs*) نیز به منظور حصول نتایج دقیق احتیاج به داده‌های زیادی دارند. مدلهای رگرسیون فازی، مدلهایی مناسب در شرایط پیش‌بینی با داده‌های قابل حصول کم‌اند. در این مقاله به منظور برطرف ساختن مشکل مذکور و حصول نتایج دقیقتر، مدلهای میانگین متحرک خودرگرسیون انباشته با رگرسیون فازی ترکیب‌شده‌اند. نتایج حاصله از به‌کارگیری روش ترکیبی در بازار ارز بیانگر کارامدی این روش در پیش‌بینی بازه تغییرات نرخ ارز بوده است.

واژگان کلیدی : پیش‌بینی نرخ ارز، مدل اریما (*ARIMA*)، مدل میانگین متحرک خود رگرسیون انباشته فازی (*FARIMA*)

Using a Fuzzy Auto Regressive Integrated Moving Average Model for Exchange Rate Forecasting

Mehdi Khashei and Mehdi Bijari
Department of Industrial Engineering, Isfahan University of Technology

[DOR: 20.1001.1.2251600.1386.26.2.11.0]

Abstract: ***Forecasting methods have wide applications in decision making. In the real world, rapid changes normally take place in different areas, specifically in financial markets. Collecting the required data is a main problem for forecasters in such unstable environments. Forecasting methods such as Auto Regressive Integrated Moving Average (ARIMA) models and also Artificial Neural Networks (ANNs) need large amounts of historical data. Although fuzzy forecasting models such as fuzzy regression are suitable methods when the data available is scant, their performance is not satisfactory at times. In this paper, a new Fuzzy Auto Regressive Integrated Moving Average (FARIMA) is presented. The proposed model can be run with less data, so***

* – کارشناس ارشد　　　** – استادیار

it is more suitable than other models for cases where there are limited data available. The results obtained on exchange rate forecasting reveal the efficiency of the proposed model.

Keywords: *Exchange rate, Auto Regressive Integrated Moving Average, Fuzzy regression, Time series forecasting, Combined forecast.*

۱– مقدمه

به‌کارگیری روشهای کمی به منظور پیش‌بینی بازارهای مالی، بهبود تصمیم‌گیریها و سرمایه‌گذاریها به ضرورتی انکار ناپذیر در دنیای امروز تبدیل شده است. نرخ ارز یکی از مهمترین متغیرهای مؤثر در سیستمهای مالی بوده و پیش‌بینی آن می‌تواند باعث بهبود قابل توجهی در عملکرد این‌گونه از سیستمها شود. تحقیقات بسیاری در زمینه پیش‌بینی نرخ ارز انجام شده است [۱ و ۲] که تعداد انتشارات بیانگر اهمیت مسئله مذکور است. اینس [۳] از یک مدل دومرحله‌ای ترکیبی به منظور پیش‌بینی نرخ ارز استفاده کرده است. وی در این مقاله با ترکیب مدلهای پارامتریک و غیر پارامتریک، روشی به منظور پیش‌بینی ارائه کرده است. چن نیز در تحقیقی مشابه از یک روش ترکیبی به منظور پیش‌بینی در بازارهای مالی و پیش‌بینی و تعیین روند تغییرات نرخ ارز استفاده کرده است[۴].

امروزه علی‌رغم وجود روشهای کمی متعدد برای پیش‌بینیهای مالی، هنوز پیش‌بینی دقیق نرخ ارز کار چندان ساده‌ای نیست و اکثر محققان درصدد به‌کارگیری و مقایسه روشهای متفاوت به منظور حصول نتایج دقیقترند[۵]. مید [۶] دقت مدلهای کوتاه مدت خطی و غیرخطی پیش‌بینی را به منظور پیش‌بینی نرخ ارز بایکدیگر مقایسه کرده است. بالابان نیز عملکرد چهار روش متفاوت پیش‌بینی را به منظور پیش‌بینی نرخ ارز بایکدیگر مقایسه کرده است[۷]. از سایر اقدامات انجام شده در این زمینه می‌توان به مقالات شین [۸] و وانگ [۹] اشاره کرد.

از زمان پیشنهاد مدلهای میانگین متحرک خود رگرسیون انباشته توسط بوکس– جنکینز [۱۰] تا به امروز از این‌گونه مدلها در پیش‌بینی مسائل متعددی همچون مسائل اجتماعی، اقتصادی، مهندسی و مالی استفاده شده و نتایج مفید و مؤثری نیز دربرداشته‌اند. اساس عملکرد این‌گونه مدلها بر این فرض اولیه استوار است که مقادیر آینده سری زمانی، رابطه تابعی مشخص و واضحی با مقادیر گذشته و فعلی سری زمانی و همچنین خطاهای خالص مدل دارند. این‌گونه از مدلها برای پیش‌بینیهای کوتاه‌مدت بسیار مفید بوده و در صورت فراهم بودن شرایط مطلوب، پیش‌بینیهای دقیقی نیز ایجاد می‌کنند. از جمله این شرایط می‌توان احتیاج به حداقل پنجاه و ترجیحاً یکصد مشاهده یا بیشتر اشاره کرد، علاوه بر این، این‌گونه مدلها از مفهوم عبارت خطا (تفاوت بین مقادیر تخمین‌زده شده با مقادیر اصلی) استفاده می‌کنند لذا به منظور به‌کارگیری این‌گونه از مدلها باید تمامی فرضهای مربوط به عبارت خطا را در مدلسازی لحاظ کرد.

تاناکا [۱۱–۱۳] به منظور جلوگیری از خطای مدلسازی، رگرسیون فازی که اساساً یک مدل پیش‌بینی فاصله‌ای است را پیشنهاد داده است. امّا این مدل نیز معایبی دارد که از جمله مهمترین آنها می‌توان به وسیع‌شدن بیش از حد فاصله پیش‌بینی که به علت وجود برخی از مقادیر پرت ایجاد می‌شود، اشاره کرد. سریهای زمانی فازی توسط سانگ و چیزوم [۱۴–۱۶] براساس معادلات فازی و منطق تقریبی مدلسازی و مطرح شد. چن [۱۷] نیز یک روش سری زمانی براساس سریهای زمانی و مفاهیم سانگ پیشنهاد داده است. کاربردهای فراوانی از رگرسیون فازی به منظور تحلیل سریهای زمانی فازی توسط محققان ارائه شده است[۱۸]، امّا این مدلها شامل مفاهیم مدل بوکس– جنکینز نیستند. در این مقاله از مفاهیم و نتایج حاصله از هر دوی این روشها (اریما و رگرسیون فازی) استفاده شده است تا بتوان از کلیه مزایای موجود در این روشها به منظور پیش‌بینیهای بهتر استفاده کرده و محدودیتهای هر یک از این مدلها را نیز تا حد امکان کاهش داد. برخی از این موارد از قرار زیر است:

۱– تعیین بهترین و بدترین موقعیتهای ممکن برای تصمیم‌گیریهای صحیحتر و دقیقتر.

۲– نیاز به مشاهدات کمتر نسبت به مدل اریما.

[DOR: 20.1001.1.2251600.1386.26.2.11.0]

سایر قسمتهای این مقاله بدین صورت‌اند: مفهوم سریهای زمانی اریما و رگرسیون فازی در بخش دوم شرح داده شده است. مدل اریمای فازی که به منظور پیش‌بینی مورد استفاده قرارگرفته است در بخش سوم توضیح داده شده است. در بخش چهارم با استفاده از مدل اریمای فازی نرخ ارز(دلار آمریکا در مقابل ریال) پیش‌بینی شده و عملکرد آن با مدل اریما مقایسه شده است، در نهایت نیز نتایج مدلها مورد تجزیه و تحلیل قرارگرفته‌اند.

۲- مدلهای ARIMA(p,d,q) و رگرسیون فازی

سری زمانی $\{Z_t\}$ توسط یک فرایند اریما با میانگین μ از مدل بوکس- جنکینز تولید شده است[۱۹] اگر

$$\varphi(B)(1-B)^d(Z_t-\mu)=\theta(B)a_t \qquad (۱)$$

$$\varphi(B)=1-\varphi_1B-\varphi_2B^2-.....-\varphi_pB^p,$$

به‌طوری که

$$\theta(B)=1-\theta_1B-\theta_2B^2-.....-\theta_qB^q$$

چندجمله‌هایی از B از درجه‌های p , q بوده، B یک عملگر پسرو، اعداد q,d,p اعداد صحیح و $\{Z_t\}$ بیانگر مقادیر مشاهده شده سری زمانی‌اند t=1,2,..,k. در حالت کلی فرمولبندی مدل اریما شامل چهار مرحله می‌باشد[۲۰]:

۱- شناسایی آزمایشی ساختار مدل.

۲- تخمین پارامترهای مجهول مدل.

۳- تشخیص دقت برازش مدل.

۴- پیش‌بینی با مدل انتخابی.

به‌طورکلی چنین فرض می‌شود که جمله خطای خالص a_t متغیری تصادفی با توزیع نرمال با میانگین صفر و واریانس σ^2 و مستقل از مشاهدات است. همچنین ریشه‌های معادله $\varphi(Z)=0$ و $\theta(Z)=0$ همگی بزرگتر از یک باشند[۱۹]. در مدلهای اریما در صورت امکان حداقل پنجاه و ترجیحاً یکصد یا بیشتر مشاهده به‌کارگرفته می‌شود، امّا با توجه به تغییرات سریع محیطهای ناشناخته در دنیای واقعی اغلب باید موقعیتهای آینده را با استفاده از داده‌هایی با تعداد کم و در ظرف مدت کوتاهتر پیش‌بینی کرد، همچنین مسئله تشخیص اینکه داده‌ها دارای توزیع نرمال باشند، امری مشکل است. لذا استفاده از این‌گونه مدلها دارای محدودیتهایی از این دست خواهد بود.

این مدلها از مفاهیم جمله خطا استفاده می‌کنند، امّا تخمینهای ما مقادیر دقیقی بوده و شامل جمله خطا نمی‌شوند و این همان مفهوم پایه‌ای رگرسیون فازی است که توسط تاناکا و همکارانش[۱۳] پیشنهاد شده است. مفهوم اساسی نظریه فازی و رگرسیون فازی این است که جمله خطا از باقیمانده‌های بین مقادیر تخمین زده شده و مقادیر اصلی یا مشاهدات تولید نمی‌شود بلکه در عدم قطعیت پارامترهای مدل و امکان توزیع در ارتباط با مشاهدات حقیقی به‌کارگرفته می‌شوند. مدل رگرسیون خطی فازی در حالت کلی به صورت زیر است:

$$Y=\beta_0+\beta_1x_1+....+\beta_nx_n=\sum_{i=0}^{n}\beta_ix_i=X'\beta \qquad (۲)$$

به‌طوری که X بردار متغیرهای مستقل، علامت پریم ' عملگر ترانهاده، n تعداد متغیرها و β_i مجموعه‌های فازی بیانگر iامین پارامتر مدل هستند.

این اعداد فازی (پارامترهای β_i) به شکل اعداد فازی نوع-ال دابیوس و پریس [۲۱] $(\alpha_i,c_i)_L$ با توزیع احتمال به صورت زیرند:

$$\mu_{\beta_i}(\beta_i)=L\{(\alpha_i-\beta_i/c)\} \qquad (۳)$$

به‌طوری که L یک تابع است. پارامترهای فازی نیز به شکل اعداد فازی مثلثی به‌کارگرفته شده‌اند.

$$\mu_{\beta_i}(\beta_i)=\begin{cases}1-\dfrac{|\alpha_i-\beta_i|}{c_i} & \alpha_i-c_i\le\beta_i\le\alpha_i+c_i,\\ 0 & \text{otherwise,}\end{cases} \qquad (۴)$$

به‌طوری که $\mu_{\beta_i}(\beta_i)$ تابع عضویت مجموعه فازی بیانگر پارامترهای β_i، α_i مرکز عدد فازی و c_i گسترش حول مرکزند. حال با توجه به اصل گسترش تابع عضویت عدد فازی $y_t=X_t'\beta$ را می‌توان بدین صورت تعریف کرد:

$$\mu_y(y_t)=\begin{cases}1-\dfrac{|y_t-x_t\alpha|}{c'|x_t|} & \text{for } x_t\ne0,\\ 1 & \text{for } x_t=0,\quad y_t=0,\\ 0 & \text{for } x_t=0,\quad y_t\ne0,\end{cases} \qquad (۵)$$

[DOR: 20.1001.1.2251600.1386.26.2.11.0]

به‌طوری که α و c به ترتیب بردار مقادیر مربوط به پارامترها و گسترشهای آنها حول مرکزند. به‌طورکلی مدل از حداقل‌کردن کل ابهامات (که برابر با مجموع گسترشهای تکی و مربوط به هر یک از پارامترهای فازی مدل است) استفاده می‌کند.

$$\text{Minimize} \quad S=\sum_{t=1}^{k} c'|x_t| \qquad (۶)$$

این روش همچنین به‌طور همزمان شرایطی را که مقدار عضویت به ازای هر مشاهده y_t بزرگتر از یک حد آستانه تعیین شده در سطح h است ($h\in[0,1]$) را نیز درنظر می‌گیرد. این معیار بیانگر این حقیقت است که خروجی فازی مدل باید برای تمامی نقاط داده‌ای $y_1,y_2,\dots,y_k$ بیشتر از مقدار انتخابی سطح h باشد. انتخاب مقدار سطح h بر گسترشهای پارامترهای فازی مدل (c) مؤثر است.

$$\mu_y(y_t)\ge h \qquad \text{for } t=1,2,\dots,k \qquad (۷)$$

شاخص t به تعداد داده‌های غیرفازی به‌کارگرفته شده در ساخت مدل برمی‌گردد.

مسئله پیداکردن پارامترهای رگرسیون فازی توسط تاناکا به صورت یک برنامه‌ریزی خطی فرموله شده است[۱۲].

$$\begin{aligned}&\text{Minimize} \quad S=\sum_{t=1}^{k} c'|x_t|\\ &\text{subject.to}\quad \begin{cases} x_t'\alpha+(1-h)c'|x_t|\ge y_t & t=1,2,\dots,k\\ x_t'\alpha-(1-h)c'|x_t|\le y_t & t=1,2,\dots,k\\ c\ge 0\end{cases}\end{aligned} \qquad (۸)$$

به‌طوری که $c'=(c_1,c_2,\dots,c_n)$ و $\alpha'=(\alpha_1,\alpha_2,\dots,\alpha_n)$ بردار متغیرهای مجهول و S کل ابهامی است که قبلاً تعریف شده است.

۳- فرموله‌کردن مدل

مدل اریما مدل پیش‌بینی دقیقی برای دوره‌های زمانی کوتاه مدت است. امّا دارای محدودیت تعداد زیاد داده‌های گذشته (حداقل ۵۰ و ترجیحا ۱۰۰ یا بیشتر) می‌باشد. در صورتی‌که امروزه در جامعه ما به علت عدم قطعیت محیط و توسعه سریع تکنولوژی نوین معمولا باید موقعیتهای آینده را با استفاده از داده‌های کم و در بازه زمانی کوتاه‌مدت پیش‌بینی کرد. بنابراین به روشهای پیش‌بینی نیاز است که به داده‌های کمتری نسبت به مدل اریما احتیاج داشته باشند.

مدل رگرسیون فازی یک مدل پیش‌بینی بازه‌ای مناسب در شرایط داده‌های قابل حصول کم است. هدف این مقاله بهره‌گیری از مزیتهای رگرسیون فازی و مدلهای اریما برای پیش‌بینی نرخ ارز با به‌کارگیری مدل اریمای فازی و برطرف کردن محدودیتهای موجود در روشهای رگرسیون فازی و اریما است.

پارامترهای مدل اریما، $\varphi_1,\varphi_2,\dots,\varphi_p$ و $\theta_1,\theta_2,\dots,\theta_q$ قطعی‌اند، در صورتی‌که در روش جدید به جای به‌کارگیری این مقادیر قطعی، پارامترهای فازی $\tilde\varphi_1,\tilde\varphi_2,\dots,\tilde\varphi_p$ و $\tilde\theta_1,\tilde\theta_2,\dots,\tilde\theta_q$ به شکل اعداد فازی مثلثی به‌کارگرفته شده‌اند. با استفاده از پارامترهای فازی نیاز به داده‌های گذشته کاهش می‌یابد (a_t از مقادیر مشاهدات به‌دست می‌آید در نتیجه مقداری قطعی خواهد بود). علاوه بر این، در این مطالعه، متدولوژی ارائه شده توسط ایشیبوچی و تاناکا [۲۲] برای شرایطی که دامنه پیش‌بینی وسیع می‌شود به‌کارگرفته شده است. یک مدل اریمای فازی با توابع و پارامترهای فازی بدین صورت است:

$$\tilde\Phi_p(B)W_t=\tilde\theta_q(B)a_t \qquad (۹)$$

$$W_t=(1-B)^d(Z_t-\mu) \qquad (۱۰)$$

$$\begin{aligned}\tilde W_t=&\tilde\varphi_1 W_{t-1}+\tilde\varphi_2 W_{t-2}+\dots\\ &+\tilde\varphi_p W_{t-p}+a_t-\tilde\theta_{p+1}a_{t-1}-\tilde\theta_{p+2}a_{t-2}-\dots\\ &-\tilde\theta_{p+q}a_{t-q}\end{aligned} \qquad (۱۱)$$

که $\{Z_t\}$ مشاهدات و $\tilde\varphi_1,\tilde\varphi_2,\dots,\tilde\varphi_p$ و $\tilde\theta_1,\tilde\theta_2,\dots,\tilde\theta_q$ اعداد فازی هستند. حال معادله(۱۱) به‌صورت زیر تبدیل می‌شود.

$$\begin{aligned}\tilde W_t=&\tilde\beta_1 W_{t-1}+\tilde\beta_2 W_{t-2}+\dots\\ &+\tilde\beta_p W_{t-p}+a_t-\tilde\beta_{p+1}a_{t-1}-\tilde\beta_{p+2}a_{t-2}-\dots\\ &-\tilde\beta_{p+q}a_{t-q}\end{aligned} \qquad (۱۲)$$

پارامترهای فازی در این معادله به‌صورت اعداد فازی مثلثی مطابق زیر در نظرگرفته شده‌اند.

$$\mu_{\beta_i}(\beta_i)=\begin{cases}1-\dfrac{|\alpha_i-\beta_i|}{c_i} & \text{if} \quad \alpha_i-c_i\le\beta_i\le\alpha_i+c_i,\\ 0 & \text{otherwise,}\end{cases} \qquad (۱۳)$$

[DOR: 20.1001.1.2251600.1386.26.2.11.0]

به‌طوری که $\mu_{\tilde{\beta}}(\beta_i)$ تابع عضویت مجموعه فازی است کـه بـا پارامترهـای α_i,β_i مـشخص مـی‌شـوند. حـال بـا اسـتفاده از پارامترهای فازی β_i به صورت اعداد فـازی مثلثـی و همچنـین اصل گسترش، تابع عضویت W مطابق ذیل خواهد بود[۱۲].

$$\mu_{\tilde{w}}(W_t)=\begin{cases}1-\dfrac{\left|W_t-\sum_{i=1}^{p}\alpha_i W_{t-i}-a_t+\sum_{i=p+1}^{p+q}\alpha_i a_{t+p-i}\right|}{\sum_{i=1}^{p}c_i\left|W_{t-i}\right|+\sum_{i=p+1}^{p+q}c_i\left|a_{t+p-i}\right|} & \text{for } W_t\neq 0,\ a_t\neq 0\\ 0 & \text{otherwise}\end{cases}\tag{۱۴}$$

کـه h سـطح آسـتانه‌ای بـرای میـزان توابـع عـضویت تمـامی مشاهدات است

$$Z_Z(Z_t)\ge h \qquad \text{for } i=1,2,....,k\tag{۱۵}$$

به عبارت دیگر S مطابق زیر محاسبه می‌شود

$$S=\sum_{i=1}^{p}\sum_{t=1}^{k}c_i\left|\varphi_{ii}\right|\left|W_{t-i}\right|+\sum_{i=p+1}^{p+q}\sum_{t=1}^{k}c_i\left|\rho_{i-p}\right|\left|a_{t+p-i}\right|\tag{۱۶}$$

به قسمی که ρ_{i-p} ضریب خودهمبستگی در وقفه زمانی i-p و φ_{ii} ضریب خود همبستگی جزئی در وقفه زمانی i ام است

$$\begin{aligned}&\text{Minimize } S=\sum_{i=1}^{p}\sum_{t=1}^{k}c_i\left|\varphi_{ii}\right|\left|W_{t-i}\right|+\sum_{i=p+1}^{p+q}\sum_{t=1}^{k}c_i\left|\rho_{i-p}\right|\left|a_{t+p-i}\right|\\&\sum_{i=1}^{p}\alpha_i W_{t-i}+a_t-\sum_{i=p+1}^{p+q}\alpha_i a_{t+p-i}+(1+h)\left(\sum_{i+1}^{p}c_i\left|W_{t-i}\right|\right.\\&\qquad\left.+\sum_{i=p+1}^{p+q}c_i\left|a_{t+p-i}\right|\right)\ge W_t \qquad t=1,2,..,k\\&\text{subject.to}\sum_{i=1}^{p}\alpha_i W_{t-i}+a_t-\sum_{i=p+1}^{p+q}\alpha_i a_{t+p-i}\\&\qquad+(1+h)\left(\sum_{i+1}^{p}c_i\left|W_{t-i}\right|+\sum_{i=p+1}^{p+q}c_i\left|a_{t+p-i}\right|\right)\le W_t\\&t=1,2,..,k \qquad c_i\ge 0 \qquad \text{for } i=1,2,...,p+q\end{aligned}\tag{۱۷}$$

مراحل روش اریمای فازی مطابق زیر است:

فاز یک: برازش مدل اریما بـا اسـتفاده از اطلاعـات موجـود در مشاهدات (که به صورت غیرفازی‌اند). نتیجه فـاز یـک جـواب بهینه پارامترها $\alpha^*=(\alpha_1^*,\alpha_2^*,....,\alpha_{p+q}^*)$ خطای خالص‌اند کـه به عنوان یکی از مجموعـه داده‌هـای ورودی در فـاز دوم مـورد استفاده قرار می‌گیرد[۱۳].

فاز دو: تعیین حداقل ابهام با استفاده از معیارهایی همانند معادلـه (۱۷) و $\alpha^*=(\alpha_1^*,\alpha_2^*,....,\alpha_{p+q}^*)$. تعـداد محـدودیتها برابـر بـا تعـداد مشاهدات است و مدل اریمای فازی بدین صورت است[۱۲]:

$$\begin{aligned}\widetilde{W}_t=&\langle\alpha_1,c_1\rangle W_{t-1}+...+\langle\alpha_p,c_p\rangle W_{t-p}+a_t\\&-\langle\alpha_{p+1},c_{p+1}\rangle a_{t-1}-....-\langle\alpha_{p+q},c_{p+q}\rangle a_{t-q}\end{aligned}\tag{۱۸}$$

که $W_t=(1-B)^d(Z_t-\mu)$ بوده و α_i,c_i به ترتیب مراکـز و پهنای اعداد فازی‌اند.

فاز سه: با توجه به نظرات ایشیبوچی داده‌های حـد بـالا و پـایین مدل وقتی که دامنه مدل اریمای فازی وسیع شود، حذف خواهنـد شد. به منظور ساختن مدلی شـامل همـه شـرایط ممکـن اریمـای فازی، اگر مجموعه داده‌هـا شـامل تفاوتهـای مـشخص یـا مـوارد خارج از محدوده‌اند، c_jها بسیار گسترده خواهند شد. طبق نظرات ایشیبوچی [۲۲] داده‌های اطراف مرزهای بالا و پایین مدل حـذف می‌شود، سپس مدل مجددا فرمولبندی می‌شود.

۴- به‌کارگیری مدل برای پیش‌بینی نرخ ارز

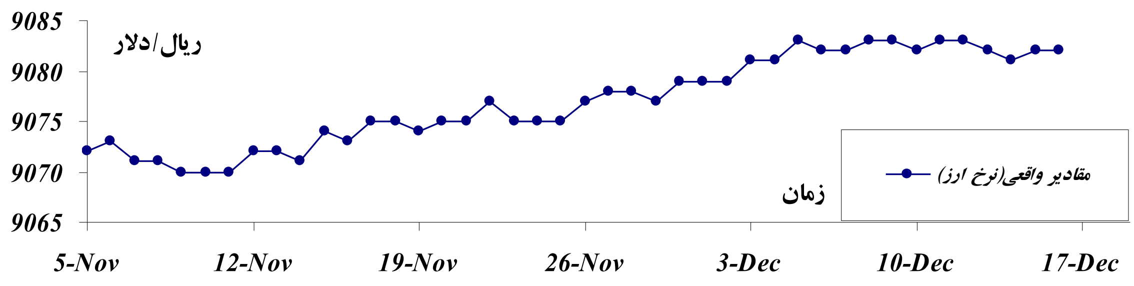
از مدل حاصله، در این قسمت بـه منظـور پـیش‌بینـی دامنـه تغییرات نرخ ارز استفاده شده است. اطلاعات اسـتفاده شـده در این تحقیق شامل ۴۲ داده روزانه نرخ ارز(دلارآمریکـا در مقابـل ریال) ازچهاردهم آبان ماه تا بیست و پنجم آذرمـاه سـال ۱۳۸۴ مطابق با پنجم نوامبر تـا شـانزدهم دسـامبر ۲۰۰۵ اسـت کـه در شکل(۱) نمایش داده شده است.

۴-۱- پیش‌بینی

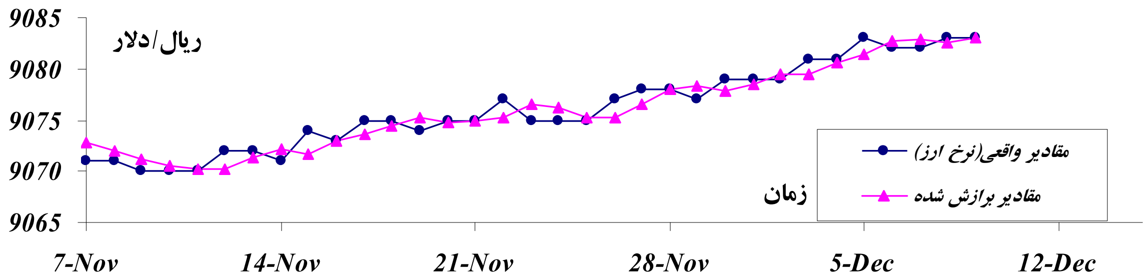
با به‌کارگیری مدل اریمای فـازی ابتـدا ۳۵ مـشاهده اول بـه منظور فرموله‌کردن مدل و سپس ۷ مشاهده آخر بـرای ارزیـابی عملکرد مدل مورد استفاده قرارگرفته‌اند.

فاز یک: بـا بـه‌کـارگیری نـرم‌افـزار Eveiws بهتـرین مـدل برازش‌شده ARIMA(2,1,0) بوده و مقادیر باقیمانده‌هـا (خطـای خالص) و مدل حاصله در شکل (۲) نشان داده شده است:

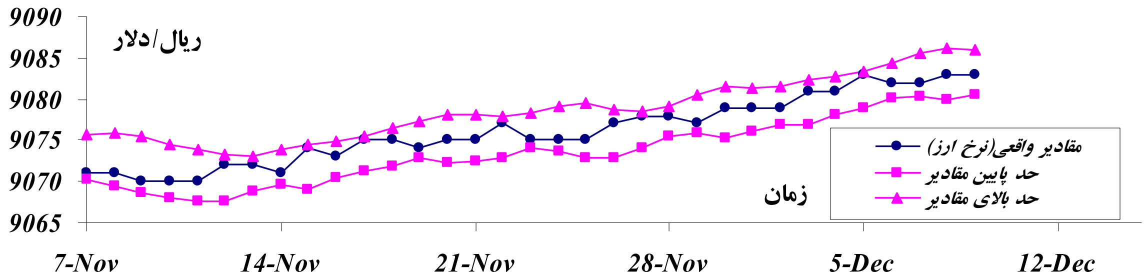
$$\widetilde{Z}_t=9060.5+0.607Z_{t-1}+0.421Z_{t-2}+a_t.\tag{۱۹}$$



شکل ۱- داده روزانه نرخ ارز از۵ نوامبر تا ۱۶ دسامبر ۲۰۰۵ مطابق با ۱۴آبان ماه تا ۲۵ آذر ماه ۱۳۸۴



شکل ۲- نتایج حاصله از برازش مدل میانگین متحرک خود رگرسیون انباشته



شکل ۳- مقادیر واقعی و حد بالا و پایین آنها

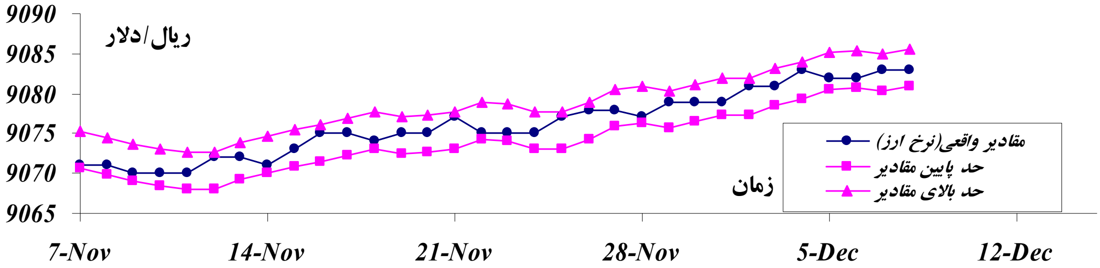
فاز دو (تعیین حداقل ابهام): با قراردادن پارامترهای فازی $(\alpha_0,\alpha_1,\alpha_2)=(9060.05,0.607,0.421)$ مدل با استفاده از معادله (۱۷) به‌دست آورده شده‌اند(h=0). نتایج حاصله در شکل (۳) ارائه شده است.

$$\tilde{Z}_t = 9060.5 + \langle 0.607, 0.00028\rangle Z_{t-1} + \langle 0.421, 0.0\rangle Z_{t-2} + a_t. \qquad (۲۰)$$

همان طور که در شکل (۳) مشاهده می‌شود مقادیر واقعی در فواصل فازی قرارگرفته‌اند امّا طول فواصل فازی بسیار وسیع شده و مدل اریمای فازی فواصل مناسبی را به‌دست نمی‌دهد.

فاز سه: از نتایج فوق مشخص می‌شود که مشاهده مربوط به بیست و چهارم آبان ماه(پانزدهم نوابر) در مرز بالایی قرارگرفته است، بنابراین محدودیت خطی که توسط این مشاهده تولید شده است را حذف و سپس فاز دوم مجددا تکرار می‌شود (h=0). نتایج در شکل (۴) آورده شده است.

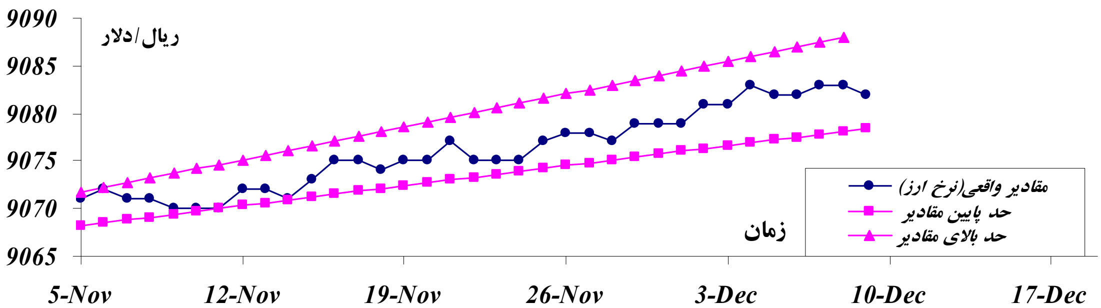
در انتها نیز با استفاده از مدل اریمای فازی بازبینی شده مقادیر آینده متغیر وابسته پیش‌بینی شده‌اند. نتایج مقادیر



شکل ۴- مقادیر واقعی و حد بالا و پایین آنها (بعد از حذف)

جدول ۱- حدود بالا و پایین و مقادیر اصلی(بعد از حذف)

تاریخ	مقادیر واقعی	حدپایین مقادیر		حد بالای مقادیر	
		قبل از حذف	بعد از حذف	قبل از حذف	بعد از حذف
شنبه (۱۹- آذر)	۹۰۸۲	۹۰۸۰	۹۰۸۱	۹۰۸۵	۹۰۸۵
یکشنبه(۲۰- آذر)	۹۰۸۳	۹۰۸۰	۹۰۸۰	۹۰۸۵	۹۰۸۴
دوشنبه(۲۱- آذر)	۹۰۸۳	۹۰۸۰	۹۰۸۱	۹۰۸۵	۹۰۸۵
سه‌شنبه(۲۲- آذر)	۹۰۸۲	۹۰۸۰	۹۰۸۱	۹۰۸۵	۹۰۸۵
چهارشنبه(۲۳- آذر)	۹۰۸۱	۹۰۸۰	۹۰۸۰	۹۰۸۵	۹۰۸۴
پنج‌شنبه(۲۴- آذر)	۹۰۸۲	۹۰۷۹	۹۰۷۹	۹۰۸۴	۹۰۸۳
جمعه(۲۵- آذر)	۹۰۸۲	۹۰۷۹	۹۰۸۰	۹۰۸۴	۹۰۸۴



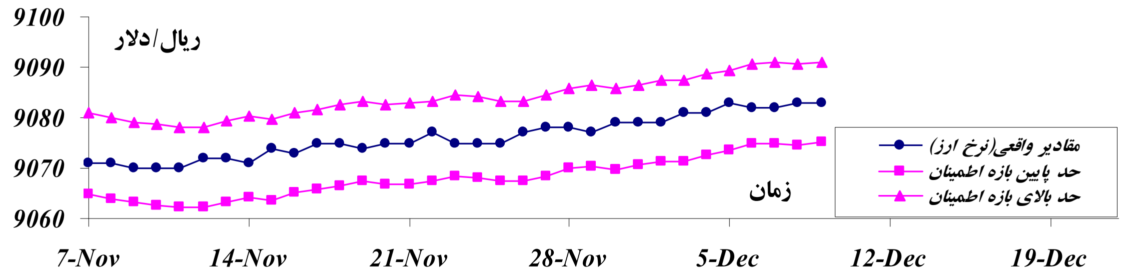
شکل ۵- مقادیر واقعی و حد بالا و پایین آنها (مدل واتادا)

پیش‌بینی شده در جدول(۱) آورده شده است. همان طوری که مشاهده می‌شود نتایج حاصله و فواصل فازی نسبت به مدل قبلی بسیار مطلوبتر است.

۴-۲- مقایسه عملکرد روش پیشنهادی

در این قسمت، با توجه به بازه به‌دست آمده از به‌کارگیری روش پیشنهادی در پیش‌بینی نرخ ارز، عملکرد روش مذکور با سایر روشها مقایسه شده است. روش سری زمانی ارائه شده توسط چن [۱۷] روشی نقطه‌ای است، لذا نمی‌تواند عملکرد بهتری نسبت به روش پیشنهادی داشته باشد. چراکه روش ترکیبی به دلیل استفاده از متدولوژی بوکس جنکینز، مدل بهینه‌ی نقطه‌ای را ارائه می‌کند. بازه حاصله از روش واتادا [۱۸] نیز همان طوری که در شکل (۵) مشاهده می‌شود به‌دلیل نوسانات موجود در داده‌ها واگرا شده و بازه مناسبی را به‌دست نمی‌دهد. همچنین با

[DOR: 20.1001.1.2251600.1386.26.2.11.0]



شکل ۶- بازه ۹۵٪ اطمینان مربوط به روش اریمای معمولی

مقایسه عرض بازه حاصله از روش ترکیبی می‌توان مشاهده کرد که بازه حاصله از روش پیشنهادی کم عرض‌تر از بازه ۹۵٪ اطمینان در روش اریمای معمولی شکل (۶) بوده و نتایج مطلوبتری را نسبت به این مدل ارائه کرده است.

۵- نتیجه‌گیری

تغییرات تکنولوژیکی و جهانی‌شدن تجارت و بازارهای مالی باعث شده است تا توانایی در پیش‌بینی دقیقتر و سریعتر الگوهای موجود در حفظ توان رقابتی اهمیت بیشتری پیدا کند. امّا تغییرات سریع این‌گونه از محیطهای ناشناخته و به‌ویژه بازارهای مالی، پیش‌بینی‌کنندگان را از لحاظ تأمین تعداد داده‌های لازم به‌منظور حصول نتایج مطلوب دچار مشکل کرده است. لذا در این مقاله بر اساس مضامین و اصول پایه‌ای مدل میانگین متحرک خود رگرسیون انباشته (ARIMA) و رگرسیون فازی تاناکا، مدل میانگین متحرک خود رگرسیون انباشته فازی(Fuzzy ARIMA) به منظور پیش‌بینی بازه تغییرات نرخ ارز (دلار آمریکا در مقابل ریال) پیشنهاد شده است. نتایج حاصله بیانگر آن است که مدل میانگین متحرک خود رگرسیون انباشته فازی نه تنها توانایی انجام یک پیش‌بینی مناسب را داشته بلکه برای تصمیم‌گیرندگان بهترین و بدترین حالت ممکن را نیز فراهم می‌سازد. همچنین مدل پیشنهادی با فازی درنظرگرفتن خروجیها اولا از فروض مربوط به جمله خطا رهایی می‌یابد ثانیا به داده‌های کمتری نسبت به مدل اریمای معمولی نیاز داشته و مدل مناسبی به منظور پیش‌بینی در شرایط داده‌های قابل حصول کم خواهد بود. البته این نکته قابل ذکر است که منظور از داده‌های قابل حصول کم تنها کمبود کمی داده‌ها نیست، چراکه در یک سیستم ممکن است داده‌ها به تعداد کافی موجود باشند اما داده‌ها از کیفیت لازم برخوردار نباشند. به عبارت دیگر داده‌های موجود در سیستم به‌دلیل تغییرات سریع محیط، توانایی توضیح حال و یا آینده سیستم را نداشته و امکان پیش‌بینی دقیق سیستم با داده‌های کذشته وجود ندارد.

قدردانی

در اینجا جا دارد از همکاریها و حمایتهای جناب آقای مهندس مجید رفیعی برای ارائه اطلاعات و آمار مورد نیاز و همچنین جناب آقای مهندس سید اسماعیل حسینی کمال تشکر و قدردانی را داشته باشیم.

مراجع

1. Balkin, S., “On Forecasting Exchange Rates Using Neural Networks: P.H. Franses and P.V. Homelen, Applied Financial Economics,” *International Journal of Forecasting*, Vol. 17, Issue 1, pp. 139-140, 2001.
2. Martens, M., “Forecasting daily Exchange Rate Volatility Using Intraday Returns,” *Journal of International Money and Finance*, Vol. 20, Issue 1, pp. 1-23, 2001.
3. Ince, H., and Trafalis Theodore, B, "A Hybrid Model for Exchange Rate Prediction,” *Decision Support Systems*, In Press, Corrected Proof, Available online 20, October 2005.

4. Chen, A., Leung, and Mark T., "Regression Neural Network for Error Correction in Foreign Exchange Forecasting and Trading," *Computers & Operations Research*, Vol. 31, Issue 7, pp. 1049-1068, 2004.
5. Chen, A., and Leung, M T., "A Bayesian Vector Error Correction Model for Forecasting Exchange Rates," *Computers & Operations Research*, Vol. 30, Issue 6, pp. 887-900, 2003.
6. Meade, N., "A Comparison of the Accuracy of Short Term Foreign Exchange Forecasting Methods," *International Journal of Forecasting*, Vol. 18, Issue 1, pp. 67-83, 2002.
7. Balaban, E., "Comparative Forecasting Performance of Symmetric and Asymmetric Conditional Volatility Models of an Exchange Rate", *Economics Letters*, Vol. 83, Issue 1, pp. 99-105, 2004.
8. Shin, T., and Han, I., "Optimal Signal Multi-Resolution by Genetic Algorithms to Support Artificial Neural Networks for Exchange-Rate Forecasting", *Expert Systems with Applications*, Vol. 18, Issue 4, pp. 257-269, 2000.
9. Wang, Sh., Yu, L., and Lai, K.K., "A Novel Nonlinear Ensemble Forecasting Model Incorporating GLAR and ANN for Foreign Exchange Rates", *Computers & Operations Research*, Vol. 32, Issue 10, pp. 2523-2541, 2005.
10. Box, P., and Jenkins, G.M., *Time Series Analysis: Forecasting and Control*, Holden-day Inc, San Francisco, CA, 1976.
11. Tanaka, H., "Fuzzy Data Analysis by Possibility Linear Models," *Fuzzy Sets and Systems* Vol. 24, No. 3, pp. 363– 375, 1987.
12. Tanaka, H., and Ishibuchi, H., "Possibility Regression Analysis Based on Linear Programming," in: J. Kacprzyk, M. Fedrizzi (Eds.), FuzzyRegression Analysis, Omnitech Press, Warsaw and Physica-Verlag, Heidelberg, pp. 47 -60, 1992.
13. Tanaka, S., and Uejima, K., "Linear Regression Analysis with Fuzzy Model," *IEEE Trans. Systems*, Man Cybernet, Vol. 12, No. 6, pp. 903-907, 1987.
14. Song, Q., and Chissom, B.S., "Fuzzy Time Series and its Models", *Fuzzy Sets and Systems* Vol. 54, No. 3, pp. 269- 277, 1993.
15. Song, Q., and Chissom, B.S., "Forecasting Enrollments with Fuzzy Time Series", parts I, *Fuzzy Sets and Systems* Vol. 54, No. 1, pp.1- 9, 1993.
16. Song, Q., Chissom, B.S., "Forecasting Enrollments with Fuzzy Time Series", part II, *Fuzzy Sets and Systems* Vol. 62, No. 1, pp. 1- 8, 1994.
17. Chen, S.M., "Forecasting Enrollments Based on Fuzzy Time Series", *Fuzzy Sets and Systems* Vol. 81, No. 3, pp. 311-319, 1996.
18. Watada, "Fuzzy Time Series Analysis and Forecasting of Sales Volume," in: J. Kacprzyk, M. Fedrizzi (Eds.), Fuzzy Regression Analysis, Omnitech Press, Warsaw and Physica-Verlag, Heidelberg, pp. 211- 227, 1992.

۱۹. گجراتی، د، *مبانی اقتصاد سنجی*، دانشگاه تهران، موسسه انتشارات و چاپ تهران، ویرایش دوم، ۱۳۷۷.

۲۰. شیوا، ر، *پیش‌بینی سریهای زمانی*، موسسه مطالعات و پژوهشهای بازرگانی، شرکت چاپ و نشر بازرگانی، ۱۳۷۵.

21. Dubois, D., and Prade, H., "Theory and Application," *Fuzzy Sets and Systems*, Academic Press, New York, 1980.
22. Ishibuchi, H., Tanaka, H., "Interval regression Analysis Based on Mixed 0-1 Integer Programming Problem," *J. Japan Soc. Ind. Eng*, Vol. 40, No. 5, pp. 312-319, 1988.

[DOR: 20.1001.1.2251600.1386.26.2.11.0]