

پیش‌بینی قیمت جهانی نفت به روش‌های سری زمانی فازی و روش کلاسیک آماری ARIMA و مقایسه نتایج آنها

احسان قمری^۱، مریم شهابی طبری^۲

دریافت: ۱۳۹۲/۱۱/۱۴ پذیرش: ۱۳۹۳/۳/۳۱

چکیده:

در این مطالعه دو روش سری زمانی کلاسیک ARIMA و سری زمانی فازی جهت پیش‌بینی قیمت روزانه‌ی نفت خام آپک مورد بررسی قرار می‌گیرد. با محاسبه مقادیر معیارهای خطا، نهایتاً مدل سری زمانی فازی به عنوان مدل برتر پیش‌بینی قیمت نفت خام انتخاب شده است. می‌توان این طور نتیجه گرفت که مدل‌های سری زمانی فازی در شرایطی که داده‌ها اندک و یا نادقیق هستند، یا به عبارتی زمانی که در شرایط نااطمینانی به سر می‌بریم؛ قادر خواهند بود نتایج قابل قبولی از خود ارائه دهند و حتی با ترکیب با سری‌های زمانی کلاسیک محدودیت آنها را نیز کاهش دهند. چرا که جهت تخمین با مدل ARIMA نیاز به ترجیحاً ۱۰۰ به بالا داده وجود دارد و این امر می‌تواند روش‌های نوین با رویکرد فازی را -به خصوص در شرایطی که دسترسی به داده‌ها تا حدی مشکل و وقت‌گیر است- مورد نظر بسیاری از محققان قرار دهد.

واژگان کلیدی: مدل اتورگرسیو میانگین متحرک انباشته (ARIMA)؛ مدل سری زمانی فازی؛ پیش‌بینی قیمت جهانی نفت خام.

طبقه بندی JEL: Q30, E37, C53.

۱. دانشجوی دکتری اقتصاد، مربی، عضو هیأت علمی موسسه آموزش عالی رجاء، (نویسنده مسئول) ghamary@gmail.com
۲. کارشناس ارشد برنامه‌ریزی سیستم‌های اقتصادی، دانشگاه آزاد اسلامی تهران مرکز، m.shahaby@gmail.com

۱- مقدمه

انتخاب بهترین روش پیش‌بینی همواره یکی از دغدغه‌های اقتصاددانان جهت اعمال سیاست-گذاری مناسب بوده است. در این میان اختلافاتی بین صاحب نظران وجود دارد. برخی روش‌های مبتنی بر اقتصادسنجی را بر می‌گزینند چرا که به دلیل آزمون پذیری این مدل‌ها قادرند نتایج قابل اتکایی را ارائه دهند. اما محدودیت نیاز به داده‌های زیاد در روش‌های مذکور، اقتصاددانان را بر آن داشته که به دنبال روش‌های نوین و نوآورانه‌ای باشند که علاوه بر کاستن از محدودیت‌های مدل-های کلاسیک قدرت پیش‌بینی بالایی نیز داشته باشند. تاکنون مدل‌های مختلفی جهت این امر ارائه شده است. در این میان مدل‌های فازی قادرند در شرایط عدم اطمینان و تعداد داده‌های کم نتایج قابل قبولی را از خود ارائه دهند. قیمت نفت به عنوان یکی از متغیرهای مهم می‌تواند با اثرگذاری بر سایر متغیرهای مهم اقتصادی، اقتصاد کشورهای جهان را تحت تاثیر قرار دهد. پیچیدگی ذاتی موجود در آن، باعث شده که این متغیر رفتاری آشوبناک از خود نشان دهد و این مسئله محققین را جهت ارائه پیش‌بینی دقیق با مشکلاتی مواجه کرده است. در این مطالعه قصد داریم با استفاده از دو روش کلاسیک^۱ ARIMA و سری زمانی فازی ابتکاری (هیوریستیک)^۲ به پیش‌بینی قیمت جهانی نفت خام آپک پرداخته و با استفاده از معیارهای خطا، توان پیش‌بینی این دو روش را با هم مقایسه کنیم.

بدین منظور در بخش اول اشاره‌ای کوتاه به مطالعات انجام شده در زمینه پیش‌بینی قیمت نفت پرداخته سپس در بخش دوم مبانی نظری دو روش سری زمانی کلاسیک ARIMA و سری زمانی فازی هیوریستیک مطرح می‌گردد، سپس در بخش چهارم به پیش‌بینی قیمت جهانی نفت خام با روش‌های مذکور پرداخته می‌شود، بخش پنجم این مقاله به نتایج و تحلیل اطلاعات و داده‌های مورد بررسی اختصاص دارد و در آخر در بخش ششم، نتیجه‌گیری از بحث جهت ارائه خواهد شد.

۲- مطالعات انجام شده

جهت بررسی پیشینه تحقیق به تاریخچه مطالعاتی که در مورد پیش‌بینی قیمت صورت گرفته می‌پردازیم و بر مطالعات داخلی و خارجی در این زمینه مروری خواهیم داشت:

1. Auto Regressive Integrated Moving Average.
2. Heuristic.

شمسی زاده (۱۳۸۴)، در رساله خود تحت عنوان "تحلیل و پیش‌بینی قیمت سبد نفت خام سازمان اُپک با استفاده از سری‌های زمانی فازی و آماری" به پیش‌بینی قیمت ماهانه نفت خام با استفاده از این مدل‌ها پرداخت. او به این نتیجه رسید که مدل‌های سری زمانی فازی هم از لحاظ ایجاد نوفه سفید و حذف نویز و هم از لحاظ پایین بودن خطاها موفق‌تر از مدل‌های سری زمانی آماری بوده‌اند. صادقی و همکاران (۱۳۸۹) به مقایسه عملکرد شبکه‌های عصبی و مدل ARIMA در مدل‌سازی و پیش‌بینی کوتاه مدت قیمت نفت خام اُپک پرداختند آنها نتیجه گرفتند که مدل شبکه عصبی می‌تواند نتایج بهتری را نسبت به مدل ARIMA ارائه دهد. کميجانی و اسدی در مقاله‌ای تحت عنوان سنجشی از تاثیر شوک‌های نفتی و سیاست‌های پولی بر رشد اقتصادی ایران، از مدل خود توضیح‌برداری (VAR) استفاده کردند. نتایج آنها نشان داد که ایران وابستگی بالایی به درآمدهای نفتی دارد ولی شوک‌های پولی منتج شده از شوک‌های نفتی و GDP (به ویژه سیاست‌های انبساطی) اثر اندک و حتی خنثی بر اقتصاد ایران دارد. (کميجانی، ۱۳۸۷، ۲۶۲) ابریشمی و همکاران در مقاله‌ای به ارزیابی عملکرد مدل‌های پیش‌بینی بی‌ثباتی قیمت نفت خام WTI پرداختند. آنها از مدل‌های خانواده ARCH استفاده کردند و نتیجه گرفتند که مدل‌های GARCH و TGARCH، عملکرد بهتری نسبت به سایرین از خود نشان می‌دهند. (ابریشمی، ۱۳۸۶، ۱) در خارج از کشور نیز تحقیقات گسترده‌ای در زمینه پیش‌بینی قیمت نفت صورت گرفته که در اینجا به دو مورد آن اکتفا می‌شود: عماد حیدر و رودنی ولف^۱ به پیش‌بینی قیمت نفت با مدل‌های ARIMA و EGARCH و شبکه عصبی پرداختند. نتایج نشان داد که مدل شبکه عصبی دارای الگوی غیر خطی در داده‌های هموارسازی شده قیمت نفت خام بوده و استپ‌های زیادی برای این داده‌ها امکان‌پذیر است. لین یو و همکاران^۲ نیز در سال ۲۰۰۸ به پیش‌بینی قیمت نفت خام WTI و برنت با استفاده از مدل‌های شبکه عصبی بر پایه EMD پرداخته و این مدل‌ها را بسیار قابل اتکا در پیش‌بینی این دو متغیر یافتند.

1. Imad Haidar and Rodney C. Wolff.

2. Lean Yu et al.

۳- مبانی نظری

۳-۱- مدل‌های خود رگرسیون میانگین متحرک انباشته (ARIMA)

این مدل، به طور وسیعی به وسیله باکس و جنکینز در سال ۱۹۷۶ مورد مطالعه و بررسی قرار گرفت. آنها رهیافتی تحت عنوان فرآیند باکس- جنکینز ارائه دادند که برای تجزیه و تحلیل سری‌های زمانی، پیش‌بینی و کنترل مورد استفاده قرار می‌گیرد. اگر یک سری زمانی پس از d بار تفاضل‌گیری مرتبه اول مانا شود و سپس آن را با فرآیند $ARMA(p,q)$ مدل‌سازی کنیم، سری زمانی اصلی، سری زمانی اتورگرسیو میانگین متحرک انباشته $ARIMA(p,d,q)$ خواهد بود. P ، جملات اتورگرسیو (AR)، d تعداد دفعات تفاضل‌گیری مرتبه اول برای مانا شدن و q تعداد جملات میانگین متحرک (MA) است.

$$Y_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^p \alpha_i y_{t-i} + \sum_{i=0}^q \beta_i \varepsilon_{t-i} \quad (1)$$

بزرگترین حسن این مدل‌ها، استفاده آنها برای پیش‌بینی است. زیرا در این مدل‌ها فقط از وقفه‌های متغیر وابسته و پسماند استفاده می‌شود. به همین دلیل، مدل‌های ARIMA گاهی اوقات مدل‌های غیر تثوریک نامیده می‌شوند؛ زیرا معمولاً تثوری‌های اقتصادی بر اساس مدل‌های معادلات همزمان استنتاج می‌شوند و مدل‌های ARIMA از تثوری‌های اقتصادی به دست نمی‌آیند. یکی از مباحث اصلی در داده‌های سری زمانی مانا بودن آنهاست. در این تثوری فرض می‌شود که دنباله داده‌ها ماناست. لذا ضرایب برآورد شده می‌بایست با فرض مذکور همخوانی داشته باشند. از سوی دیگر، در رویکرد باکس- جنکینز لازم است مدل معکوس پذیر باشد. دنباله $\{y_t\}$ یک دنباله معکوس پذیر است اگر بتوان آنرا به صورت یک فرآیند اتورگرسیو همگرا و یا با درجه متناهی نشان داد.

۳-۲- مدل سری زمانی فازی

سانگ و چیسام^۱ اولین کسانی بودند که در سال ۱۹۹۳، به معرفی شکل تازه‌ای از سری زمانی پرداختند. آنها در مقاله‌ای به پیش‌بینی تعداد ثبت نام شدگان دانشگاه آلاباما پرداختند.

1. Song & Chissom.

هدف آنها ارائه روش جدیدی جهت پیش بینی با استفاده از تئوری مجموعه های فازی بود چرا که مدل سازی با داده هایی که مقادیر کلامی^۱ هستند؛ با سری های زمانی رایج امکان پذیر نبود. آنها ابتدا دو مدل مستقل از زمان و وابسته به زمان را ارائه کردند. در مدل مستقل از زمان از عملگر MAX-MIN و در مدل وابسته به زمان از عملگر MIN-MAX برای ایجاد روابط منطقی فازی استفاده می شد. اما انجام این محاسبات بسیار پیچیده و زمان بر بود. بنابراین چن^۲ در سال ۱۹۹۶ مدل جدیدی را بر اساس عملیات حسابی برای پیش بینی ثبت نام شدگان این دانشگاه معرفی کرد. نتایج حاصله، برتری مدل چن را نسبت به دو مدل قبل نشان می داد. پس از او افراد زیادی به پیش بینی این داده ها پرداخته و نتایج را با هم مقایسه کردند. به طور مثال، هارانگ^۳ در سال ۲۰۰۰، مدل هیوریتیک را به عنوان مدلی برای تکمیل مدل چن ارائه کرد و آن را برای داده های ایستا و پویا مناسب دانست. او در این مدل از توابع هیوریتیک و متغیرهای چند حالتی برای اصلاح گروه های روابط منطقی فازی استفاده کرد. به این صورت که بر اساس حالات مختلف، متغیر یا متغیرهای مکاشفه ای یک گروه، حالات مختلفی را اختیار می کند. او با استفاده از این مدل تعداد ثبت نام شدگان دانشگاه آلاباما را پیش بینی کرد و میانگین مجذور خطا را با روش های قبلی مقایسه کرد. نتایج حاکی از آن بود که مدل حاصل توانایی بالایی برای بازسازی سری در مقایسه با دیگر مدل های بررسی شده دارد.

- الگوریتم کلی پیش بینی با سری زمانی فازی ابتکاری (هیوریتیک)

روش هیوریتیک پیشنهاد شده شامل مراحل زیر است:

۱- ایجاد مجموعه مرجع:

مجموعه مرجعی را برای استفاده در تعریف مجموعه های فازی معین می کنیم. برای این کار ابتدا مقادیر max و min مشاهدات را تعیین می نماییم، این مقادیر با $D_{\max}$ و $D_{\min}$ نشان داده شده اند. D_1 و D_2 دو عدد مثبت جهت روند کردن حد بالا و پایین بازه می باشند و بدین ترتیب مجموعه مرجع به صورت $U = [D_{\min} - D_1, D_{\max} + D_2]$ تعریف خواهد شد.

1. Linguistic Variable.

2. Chen

3. Huarang

۲- افراز مجموعه مرجع فوق به بازه‌های مساوی:

مجموعه مرجع را به چند فاصله با طول یکسان تقسیم می‌کنیم. در این پژوهش مجموعه U را به هفت فاصله $u_1, u_2, \dots, u_7$ تقسیم می‌نماییم.

۳- تعریف مجموعه‌های فازی:

در مجموعه مرجع U ، مجموعه‌های فازی را به صورت متغیر کلامی تعریف می‌کنیم. ابتدا تعدادی از مقادیر کلامی را به صورت زیر در نظر می‌گیریم:

$$A_1 = (\text{ثابت}) \quad A_2 = (\text{کاهش ملایم}) \quad A_3 = (\text{کاهش}) \quad A_4 = (\text{کاهش شدید})$$

$$A_5 = (\text{افزایش شدید}) \quad A_6 = (\text{افزایش ملایم}) \quad A_7 = (\text{افزایش})$$

پس از تعریف مقادیر کلامی مجموعه‌های فازی را در U تعریف می‌کنیم. در این مطالعه، $u_1, \dots, u_7$ به عنوان عناصر هر یک از مجموعه‌های فازی انتخاب می‌شود. برای تعیین میزان عضویت $u_1, \dots, u_7$ در هر یک از مجموعه‌های $A_1, \dots, A_7$ ، باید تعیین کرد که هر یک از $u_1, \dots, u_7$ به چه مقداری به $A_1, \dots, A_7$ تعلق دارند.

هر یک از مجموعه‌های فازی $A_1, \dots, A_7$ را می‌توان به صورت زیر بیان کرد:

$$A_1 = \{u_1/1, u_2/0.5, u_3/0, u_4/0, u_5/0, u_6/0, u_7/0\}$$

$$A_2 = \{u_1/0.5, u_2/1, u_3/0, u_4/0, u_5/0, u_6/0, u_7/0\}$$

$$A_3 = \{u_1/0, u_2/0.5, u_3/1, u_4/0, u_5/0, u_6/0, u_7/0\}$$

$$A_4 = \{u_1/0, u_2/0, u_3/0.5, u_4/1, u_5/0, u_6/0, u_7/0\}$$

$$A_5 = \{u_1/0, u_2/0, u_3/0, u_4/0.5, u_5/1, u_6/0, u_7/0\}$$

$$A_6 = \{u_1/0, u_2/0, u_3/0, u_4/0, u_5/0.5, u_6/1, u_7/0\}$$

$$A_7 = \{u_1/0, u_2/0, u_3/0, u_4/0, u_5/0, u_6/0.5, u_7/1\}$$

که در آنها $u_i (i=1, 2, \dots, 7)$ عناصر مجموعه‌های فازی و عدد زیر آن معرف درجه عضویت

u_i در مجموعه‌های فازی $A_j (j=1, 2, \dots, 7)$ می‌باشد.

۴- فازی سازی داده‌های ورودی:

داده‌های تاریخی مسئله را فازی می‌کنیم. به عبارت دیگر روابط فازی^۱ بر اساس مقادیر

فازی شده برقرار می‌کنیم. این روابط به صورت زیر معین می‌شود:

$$A_j \rightarrow A_q$$

$$A_j \rightarrow A_r$$

$$\vdots$$

$$A_m \rightarrow A_s$$

$$A_m \rightarrow A_t$$

1. Fuzzy Logic Relations (FLR).

۵- افزودن دانسته‌های هیوریستیک و تشکیل گروه‌های روابط منطقی فازی^۱ هیوریستیک:

روابط فازی منطقی فازی را همانند زیر گروه بندی می‌کنیم:

$$A_j \rightarrow A_q, A_r, \dots$$

$$A_m \rightarrow A_s, A_t, \dots$$

۶- پیش‌بینی مقادیر به عنوان خروجی مدل:

برای پیش‌بینی، در صورتی که $F(t-1) = A_j$ باشد، پیش‌بینی $F(t)$ را با استفاده از قواعد ذیل انجام می‌دهیم:

قاعده ۱: اگر گروه رابطه‌ای منطقی فازی هیوریستیک A_j خالی باشد یعنی $A_j \rightarrow$ ، در آن صورت مقدار پیش‌بینی $F(t)$ برابر است از نقطه میانی مجموعه u_i :

$$\text{Forecasting-value} = m_i \quad (2)$$

قاعده ۲: اگر مجموعه فازی A_i باشد و گروه رابطه‌ای فازی A_i به صورت یک به یک باشد یعنی $A_i \rightarrow A_{p1}$ در آن صورت مقدار پیش‌بینی برابر m_{p1} یعنی نقطه میانی u_{p1} خواهد بود:

$$\text{Forecasting-value} = m_{p1} \quad (3)$$

قاعده ۳: اگر مجموعه فازی A_i باشد و گروه رابطه‌ای فازی A_i به صورت یک به چند باشد یعنی $A_i \rightarrow A_{p1}, A_{p2}, \dots, A_{pk}$ در آن صورت مقدار پیش‌بینی برابر با میانگین نقاط میانی $u_{p1}, u_{p2}, \dots, u_{pk}$ خواهد بود.

$$\text{Forecasting-value} = \frac{\sum_{x=1}^k m_{pk}}{k} \quad (4)$$

۴- پیش‌بینی قیمت جهانی نفت خام آپک

۴-۱- پیش‌بینی قیمت جهانی نفت خام با استفاده از مدل سری زمانی ARIMA

برای پیش‌بینی داده‌های سری زمانی به وسیله ARIMA، ابتدا مانایی سری زمانی بررسی و مرتبه انباشتگی (d) تعیین می‌شود. در مطالعه حاضر، سری زمانی با تفاضل‌گیری مرتبه ۱

1. Fuzzy Logic Relations Group (FLRG).

براساس آزمون دیکی فولر تعمیم یافته (ADF^1)، مانا و سپس تعداد جملات اتورگرسیو P میانگین متحرک با استفاده از توابع خودهمبستگی و خودهمبستگی جزئی بر اساس مراحل باکس جنکینز تعیین می‌شود. اما از آنجا که ممکن است مدل‌های دیگری نیز وجود داشته باشند که مقادیر آکائیک یا شوارتز کمتری داشته باشند و بر الگوی مذکور ترجیح داده شوند، مدل‌های دیگر نیز بررسی می‌شوند. سپس تست‌های آسیب شناسی مدل، از جمله واریانس ناهمسانی و خودهمبستگی پسماندها انجام، تا بهترین مدل انتخاب شود. بر این اساس مدل $ARIMA(1,1,0)$ به عنوان بهترین گزینه در این بخش انتخاب گردید. نتایج حاصل از تخمین این مدل در پیوست، آورده شده است. لازم به ذکر است که این مدل‌سازی بر روی ۵۲۲ مشاهده قیمت روزانه نفت خام صورت گرفته است (از تاریخ ۳/۲۶/۲۰۱۰ تا ۳/۲۶/۲۰۱۲)، چرا که همان‌طور که قبلاً هم ذکر شد، مدل‌های کلاسیک آماری چون $ARIMA$ نیاز به تعداد داده‌های زیاد (حداقل ۵۰ و ترجیحاً ۱۰۰ مشاهده به بالا) دارند. این در حالی است که در دنیای واقعی دسترسی به داده‌ها معمولاً اندک است. بنابراین در بخش بعد، پیش‌بینی را برای ۵۰ داده پایانی و به کمک مدل سری زمانی فازی ابتکاری (هیوریستیک) انجام می‌دهیم.

۲-۴ پیش‌بینی قیمت جهانی نفت خام با استفاده از مدل سری زمانی فازی ابتکاری (هیوریستیک)

در این مدل، با استفاده از مقادیر واقعی قیمت جهانی نفت خام آپیک برای ۵۰ داده پایانی (از ۱/۱۷/۲۰۱۲ تا ۳/۲۶/۲۰۱۲) و طی کردن مراحل مربوط به بازسازی سری زمانی قیمت نفت پیش‌بینی می‌شود. در ادامه، مراحل مدل ابتکاری (هیوریستیک) تشریح می‌گردد:

گام ۱: مجموعه مرجع تعریف شده در این مدل، به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$D_{\min}=110/61, D_{\max}=124/64$$

$$U=[110, 125/05]$$

گام ۲: مجموعه مرجع به دست آمده از مرحله قبل، به ۷ بازه مساوی تقسیم می‌شود:

$$u_1=[110-112/15] \quad u_2=[112/15-114/3] \quad u_3=[114/3-116/45] \quad u_4=[-118/6$$

$$116/45] \quad u_5=[118/6-120/75] \quad u_6=[120/75-122/9] \quad u_7=[122/9-125/05]$$

1. Augmented Dicky -Fuller test statistic.

گام ۳: در مجموعه مرجع U ، مجموعه‌های فازی را به صورت متغیر کلامی تعریف می‌کنیم.
 گام ۴: داده‌های تاریخی مسئله را فازی می‌کنیم. به عبارت دیگر روابط فازی را بر اساس مقادیر فازی شده قیمت نفت خام برقرار می‌کنیم.

گام ۵: فرض می‌شود که مقدار قیمت نفت خام روز $(Y-1)$ برابر $F(y-1)$ بوده و گرته رابطه‌ای منطقی فازی برای $F(y-1)$ عبارت است از :

$A_j \rightarrow A_q, A_r, \dots$ باشد. در این مدل، فرض بر آن است که قاعده یا دانش هیورستیک h ، میزان افزایش یا کاهش در مقدار قیمت نفت خام را نشان می‌دهد. تابع هیورستیک به صورت کلی $h(x, A_q, A_r, \dots)$ است که در آن x نمایانگر پیش‌بینی مقدار جهانی نفت خام است:

$$h(x, A_q, A_r, \dots) = A_{p1}, A_{p2}, \dots, A_{pk} \quad (5)$$

where $P_1, P_2, \dots, P_k \geq j$ if $x > 0$

where $P_1, P_2, \dots, P_k \leq j$ if $x < 0$

به عبارت دیگر، اگر $x > 0$ باشد، در آن صورت $A_j \rightarrow A_{p1}, A_{p2}, \dots, A_{pk}$ که در آن $P_1, P_2, \dots, P_k \geq j$ و اگر $x < 0$ باشد در آن صورت، $A_j \rightarrow A_{p1}, A_{p2}, \dots, A_{pk}$ که در آن $P_1, P_2, \dots, P_k \leq j$.

حال بر اساس توابع هیورستیک فوق به روابط منطقی فازی دست می‌یابیم.

گام ۶: بر اساس روابط (۲)، (۳) و (۴) قیمت نفت خام به عنوان خروجی مدل پیش‌بینی خواهد شد.

محاسبات مربوط به این مراحل برای ۱۰ مشاهده (از ۵۰ مشاهده کل) به منظور ملموس‌تر شدن بحث در پیوست آورده شده است. در ادامه، روش محاسبه مقادیر جدول فوق، برای روز ۱/۱۸/۲۰۱۲ را تشریح می‌نماییم:

همان‌طور که در پیوست نیز آورده شده، قیمت نفت در این روز برابر ۱۱۱/۷۸ می‌باشد که در مجموعه فازی A_1 قرار می‌گیرد. گروه روابط منطقی فازی برای A_1 عبارت است از $A_1 \rightarrow A_1, A_2$. فرض می‌شود که قاعده هیورستیک از روز ۱/۱۷/۲۰۱۲ تا ۱/۱۸/۲۰۱۲ به سمت پایین باشد. بنابراین از جدول فوق داریم: $h(A_1, A_2) = A_1$ بدین ترتیب می‌توان گروه‌های رابطه‌ای منطقی

فازی هیوریستیک را برای سایر روزها نیز به دست آورد. پس از این مرحله با استفاده از قواعد بیان شده می‌توان به پیش‌بینی قیمت جهانی نفت خام بر اساس توابع هیوریستیک مرحله قبل پرداخت.

۵- نتایج و تحلیل داده‌ها

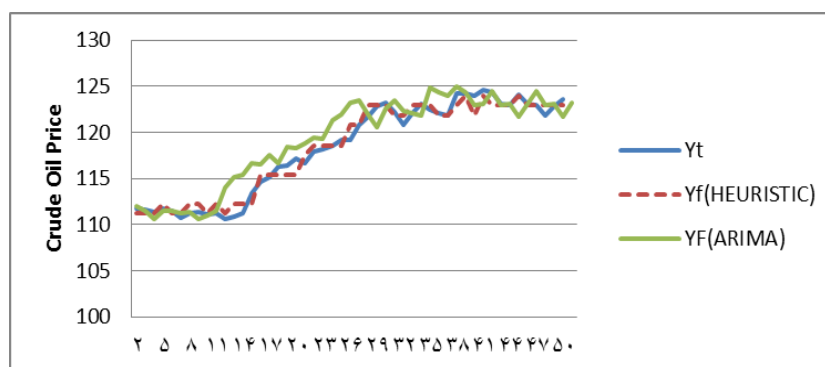
در این بخش برای بررسی قدرت پیش‌بینی هر مدل، از معیارهای توصیفی خطا استفاده می‌کنیم. معیارهای مورد استفاده در اینجا میانگین درصد خطا (MPE)، میانگین مطلق خطا (MAE)، میانگین مطلق درصد خطا (MAPE)، ریشه میانگین مجذور خطا (RMSE) می‌باشند. مدلی به عنوان بهترین مدل انتخاب می‌شود که دارای کمترین مقدار برای هر یک از آمارهای مذکور باشد. لازم به توضیح است از آنجا که برای مقایسه توان پیش‌بینی تعداد داده‌های هر دو روش باید برابر باشد، در این بخش مقادیر پیش‌بینی شده ۵۰ مشاهده پایانی در هر یک از دو روش مذکور مورد ارزیابی قرار گرفته شدند. حال با توجه به مقادیر این معیارها در جدول (۱)، می‌توان نتیجه گرفت که مدل سری زمانی فازی نتایج بهتری را جهت پیش‌بینی قیمت جهانی نفت خام به دست آورده است و به عنوان مدل برتر این مطالعه شناخته می‌شود. شکل (۱) نیز مقادیر واقعی و پیش‌بینی قیمت نفت خام را در بازه زمانی ۱/۱۷/۲۰۱۲ تا ۳/۲۶/۲۰۱۲ در هر یک از دو روش مذکور نشان می‌دهد.

جدول (۱)- بررسی معیارهای توصیفی خطا در دو مدل $ARIMA(1,1,0)$ و هیوریستیک

معیار مدل	RMSE	MPE	MAE	MAPE
$ARIMA(1,1,0)$	۰٫۸۹۰۶۶۸	۰/۰۰۰۶۵۹	۰/۷۱۰۲۹۴	۰/۰۰۵۹۷۸
FUZZY TIME SERIES(HEURISTIC)	۰/۸۴۴۷۲۷	-۰/۰۰۰۵۱	۰/۶۶۱۵۹۱	۰/۰۰۵۵۶۸

ماخذ: یافته‌های تحقیق

شکل (۱) - مقادیر واقعی و پیش بینی قیمت نفت خام در دو روش ARIMA و سری زمانی فازی ابتکاری (Heuristic)



ماخذ: یافته های تحقیق

۶- بحث و نتیجه گیری

مقادیر به دست آمده از معیارهای خطا نشان می دهد که مدل سری زمانی فازی ابتکاری (هیورستیک) از توان پیش بینی بالاتری نسبت به مدل سری زمانی کلاسیک ARIMA برخوردار بوده است و می تواند در کوتاه مدت به عنوان مدلی مناسب برای پیش بینی قیمت جهانی نفت خام معرفی شود. از سوی دیگر ابهام و نادقیق بودن قیمت ها در بازار نفت، می تواند توجه دیگری برای این برتری باشد. چرا که مدل های فازی قادرند در شرایطی که داده ها با ابهام مواجهند و یا دسترسی به مقادیر بیشتر آنها مشکل است، به خوبی با سری های زمانی کلاسیک آماری ترکیب شوند و نتایج بهتری ارائه دهند. از سوی دیگر در مدل های سری زمانی فازی نیاز به برقراری فروضی همچون مانایی، معکوس پذیری و نرمال بودن، که در سری های زمانی کلاسیک باید مد نظر قرار گیرند؛ نمی باشد. از دیگر مزایای استفاده از مدل های فازی استفاده از داده های اندک در پیش بینی می باشد چرا که مدل های کلاسیکی چون ARIMA نیاز به ترجیحا ۱۰۰ به بالا نمونه در پیش بینی دارد. که این مسئله به خصوص در واقعیت که دسترسی به داده ها معمولا کاری دشوار و وقت گیر است، می تواند کاربرد مدل های فازی را بیشتر کند.

منابع

- اندرس، والتر؛ ۱۳۸۹؛ اقتصاد سنجی سری‌های زمانی با رویکرد کاربردی؛ ترجمه صادقی، مهدی؛ شوال پور، سعید؛ جلد اول؛ چاپ دوم؛ انتشارات دانشگاه امام صادق.
- آذر، عادل؛ فرجی، حجت؛ ۱۳۸۹؛ علم مدیریت فازی؛ چاپ چهارم؛ موسسه کتاب مهربان نشر.
- بوجادزیف، جرج؛ بوجادزیف، ماریا؛ ۱۳۸۱؛ منطق فازی و کاربردهای آن در مدیریت؛ ترجمه محمد حسینی؛ انتشارات ایشیق.
- بیدرام، رسول؛ ۱۳۸۱؛ *Eviews* همگام با اقتصاد سنجی؛ تهران؛ انتشارات منشور بهره وری؛ چاپ اول.
- جی‌ای، پی. باکس و جی. ام جنکینز؛ ۱۳۵۲؛ تجزیه و تحلیل سری‌های زمانی و پیش‌بینی، ترجمه محمد رضا مشکاتی؛ شماره ۵۱؛ نشریه آموزشی موسسه آموزش عالی آمار.
- حسن تاش، غلامحسین؛ ۱۳۸۷؛ بررسی عوامل تاثیر گذار بر بازار و قیمت‌های جهانی نفت خام؛ پژوهشکده مجمع تشخیص مصلحت نظام.
- حسن تاش، غلامحسین؛ ۱۳۷۷؛ مسائل سیاسی و اقتصادی انرژی؛ موسسه مطالعات بین المللی انرژی.
- شونندی، حسن؛ ۱۳۸۹؛ نظریه مجموعه‌های فازی و کاربرد آن در مهندسی صنایع و مدیریت؛ نشر گسترش علوم پایه؛ تهران.
- زندخانه شهری، حسین؛ پیش‌بینی با استفاده از سری‌های زمانی فازی؛ پایان نامه کارشناسی ارشد؛ برنامه ریزی سیستم‌های اقتصادی و اجتماعی؛ دانشکده مهندسی صنایع دانشگاه صنعتی شریف؛ ۱۳۸۴.
- زیاری، مهدی؛ پیش‌بینی فرآیند دمای هوا با استفاده از سری‌های زمانی فازی؛ پایان نامه کارشناسی ارشد؛ آمار، دانشکده کامپیوتر و هوش مصنوعی دانشگاه آزاد مشهد؛ ۱۳۸۸.
- شمسی زاده، عبدالرحیم؛ تحلیل پیش‌بینی قیمت سبد نفت خام سازمان آپک با استفاده از سری‌های زمانی فازی و آماری؛ پایان نامه کارشناسی ارشد؛ مدیریت؛ دانشکده مدیریت دانشگاه شیراز، ۱۳۸۴.
- صادقی، حسین؛ ذوالفقاری، مهدی؛ ۱۳۹۰؛ مبانی مدل‌های پیش‌بینی در علوم اقتصادی؛ تهران؛ انتشارات نور علم؛ چاپ اول.
- Chen, S.M. 1996. Forecasting Enrollments Based on Fuzzy Time Series, Fuzzy Sets and Systems, vol.24, PP: 81: 311-319.
- Huarng, Kunhung; 2001; Heuristic Models of Fuzzy Time Series Forecasting, Fuzzy Sets and Systems vol.123.PP:369-386.
- J.R. Hwang, S.M. Chen, C.H. Lee, 1998, Handling Forecasting Problems using Fuzzy Time Series, Fuzzy Sets and Systems, vol. 100, PP:217-288.
- Narendra Kumar et al, 2010, Fuzzy Time Series Forecasting of Wheat Production, International Journal on Computer Science and Engineering (IJCSSE), vol. 2, No.3, 635-640.
- www.opec.org

- Q.Song, B.s. Chissom, 1994, Forecasting Enrollments with Fuzzy Time Series, Fuzzy Sets and Systems, vol.50, Part 1, PP:54: 1-9.
- Q.Song , B.S. Chissom, 1994, Forecasting Enrollments with Fuzzy Time Series, Fuzzy Sets and Systems, , Part 2, vol.62: PP: 1-8.
- Ralevic, N.M.; Djakovic, V.D.; Andjelic, G.B.; Kovacevic, I.M.; Kiurski, J.S.; Comic, L.L. 2011, Fuzzy prediction based on Regression models: Evidence from the Belgrade Stock Exchange - prime market and graphic industry; Intelligent Systems and Informatics (SISY), IEEE 9th International Symposium.

پیوست

محاسبات مدل سری زمانی فازي (ابتکاری) هیوریستیک برای ۱۰ روز ابتدایی

شماره	روز	مقدار واقعی	FLR	هیوریستیک	روابط منطقی فازي	مقدار پیش‌بینی
1	1/17/2012	112.24	A2→A1,A3	↑ - ↓	-	-
2	1/18/2012	111.78	A1→A1,A2	↑ - ↓	A1	111.25
3	1/19/2012	111.59	A1→A1,A2	↑ - ↓	A1	111.25
4	1/20/2012	111.37	A1→A1,A2	↑ - ↓	A1	111.25
5	1/23/2012	111.78	A1→A1,A2	↑ - ↓	A1,A2	112.2375
6	1/24/2012	111.49	A1→A1,A2	↑ - ↓	A1	111.25
7	1/25/2012	110.7	A1→A1,A2	↑ - ↓	A1	111.25
8	1/26/2012	111.26	A1→A1,A2	↑ - ↓	A1,A2	112.2375
9	1/27/2012	111.31	A1→A1,A2	↑ - ↓	A1,A2	112.2375
10	1/30/2012	111.11	A1→A1,A2	↑ - ↓	A1	111.25

نتایج تخمین مدل $ARIMA(1,1,0)$ در نرم افزار Eviews

Dependent Variable: D(POIL)

Method: ML – ARCH

Date: 01/07/13 Time: 11:15

Sample (adjusted): 3/30/2010 3/26/2012

Included observations: 520 after adjustments

Convergence achieved after 11 iterations

Variance backcast: ON

$$GARCH = C(3) + C(4)*RESID(-1)^2 + C(5)*GARCH(-1)$$

	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C	0.152727	0.061377	2.488359	0.0128
AR(1)	0.231658	0.050960	4.545914	0.0000
Variance Equation				
C	0.146879	0.054142	2.712847	0.0067
RESID(-1)^2	0.206387	0.034175	6.039195	0.0000
GARCH(-1)	0.704346	0.057475	12.25489	0.0000
R-squared	0.043177	Mean dependent var	0.088000	
Adjusted R-squared	0.035745	S.D. dependent var	1.276124	
S.E. of regression	1.253109	Akaike info criterion	3.119969	
Sum squared resid	808.6952	Schwarz criterion	3.160871	
Log likelihood	-806.1919	F-statistic	5.809874	
Durbin-Watson stat	2.006382	Prob(F-statistic)	0.000140	
Inverted AR Roots	.23			