فصل‌نامه‌ی مطالعات اقتصاد انرژی/ سال نهم / شماره‌ی ۳۵/ زمستان ۱۳۹۱/ صفحات ۱۴۶-۱۲۱

مقایسه‌ی انواع مدل‌های واریانس ناهمسان شرطی در مدل‌سازی و پیش‌بینی نوسانات قیمت نفت

اکبر کمیجانی

استاد دانشکده‌ی اقتصاد دانشگاه تهران Komijani@ut.ac.ir

اسماعیل نادری*

دانشجوی کارشناسی ارشد دانشکده‌ی اقتصاد دانشگاه تهران Naderi.Ec@ut.ac.ir

نادیا گندلی علیخانی

کارشناس ارشد اقتصاد دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات خوزستان

N.alikhani@khouzestan.srbiau.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۰/۱۱/۱۵ تاریخ پذیرش: ۹۱/۵/۸

چکیده

این پژوهش تلاشی در جهت معرفی یک الگوی مطلوب به منظور مدل‌سازی و پیش‌بینی نوسانات قیمت نفت خام ایران می‌باشد. در این راستا از داده‌های هفتگی قیمت نفت خام سنگین ایران، طی دوره‌ی زمانی هفته‌ی اول ۱۹۹۷/۱ الی هفته‌ی دوم ۲۰۱۱/۱۱ استفاده شده است. بر این اساس، وجود ویژگی حافظه‌ی بلندمدت در معادلات میانگین و واریانس سری بازده قیمت نفت خام، مورد ارزیابی و مدل‌سازی قرار گرفته است و نتایج این تحقیق، مؤید وجود این ویژگی در هر دو معادله‌ی میانگین و واریانس سری مذکور می‌باشد. از بین مدل‌هایی که در این مطالعه مورد بررسی قرار گرفته، بر اساس معیارهای اطلاعات و نیز MSE، مدل‌های ARFIMA(1,1)-GARCH به ترتیب، به عنوان بهترین مدل، به‌جهت مدل‌سازی و پیش‌بینی نوسانات قیمت نفت خام سنگین ایران در دوره‌ی مورد بررسی، انتخاب شده است.

طبقه‌بندی JEL: Q47، C13، C58 و E31.

کلید واژه: قیمت نفت خام، حافظه‌ی بلندمدت، مدل GARCH، مدل FIGARCH

//

---

*- نویسنده‌ی مسئول.

Archive of SID

www.SID.ir

۱- مقدمه

در سال‌های اخیر مطالعات زیادی در زمینه‌ی قیمت نفت خام در سراسر دنیا انجام گرفته است، که علت آن‌را می‌توان از یکسو در حساسیت زیاد قیمت نفت به مسائل سیاسی، اقتصادی و فرهنگی در سطح جهان و در نتیجه پر تلاطم بودن آن و از سوی دیگر در اثرگذاری قابل توجه این قیمت‌های پر تلاطم بر متغیرهای کلان اقتصادی، جست‌وجو کرد (کانگ و همکاران[۱]،۲۰۱۱). نوسانات قیمت نفت، در بازارهای مالی نیز بسیار اثرگذار بوده و به نوعی عامل کلیدی مؤثر بر تعیین قیمت‌های اختیارمعامله، مدیریت سبد دارایی و اندازه‌گیری ریسک، به شمار می‌رود (وی و همکاران[۲]، ۲۰۱۰). بنابراین، به علت نقش اساسی قیمت نفت در اقتصاد جهانی است که نوسانات قیمت این کالا همواره مورد توجه مصرف‌کنندگان، تولیدکنندگان، دولت‌ها و نیز تصمیم‌گیران کلان اقتصادی، بوده است (وانگ و همکاران[۳]۲۰۱۱).

کشورهای صادرکننده نفت به علت جایگاه ویژه‌ی این محصول در اقتصاد آنها، بیش از سایر کشورها به رصد نمودن قیمت نفت و تحولات بازار این کالا می‌پردازند. در این راستا، اهمیت این مقوله برای کشور ایران به عنوان یکی از کشورهای صادرکننده نفت، دوچندان است، زیرا، درصد قابل ملاحظه‌ای از GDP[۴] آن را درآمدهای نفتی تشکیل داده و لذا، شوک‌های نفتی، سهم عمده‌ای در ایجاد تغییرات GDP را بر عهده دارند (مهرآرا و محقق[۵] ۲۰۱۱). از سوی دیگر، برخورداری از سطح تولیدی معادل ۴/۱ میلیون بشکه نفت در روز (۴/۵ درصد تولید جهانی این محصول)، و قرار داشتن در جایگاه دوم میان کشورهای تولید کننده نفت (شیرین‌بخش و مقدس‌بیات[۶]۲۰۱۱)، موجبات تأثیرپذیری اقتصاد این کشور را از تغییرات قیمت این محصول فراهم آورده است. بنابراین، بررسی نوسانات[۷] قیمت نفت و پیش‌بینی[۸] تغییرات آن، برای کشور ایران بسیار ضروری و حیاتی می‌نماید.

بنابراین، هدف اصلی این پژوهش مقایسه‌ی عملکرد مدل‌های مبتنی بر حافظه‌ی بلندمدت[۹] و غیر از آن در مدل‌سازی و پیش‌بینی نوسانات قیمت نفت خام ایران

1- Kang et al.
2- Wei et al.
3- Wang et al.
4- Gross Domestic Product.
5- Mehrara & Mohaghegh.
6- Shirinbakhsh & MoghaddasBayat.
7- Volatility.
8- Forecasting.
9- Long Memory.

Archive of SID

www.SID.ir

می‌باشد. بر این اساس، این تحقیق دارای چهار بخش کلی است، در بخش نخست؛ ابتدا به جست‌وجوی وجود ویژگی حافظه‌ی بلندمدت در سری بازدهی قیمت نفت خام پرداخته می‌شود و پس از تأیید وجود این ویژگی در سری مذکور، برای بررسی این نکته که آیا این ویژگی در معادله‌ی میانگین[1] بازده قیمت نفت وجود دارد و یا در معادله‌ی واریانس[2] آن، معادله‌ی میانگینی مبتنی بر حافظه‌ی بلندمدت[3] برآورد و سپس وجود اثرات واریانس ناهمسانی شرطی در آن آزمون می‌شود. سپس در بخش دوم، به بررسی وجود الگوی حافظه‌ی بلندمدت در معادلات واریانس سری بازدهی قیمت نفت خام، بر اساس معادلات میانگین مختلف پرداخته می‌شود. در بخش سوم، با مقایسه‌ی این مدل‌ها بر اساس معیارهای اطلاعات (آکائیک و شوارتز)، بهترین تصریح جهت تبیین رفتار نوسانات سری بازده قیمت نفت خام تعیین می‌شود. در نهایت، در بخش چهارم، عملکرد این مدل‌ها در پیش‌بینی نوسانات قیمت نفت خام ایران به کمک معیار MSE[4] مورد مقایسه قرار می‌گیرد. هم‌چنین، بازه‌ی زمانی مورد بررسی عبارت است از هفته‌ی اول ۱۹۹۷/۱ الی هفته‌ی دوم ۲۰۱۱/۱۱، که شامل ۷۷۴ مشاهده می‌باشد و در این بین، تقریباً از ۹۰٪ مشاهدات (۷۲۴ مشاهده) جهت تخمین مدل‌ها و از مابقی (۵۰ مشاهده) جهت پیش‌بینی خارج از نمونه، استفاده شده است.

۲- سیر تاریخی قیمت نفت

به‌طور کلی روند قیمت نفت در طول زمان با نوسانات زیاد، همراه و شدت آن در دوره‌های مختلف متفاوت بوده است. در این بین، حوادث و وقایع متعددی موجب شکل‌گیری بحران در این بازار شده‌اند، که مهم‌ترین این حوادث طی سال‌های ۱۹۷۳-۲۰۰۹ از قرار زیر می‌باشند:

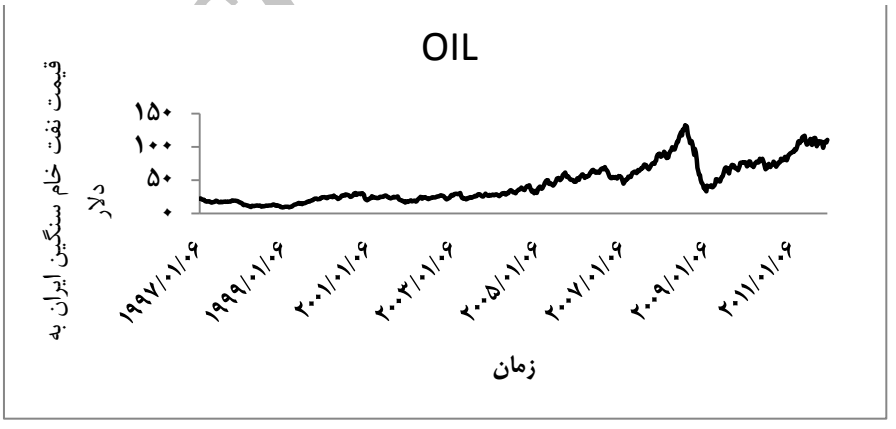
۱- تحریم نفتی اعراب (۷۴-۱۹۷۳).
۲- انقلاب اسلامی ایران (۷۹-۱۹۷۸).
۳- حمله‌ی عراق به ایران (۸۰-۱۹۷۹).
۴- افزایش تولید عربستان[5] ۸۶-۱۹۸۵).
۵- تهاجم عراق به کویت (۹۰-۱۹۸۹).

1- Mean Equation.
2- Variance Equation.
3- Autoregressive Fractional Integrated Moving Average(ARFIMA).
4- Mean Square Error.
۵- به علت ابداع روش جدید موسوم به نت‌بک.

Archive of SID
www.SID.ir

۶- بحران مالی جنوب آسیا (۹۸-۱۹۹۷).
۷- حادثه‌ی یازدهم سپتامبر (۲-۲۰۰۱).
۸- اشغال عراق توسط آمریکا (۴-۲۰۰۳).
۹- مسائل ژئوپلتیک و سیاسی (۷-۲۰۰۶).
۱۰- وقوع بحران مالی آمریکا (۹-۲۰۰۸).

در سال ۲۰۰۸ با وقوع بحران مالی در آمریکا و سرایت آن به اقتصاد جهانی، کاهش چشم‌گیری در قیمت جهانی نفت رخ داد، به طوری که قیمت آن از حدود ۱۵۰ دلار به حدود ۳۵ دلار در هر بشکه رسید. در سال ۲۰۰۹ متوسط قیمت نفت به ۶۰ دلار رسیده و در سال‌های ۲۰۱۰ و ۲۰۱۱ میلادی افزایش قیمت نفت و عدم افزایش تولید ناخالص دنیا متناسب با قیمت نفت سبب شده است تا شاخص هزینه‌ی نفت در سطوحی بالاتر از سال ۲۰۰۸ قرار گیرد. از سوی دیگر انتظار بر این است که قیمت نفت، به علت خطرات ژئوپولتیک متوجه ایران، گسترش بحران یورو و نیز افزایش تقاضای مصرف از سوی بازارهای نو ظهور با وجود وخیم‌تر شدن اوضاع اقتصادی جهانی، روند صعودی در سال آینده میلادی را به خود ببینند، بنابراین در این پژوهش ما در پی پاسخ‌گویی به این سئوال هستیم که آیا مدل‌های به‌کارگرفته شده در این پژوهش قادرند یک پیش‌بینی مناسب از این افزایش قیمت‌ها ارائه دهند یا خیر. نمودار (۱)، تحولات قیمت نفت را از سال ۱۹۹۷ تا ۲۰۱۱ به خوبی نشان می‌دهد.



منبع: یافته‌های تحقیق

نمودار ۱- مسیر زمانی قیمت نفت خام سنگین ایران طی سال‌های ۱۹۹۷ تا ۲۰۱۱

Archive of SID

www.SID.ir

۳- مروری بر مبانی نظری و مطالعات پیشین

به‌طور کلی، این‌که قیمت در بازارهای مالی دارای پویایی و نوسانات شدید است، همانند یک الگو و قالب کلی می‌باشد، که در ادبیات اقتصادسنجی این‌گونه بازارها را بیش‌تر با مدل‌های خانواده‌ی GARCH مدل‌سازی و پیش‌بینی می‌شوند. این مدل مشکل نوسانات خوشه‌ای[1] و پهن دنباله بودن[2] (غیرنرمال بودن) در سری‌های زمانی را برطرف کرده و هم‌چنین، عواملی چون شوک‌های ناگهانی، تغییرات ساختاری، پاسخ به تقاضای داخلی، شرایط جهانی اقتصاد و حوادث سیاسی که قیمت دارایی‌ها را به شدت تحت تأثیر قرار می‌دهند را به خوبی در نظر داشته و در مدل‌سازی به آن‌ها توجه بسیار می‌کند (وو[3]، ۲۰۱۱).

بازار نفت، یکی از بازارهای کالائی (مالی) است که همواره (به ویژه در سال‌های اخیر) دارای نوسانات شدید بوده، به‌طوری که پیش‌بینی قیمت آن به سختی امکان‌پذیر است. این بازار معمولاً دچار تغییرات ساختاری ناگهانی شده و این امر منجر به شوک‌های اقتصادی و سیاسی می‌شود. به علت جایگاه ویژه‌ی نفت در اقتصاد جهانی، حتی یک کاهش اندک در قیمت این کالا، منجر به افزایش شدید نوسانات بازارهای مالی خواهد شد (اربیل[4]، ۲۰۱۱)، بنابراین با توجه به پرتلاطم بودن بازار نفت، می‌توان قیمت آن را با انواع مختلف خانواده‌ی مدل‌های GARCH مدل‌سازی و پیش‌بینی کرد. (کانگ و همکاران، ۲۰۱۱) حال سئوال این است که آیا سری قیمت نفت خام نیز از ویژگی حافظه‌ی بلندمدت برخوردار است یا خیر؟

در پاسخ به این سئوال، هنری و ظفرونی[5] (۲۰۰۳) نشان داده‌اند که ویژگی حافظه‌ی بلندمدت تحت تأثیر چند عامل برون‌زا و درون‌زا، در یک متغیر سری‌زمانی ایجاد خواهد شد. یکی از عوامل برون‌زایی که ویژگی‌های یک متغیر سری‌زمانی را متأثر می‌کند، شرایط ژئوفیزیکی مانند آب و هوا بوده، به عنوان مثال تولید نفت‌خام و مصرف آن در شرایط آب و هوایی مختلف، متفاوت می‌باشد و از آن‌جایی که شرایط آب و هوایی خود دارای ویژگی حافظه‌ی بلندمدت است، در نتیجه‌ی قیمت نفت نیز می‌تواند دارای این ویژگی باشد. هم‌چنین آن‌ها، هزینه‌های تعدیل متغیر در طول زمان را عامل دورن‌زای

1- Volatility Clustering.
2- Fat Tail .
3- Vo.
4- Erbil.
5- Henry & Zaffaroni.

Archive of SID
www.SID.ir

ایجاد ویژگی حافظه‌ی بلندمدت در یک سری‌زمانی عنوان کرده‌اند، چرا که این مشاهدات (داده های سری‌زمانی)، حاصل مجموعه‌ای از عوامل ناهمگن می‌باشند.

مطالعات زیادی در داخل و خارج در این زمینه انجام پذیرفته است که شماری از آن‌ها به قرار ذیل می‌باشد:

دشتی رحمت‌آبادی و همکاران (۱۳۹۰)، به بررسی عملکرد الگوهای شبکه‌ی عصبی مصنوعی[1] و الگوی خودرگرسیونی میانگین متحرک، در پیش‌بینی قیمت نفت خام ایران به کمک داده‌های هفتگی طی دوره‌ی ۱۹۹۷-۲۰۱۰، پرداخته‌اند. که نتایج تحقیق آن‌ها بیانگر دقیق‌تر بودن عملکرد مدل‌های شبکه‌ی عصبی نسبت به مدل‌های رگرسیونی خطی بوده است. فرجام نیا و همکاران (۱۳۸۶) و مشیری و فروتن (۱۳۸۳)، نیز با انجام کاری مشابه به همین نتیجه دست یافته‌اند.

مهرآرا و همکاران (۱۳۸۹)، پیش‌بینی قیمت نفت برنت و وست- تگزاس را به کمک مدل‌های شبکه‌ی عصبی الگوریتم GMDH[2] انجام داده‌اند. در این مطالعه برای پیش‌بینی، از چهار مدل الگوی اقتصادسنجی GARCH، دو الگوی مبتنی بر شبکه‌ی عصبی GMDH و الگوی ترکیبی GMDH و GARCH، استفاده شده است. نتایج این تحقیق، برتری الگوی ترکیبی شبکه‌ی عصبی و GARCH را بر اساس معیار RMSE[3] اعلام کرده است. بهرادمهر (۱۳۸۸) نیز به کمک هموارسازی موجک[4] و شبکه‌ی عصبی (MLFF)[5]، به پیش‌بینی قیمت نفت خام نیویورک پرداخته است. نتایج این مطالعه، مؤید برتری مدل ترکیبی موجک و شبکه‌ی عصبی در مقابل مدل شبکه‌ی عصبی در کاهش خطای پیش‌بینی بوده است.

ابریشمی و همکاران (۱۳۸۶)، با استفاده از مدل‌های مختلف ARCH[6] به پیش‌بینی قیمت نفت‌خام WTI پرداخته و سپس عملکرد این مدل‌ها را در پیش‌بینی ارزیابی کرده‌اند. با توجه به نتایج به دست آمده، مدل‌هایTGARCH[7] و GARCH، عملکرد بهتری نسبت به سایر مدل‌های واریانس شرطی در رابطه با پیش بینی بی ثباتی قیمت نفت خام داشته و پدیده‌ای موسوم به اثرات اهرمی[8] در بازار نفت مشاهده شده است. از

1- Artificial Neural Network.
2- Group Method Of Data Handling.
3- Root Mean Square Error.
4- Wavelet.
5- Multi-Layer Feed Forward.
6- Autoregressive Conditional Heteroskedasticity.
7- Threshold Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity.
8- Leverage Effects.

Archive of SID

www.SID.ir

تحقیقات دیگری که در زمینه‌ی پیش‌بینی قیمت نفت خام انجام پذیرفته است می‌توان به مطالعات بیدآبادی و پیکارجو (۱۳۸۸)، پورکاظمی و اسدی (۱۳۸۸) و اصفهانیان و امین‌ناصری (۱۳۸۷) اشاره کرد. مطالعاتی که در زمینه‌ی بررسی ویژگی حافظه‌ی بلندمدت در ایران انجام پذیرفته، است شامل مطالعات محمدی و طالب‌لو (۱۳۸۹)، کشاورز حداد و صمدی (۱۳۸۸)، عرفانی (۱۳۸۷) و مشیری و مروت (۱۳۸۵) می‌باشد.

مصطفایی و سخابخش[1] (۲۰۱۱)، به مدل‌سازی و پیش‌بینی قیمت نفت‌خام اوپک با استفاده از مدل ARFIMA پرداخته‌اند. آن‌ها بیان می‌کنند هنگامی که سری داده‌های مورد بررسی دارای ریشه‌ی واحد نباشد و این سری‌ها، با مدل‌های ARIMA[2] و ARMA مدل‌سازی شوند، آن‌گاه این مدل‌سازی دچار مشکل می‌باشد. برای مدل‌سازی دقیق یک سری‌زمانی ابتدا باید مانایی آن مورد بررسی قرار گیرد و سپس بر اساس درجه‌ی تفاضل‌پذیری سری مذکور، می‌توان آن را به‌طور دقیق مدل‌سازی کرد. زمانی که یک سری‌زمانی دارای ویژگی حافظه‌ی بلندمدت کرده، آن‌گاه می‌بایست این سری را با مدل ARFIMA مدل‌سازی و پیش‌بینی کرد.

وانگ و همکاران (۲۰۱۱) و پرادو[3] (۲۰۱۱)، در تحقیقی، به مقایسه‌ی دقت برآورد مدل‌های مختلف GARCH در مدل‌سازی ویژگی حافظه‌ی بلندمدت نوسانات بازده قیمت نفت پرداخته‌اند. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که در سری‌های زمانی‌ای که دارای ویژگی حافظه‌ی بلندمدت می‌باشند، مدل FIGARCH[4] نسبت به مدل GARCH از دقت بالاتری برخوردار است. هم‌چنین آن‌ها بیان می‌دارند، اگر چه مدل‌های غیرخطی در رابطه با حافظه‌ی بلندمدت می‌باشند، ولی با روابط کوتاه‌مدت نیز سازگاری دارند.

وی و همکاران (۲۰۱۰) و چیونگ[5] (۲۰۰۹)، از خانواده‌ی مدل‌های GARCH برای مدل‌سازی و پیش‌بینی نوسانات قیمت تفت خام برنت و وست- تگزاس استفاده کرده‌اند. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که نوسانات قیمت سهام دارای ویژگی حافظه‌ی بلندمدت بوده و هم‌چنین مدل‌های غیرخطی به‌ویژه مدل FIGARCH، پیش‌بینی دقیق‌تری در دوره‌های طولانی‌تر از نوسانات قیمت نفت دارند.

1- Mostafaei & Sakhabakhsh.
2- Autoregressive Integrated Moving Average.
3- Prado.
4- Fractional Integrated Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity.
5- Cheong .

Archive of SID
www.SID.ir

چوی و حموده[1] (۲۰۰۹)، به بررسی حافظه‌ی بلندمدت بازار نفت و محصولات تصفیه شده‌ی آن با مدل ARFIMA پرداخته‌اند. آن‌ها نشان داده‌اند که مدل‌های غیرخطی ARFIMA، قیمت نفت را بهتر مدل‌سازی می‌کنند و در مورد تداوم بازده قیمت نفت به مقدار جزئی شکست ساختاری را کاهش می‌دهند.

عیادی و همکاران[2] (۲۰۰۹)، با به‌کارگیری روش DFA[3]، یک بررسی پویا در زمینه‌ی تبیین رفتار قیمت نفت خام نیجریه انجام داده‌اند. نتایج این تحقیق مانا بودن سری-زمانی قیمت نفت خام نیجریه بر اساس آزمون DFA و آماره‌ی هرست که برابر ۰/۴۸ است را نشان می‌دهد. در حقیقت سری‌زمانی مذکور، طبق آماره‌ی هرست، دارای ویژگی حافظه‌ی کوتاه‌مدت بوده و این ویژگی بیانگر این است که روند قیمت‌های پایین تمایل به پیروی کردن از روند قیمت‌های بالا دارد.

۴- روش شناسی تحقیق

شاخص‌های بازارهای مالی، دارای تناوب و تلاطم بسیار زیادی بوده‌اند که این امر سبب شکل‌گیری نوع خاصی از نامانایی با عنوان نامانایی کسری شده است. این ویژگی موجبات شکل‌گیری حافظه‌ی بلندمدت در این‌نوع از سری‌های زمانی را فراهم آورده، لذا در این تحقیق، به منظور بررسی و تجزیه و تحلیل داده‌های سری زمانی بازده قیمت نفت خام ایران، از روش‌های اقتصادسنجی پارامتریک مانند مدل‌های مبتنی بر حافظه‌ی بلندمدت استفاده شده است. به همین منظور، ابتدا وجود وبژگی حافظه‌ی بلندمدت در سری مذکور به کمک آزمون‌های ACF[4] و GPH[5] بررسی و پس از آن بر مبنای نتایج این آزمون‌ها، مدل‌سازی معادله‌ی میانگین قیمت نفت ارائه می‌شود. در گام بعدی، وجود اثرات واریانس ناهمسانی در میان اجزاء اخلال معادله‌ی میانگین برآورد شده، آزمون شده و در صورت تأیید وجود این اثرات، با به‌کارگیری انواع مختلف مدل‌های واریانس ناهمسان شرطی، برای برطرف کردن آن اقدام می‌شود.

1- Choi & Hammoudeh.
2- Ayadi et al.
3- Detrended Fluctuation Analysis.
4- Autocorrelation Function.
5- Gewek, Porter & Hudak.

Archive of SID

www.SID.ir

مفهوم حافظه‌ی بلندمدت

به‌طورکلی حافظه‌ی بلندمدت، به یک وابستگی قوی میان مشاهدات دور در یک سری‌زمانی نسبت داده می‌شود. پس از این که در ابتدای کار، هرِست[1] (۱۹۵۱) دریافت که سری‌های زمانی ممکن است پدیده‌ی حافظه‌ی بلندمدت را نمایش دهند، از اواسط دهه‌ی ۱۹۸۰، متخصصان اقتصادسنجی پس از آن‌که به مفاهیمی هم‌چون ریشه‌ی واحد و هم انباشتگی در سری‌های زمانی پی بردند، از وجود زیرگونه‌ها و انواع دیگری از نامانایی و پایداری تقریبی آگاه شدند، که بسیاری از فرآیند موجود در بسیاری از سری‌های زمانی مالی و اقتصادی را توجیه می‌کرد (مشیری و مروت، ۱۳۸۵). گرنجر و جویکس[2] (۱۹۸۰)، گرنجر (۱۹۸۱) و هاسکینگ[3] (۱۹۸۱)، به طراحی مدل‌های اقتصادسنجی دارای فرآیندهای با ویژگی حافظه‌ی بلندمدت پرداخته و ویژگی‌های آماری این مدل‌ها را مشخص کردند (بایلی و کینگ[4] ۱۹۹۶).

در اصل مهم‌ترین مشکلی که در اثر وجود متغیرهای نامانا ممکن است ایجاد شود، وجود رگرسیون کاذب است، از سوی دیگر با توجه به این که بیش‌تر سری‌های زمانی اقتصادی و مالی، نامانا از نوع DSP[5] (تفاضل‌مانا) هستند، برای برطرف کردن این مشکل نخست باید مرتبه‌ی تفاضل‌گیری هر متغیر تعیین شود، اما این کار موجب از دست رفتن بخشی از اطلاعات مهم موجود در گشتاور مرتبه‌ی اول سری زمانی شده و هم‌چنین در صورتی که عمل تفاضل‌گیری بیش از حد تکرار شود، رفتار گشتاور مرتبه‌ی دوم (معادله‌ی واریانس[6]) نیز تحت تأثیر قرار می‌گیرد، به طوری که قبل از دستیابی به مانایی سری‌زمانی، واریانس سری روندی کاهشی داشته و هنگامی که تفاضل‌گیری بیش از حد انجام شود، واریانس سری دوباره افزایش می‌یابد (ایکسو و جین[7] ۲۰۰۷)، ازاین‌رو اگر بخواهیم به طور همزمان، هم سری زمانی را مانا کنیم و هم دچار مشکل بیش تفاضل‌گیری نشویم، باید تفاضل‌گیری کسری[8] را به‌کار ببریم.

1- Hurst.
2- Granger & Joyeux.
3- Hosking .
4- Baillie & King.
5- Dynamic Stationary Process.
6- Variance Equation.
7- Xio & Jin.
8- Fractional Differences .

Archive of SID
www.SID.ir

آزمون‌های شناسایی ویژگی حافظه‌ی بلندمدت

مهم‌ترین قدم در برآورد یک مدل با ویژگی حافظه‌ی بلندمدت، بررسی وجود این ویژگی در سری‌های مربوطه است. شناسایی وجود ویژگی حافظه‌ی بلندمدت از طریق تکنیک‌هایی نظیر آزمون‌های ACF و آزمون چگالی طیفی (آزمون GPH) و غیره امکان‌پذیر می‌باشد، که به اختصار به تبیین آن پرداخته می‌شود.

آزمون ACF

این روش که یکی از معمول‌ترین آزمون‌های شناسایی ویژگی حافظه‌ی بلندمدت می‌باشد، نخستین بار توسط دینگ و گرنجر[1](۱۹۹۶) مطرح شده است. در این روش، نمودار خودهمبستگی، از یک مقدار معین به صورت خیلی آهسته یا هیپربولیکی[2] (نه به صورت نمایی[3]) کاهش می‌یابد. سری‌هایی که دارای چنین نمودار خودهمبستگی باشند، حافظه‌ی بلندمدت دارند، یعنی نمی‌توان با وقفه‌های معین و مشخص AR و MA، این نوع فرآیندها را تولید کرد. زیرا در این نوع سری‌ها مراتب AR و MA بینهایت است. (محمدی و طالب‌لو، ۱۳۸۹).

آزمون GPH (روش چگالی طیفی)

این روش مبتنی بر تحلیل دامنه‌ی فرکانس می‌باشد. در چارچوب تحلیل طیفی و دامنه‌ی فرکانس، سری‌های زمانی مشاهده شده به عنوان جمع موزونی از سری‌های پایه‌ای[4] است که الگوهای ادواری مختلفی دارد. تکنیک رگرسیون دوره‌ی نگاشت[5]، ابزاری برای تمایز بین روندهای کوتاه‌مدت و حافظه‌ی بلندمدت را فراهم می‌آورد. تخمین‌زننده‌ی دوره‌ی نگاشت برای تخمین پارامتر حافظه، توسط "گویک و پورتر-هوداک[6]"، (۱۹۸۳) ارائه شده و به طور خلاصه به تخمین‌زن GPH معروف است. (محمدی و طالب‌لو، ۱۳۸۹) به طور کلی آماره‌ی آزمون GPH، به تخمین پارامتر حافظه‌ی بلندمدت (d) که بر مبنای رگرسیون دوره‌ی نگاشت زیر است، می‌پردازد:

$$\ln[I(w_j)] = \beta_0 + \beta_1 \ln\left[4\sin(w_j/2)\right] + e_j \qquad (1)$$

1- Ding & Granger.
2- Hyperbolic .
3- Exponential.
4- Underlying.
5- Log- periodogram .
6- Gewek, porter-Hudak.

Archive of SID

www.SID.ir

که در آن $w_j = ۲\pi j / T$ و $j = ۱,۲,...,r$ ، e_j بیانگر پسماندهای مدل می‌باشد و w_j، به تبدیل فوریه‌ی فرکانس ($n = \sqrt{T}$) اشاره دارد. در نهایت $I(w_j)$ یک دوره‌ی نگاشت ساده است که به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$I(w_j) = \frac{۱}{۲\pi T}\left|\sum_{t=۱}^{T} \varepsilon_t e^{-w_j t}\right| \qquad (۲)$$

بنابراین، مقدار آماره‌ی آزمون GPH برابر $-\hat{\beta}_۱$ می‌باشد (آروری و همکاران[1]، ۲۰۱۱).

مدل *ARFIMA*

معروف‌ترین و انعطاف‌پذیرترین مدل حافظه‌ی بلندمدت مدل ARFIMA می‌باشد. در این مدل به درجه‌ی هم‌جمعی کسری (d) پارامتر حافظه‌ی بلندمدت می‌گویند، چراکه ناظر بر ویژگی‌های بلندمدت سری زمانی متغیر مورد نظر است. (محمدی و طالب‌لو، ۱۳۸۹) مهم‌ترین مرحله‌ی اجرای مدل ARFIMA، مرحله‌ی تفاضل‌گیری کسری است. به دلیل مشکل بودن آن معمولاً اقتصاددانان در تحلیل‌های تجربی خود از تفاضل‌گیری مرتبه‌ی اول استفاده می‌کنند. بدون شک چنین جایگزینی‌ای منجر به بیش تفاضل‌گیری و در پی آن از دست رفتن بخشی از اطلاعات موجود در سری زمانی خواهد شد. (عرفانی، ۱۳۸۷) مدل ARFIMA(p,d,q) به‌صورت زیر نوشته می‌شود:

$$\varphi(L)(۱-L)^d(y_t - \mu_t) = \theta(L)\varepsilon_t \qquad t = ۱,۲,۳,...,T \qquad (۳)$$

که در آن $\varphi(L)$ چندجمله‌ای خودهمبستگی، $\theta(L)$ چندجمله‌ای میانگین متحرک، L عملگر وقفه و μ_t میانگین y_t می‌باشد. p و q اعداد صحیح هستند و d پارامتر تفاضل‌گیری می‌باشد. $(۱-L)^d$، معرف عملگر تفاضل کسری است که با استفاده از فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$(۱-L)^d = \sum_{j=۰}^{\infty} \delta_j L_j = \sum_{j=۰}^{\infty} \binom{d}{j} (-L)^j \qquad (۴)$$

در این معادله فرض شده است که $\varepsilon_t \sim N(۰, \sigma^۲_{\varepsilon_t})$ و همچنین بخش ARMA آن، معکوس‌پذیر می‌باشد، اگر $d < ۰.۵$ باشد کوواریانس مدل ثابت بوده و اگر $d > ۰$ باشد، دارای ویژگی حافظه‌ی بلندمدت خواهد بود (هاسکینگ، ۱۹۸۱). زمانی که $۰ < d < ۰.۵$ باشد، تابع خودهمبستگی به‌صورت هیپربولیکی کاهش می‌یابد و زمانی که

1- Arouri et al.

Archive of SID
www.SID.ir

$-۰.۵ < d < ۰$ باشد، فرآیند حافظه‌ی میان‌مدت (کوتاه‌مدت) پیش می‌آید. فرآیند حافظه‌ی میان‌مدت نشان دهنده این است که از متغیر مورد بررسی بیش از حد تفاضل‌گیری شده‌ی و در این مورد معکوس تابع خودهمبستگی به‌صورت هیپربولیکی کاهش می‌یابد.

انواع مدل‌های واریانس ناهمسان شرطی

مدل واریانس ناهمسانی شرطی اتورگرسیو (ARCH)که نخستین بار توسط انگل[1] (۱۹۸۲) مطرح و بعدها توسط بولرسلو[2] (۱۹۸۶) تعمیم داده شد، از جمله مدل‌هایی است که برای تبیین نوسانات یک سری به‌کار می‌روند. پس از آن، انواع مختلف مدل‌های واریانس ناهمسانی شرطی معرفی شده‌اند که به طور کلی آن‌ها را می‌توان به دو دسته‌ی مدل‌های خطی (مدل‌های GARCH و IGARCH) و مدل‌های غیرخطی (شامل مدل‌های EGARCH، TGARCH، PGARCH، FIGARCH و...) تقسیم کرد.

مدل‌های GARCH خطی

* بولرسلو (۱۹۸۶) بر مبنای مدل ARCH انگل (۱۹۸۲)، به معرفی مدل تعمیم یافته‌ی ARCH، یعنی مدل GARCH پرداخته است. وجه تمایز این دو مدل در وجود وقفه‌های واریانس در معادله‌ی واریانس شرطی می‌باشد. در حقیقت مدل GARCH، ساختاری همانند یک مدل ARMA دارد. فرم تصریحی این مدل به صورت زیر است:

$$M_t = \mu_t + \varepsilon_t$$
$$\varepsilon_t = z_t\sqrt{h_t} \quad , \quad z_t \sim N(۰,۱) \qquad (۵)$$

$$h_t = \omega + \alpha\varepsilon_{t-۱}^{۲} + \beta h_{t-۱} \qquad (۶)$$
$$h_t = \sigma_t^{۲}$$

معادله‌ی (۵)، معادله‌ی میانگینی است و از دو بخش μ_t که ساختاری مناسب جهت تبیین معادله میانگین می‌باشد، ε_t که بیانگر اجزاء اخلال مدل فوق بوده و دارای ویژگی واریانس ناهمسانی می‌باشد و از دو جزء نرمال (z_t) و انحراف معیار شرطی ($\sqrt{h_t}$) که فرم تصریحی آن در معادله‌ی (۶) آمده، تشکیل شده است. در حقیقت h_t، معادله‌ی واریانس شرطی‌ای است که برای برطرف کردن مشکل واریانس ناهمسانی ε_t

1- Engel.
2- Borlerslev.

Archive of SID

www.SID.ir

به همراه معادله‌ی میانگین تخمین زده می‌شود. در معادله‌ی مذکور، ω میانگینِ σ_t^2، ضریب ε_{t-1}^2، بیانگر اثرات ARCH و ضریب h_{t-1} معرف اثرات GARCH می‌باشد (کانگ و همکاران، ۲۰۰۹). یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های این مدل، زودگذر بودن شوک‌های وارد شده بر سری مورد بررسی می‌باشد.

هم‌چنین، مطالعات انگل و بلرسلو (۱۹۸۶) نشان می‌دهد که در برخی از موارد معادله‌ی GARCH بالا دارای ریشه‌ی واحد می‌باشد. یعنی برای مثال در GARCH(1,1)، مقدار $\alpha_1+\beta_1$، خیلی نزدیک به یک است، در این صورت مدل GARCH هم‌جمع می‌باشد که در اصطلاح آن‌را IGARCH می‌نامند (آروری و همکاران، ۲۰۱۰). در این مدل‌ها، در صورت وارد شدن تکانه‌ای به سری مورد بررسی، آثار آن دیرپا بوده و در بلندمدت نمایان می‌شود.

مدل‌های GARCH غیرخطی یا مدل FIGARCH

مدل FIGARCH، اولین بار توسط بیلی (۱۹۹۶) مطرح شده است. در این مدل یک متغیر تفاضل کسری که بین صفر و یک بوده، تعریف شده است. فرم تصریحی معادله‌ی FIGARCH(p,d,q) به صورت زیر می‌باشد:

$$(1-L)^d\Phi(L)\varepsilon_t^2=\omega+B(L)\upsilon_t \qquad (۷)$$

در معادله‌ی (۷)، $\Phi(L)$، تابع وقفه‌ی مناسب (q)، $B(L)$ تابع وقفه‌ی مناسب (p)، L اپراتور وقفه و d پارامتر تفاضل‌کسری می‌باشد. اگر $d=0$ باشد، مدل FIGARCH به مدل GARCH و اگر $d=1$ باشد به مدل IGARCH تبدیل می‌شود (کنراد[1]، ۲۰۱۰). لازم به ذکر است که در این‌گونه مدل‌ها، آثار شوک‌های وارده نه دیرپا (همانند مدل‌های (IGARCH)) و نه زودگذر می‌باشد (همانند مدل‌های (GARCH))، بلکه حد واسط بین آن دو است، یعنی آثار شوک‌های وارد شده با نرخ هیپربولیکی کاهش می‌یابد.

معیارهای مقایسه‌ی عملکرد پیش‌بینی

به‌طور کلی معیارهای MSE و RMSE، از پرکاربردترین معیارهای مقایسه‌ی دقت مدل‌ها در زمینه‌ی پیش‌بینی، در میان سایر معیارهای برازش دقت پیش‌بینی، می‌باشند.

1- Conrad.

Archive of SID
www.SID.ir

در این مطالعه نیز از معیار MSE برای مقایسه‌ی دقت پیش‌بینی مدل‌های تحقیق استفاده شده است، چرا که این معیار از ویژگی‌های مهمی برخوردار است که از جمله‌ی آن‌ها می‌توان به در نظر گرفتن داده‌های دورافتاده در مقایسه‌ی دقت مدل‌ها اشاره کرد. هم‌چنین، این معیار برخلاف معیار RMSE[1] که اختلاف خطاها را کم‌تر نشان می‌دهد، از دقت بالاتری برخوردار است (سوانسون[2] و همکاران، ۲۰۱۱).

$$MSE = \frac{\sum(\hat{y}_t - y_t)^2}{n} = \frac{SSR}{n} \qquad (۸)$$

۵- یافته های تحقیق

نظر به این که عملکرد مدل‌های مختلف سری‌زمانی، با توجه به داده‌های مختلف می‌تواند تحت تأثیر قرار گیرد، در گام نخست، به بررسی آماره‌های توصیفی سری بازدهی قیمت نفت خام سنگین ایران در قالب جدول (۱) پرداخته می‌شود:

جدول ۱- آماره‌های توصیفی سری بازدهی قیمت نفت خام ایران

آماره	سری بازدهی قیمت نفت	آماره	سری بازدهی قیمت نفت
تعداد مشاهدات	۷۷۳	ADF	-۲۲/۳۳۹۲ (۰/۰۰)
Mean	۰/۰۰۲۱	Phillips-Perron	-۲۲/۳۸۰۱ (۰/۰۰)
Max	۰/۲۲۶۰	*ERS	۰/۰۹۷۹
Min	-۰/۱۷۵۱	**KPSS	۰/۰۷۹
S.D	۰/۰۴۴۶	Box- Ljung Q(10)	۴۸/۳۷۹ (۰/۰۰)
Skewness	-۰/۲۳۸۷	McLeod-Li Q^2(10)	۸۴/۳۹۵ (۰/۰۰)
Kurtosis	۴/۷۰	ARCH (10)=F(10,751)	۵/۴۱۲۱ (۰/۰۰)
Jarque- Bra	۱۰۰/۴۹۸۴ (۰/۰۰)	Variance Ratio(period 4)	۶/۸۴۹۸ (۰/۰۰)
		BDS(dimension 1 to 6)	(۰/۰۰)

منبع: یافته‌های تحقیق

- منظور از اعداد داخل پرانتز مقدار prob می‌باشد.

*مقدار بحرانی این آزمون در سطح ۵٪ برابر ۳/۲۶ می‌باشد.

** مقدار بحرانی این آزمون در سطح ۵٪ برابر ۰/۴۶۳ می‌باشد.

۱- معیار RMSE جذر معیار MSE می‌باشد.

2- Swanson.

Archive of SID

www.SID.ir

لازم به ذکر است که به علت نامانا بودن سری قیمت نفت خام، از بازدهی قیمت نفت خام به جای سطح قیمت آن در جدول فوق استفاده شده است، چراکه نتایج آزمون‌های مختلف مانایی، بیانگر تفاضل مانا بودن سری‌زمانی مذکور می‌باشد و از آن‌جا که سری قیمت نفت خام لگاریتمی است، تفاضل آن در حقیقت همان سری بازدهی قیمت نفت خام می‌باشد. نتایج جدول فوق، مانایی سری بازدهی قیمت نفت خام را بر اساس آماره‌های آزمون دیکی- فولر تعمیم‌یافته[۱]، فیلیپس- پرون[۲] و KPSS[۳] مورد تأیید قرار داده، ولی بر اساس آزمون الیوت- روتنبرگ و استاک[۴] (ERS) که در واقع فرم قوی‌تر آزمون ADF است، سری بازدهی قیمت نفت خام، باز هم دارای ریشه‌ی واحد می‌باشد، در نتیجه، این امر می‌تواند وجود ویژگی‌حافظه‌ی بلندمدت در سری مورد بررسی را تأیید کند. هم‌چنین، با مشاهده‌ی نتایج دیگر ارائه شده در جدول فوق نیز می‌توان دریافت که، میانگین سری قیمت نفت خام ایران در دوره‌ی مورد بررسی معادل ۰/۰۰۲۱ و انحراف معیار آن برابر ۰/۰۴۴۶ است، که نشان می‌دهد سری مورد بررسی (بازدهی قیمت نفت خام) طی این دوره دارای نوسانات زیادی می‌باشد. آزمون نرمال بودن توزیع سری مذکور نیز، غیرنرمال بودن این سری را نشان می‌دهد و نیز، آماره‌ی کشیدگیِ[۵] آن، به علت بزرگ‌تر بودن از ضریب کشیدگی توزیع نرمال (که برابر ۳ می‌باشد)، نشان‌دهنده‌ی دنباله پهن بودن سری مذکور می‌باشد[۶]. آماره‌ی ضریب چولگی[۷] نیز بیانگر تفاوت اندک بودن توزیع نمونه‌ای مورد بررسی با توزیع نرمال می‌باشد[۸]. با مشاهده‌ی آماره‌ی لیانگ- باکس[۹] (با ده دوره‌ی وقفه)، می‌توان به رد فرضیه‌ی صفر این آزمون مبنی بر «عدم وجود خودهمبستگی سریالی میان جملات سری» پی برد. هم‌چنین، آماره‌ی مک‌لئود- لی[۱۰] نیز فرضیه‌ی صفر (مبنی بر عدم وجود خودهمبستگی سریالی میان مجذور بازده سری) را رد می‌کند، که در حقیقت بیانگر

1- Augmented Dickey-fuller.
2- Phillips-Perron.
3- Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin.
4- Elliott-Rothenberg-Stock.
5- Kurtosis.
۶- این بدین معنی است که بازده‌ها می‌توانند نسبت به توزیع نرمال با احتمال بیش‌تری نقاط غایی را هم، بپذیرند.
7- Skewness.
۸- زیرا مقدار آماره‌ی آن بین ۰/۱ و ۰/۵ می‌باشد.
9- Box- Ljung .
10- McLeod-Li.

Archive of SID
www.SID.ir

وجود اثرات غیرخطی در این سری و نیز مؤید واریانس ناهمسان بودن سری بازدهی می‌باشد. گفتنی است که نتایج آزمون آرچِ انگل (آزمون وجود اثرات ARCH) نیز با نتایج آزمون مک‌لئود- لی سازگار بوده و فرضیه‌ی واریانس ناهمسان بودن سری بازدهی را تأیید می‌کند. نتایج مربوط به آزمون نسبت واریانس، نیز بیانگر رد فرضیه‌ی صفر «مبنی بر مارتینگلی[1] بودن سری مورد بررسی»، می‌باشد[2]، که دلیلی بر قابلیت پیش‌بینی پذیری سری بازده قیمت نفت است. هم‌چنین، نتیجه‌ی آزمون بعد جاذب (BDS)[3] که توسط بروک، دکرت، شینکمن و لبارون مطرح شده است و بر مبنای انتگرال همبستگی که تصادفی بودن فرآیند ایجادکننده‌ی یک سری زمانی را در مقابل وجود همبستگی کلی در آن ارزیابی می‌کند، بیانگر غیرتصادفی بودن سری بازدهی قیمت نفت و در نتیجه پیش‌بینی پذیر بودن این سری بر اساس توابع غیرخطی می‌باشد.

بررسی ویژگی حافظه‌ی بلندمدت

همان‌طور که در بخش قبل نشان داده شد، آزمون‌های مانایی مختلف نتایج متفاوتی در زمینه‌ی مانایی سری بازده قیمت نفت خام ایران ارائه داده‌اند، که یکی از علائم وجود ویژگی حافظه‌ی بلندمدت در سری مذکور می‌باشند. اما بهتر آن است که برای اطمینان از وجود این ویژگی در سری بازده قیمت نفت خام از روش‌های مرسوم تشخیص وجود ویژگی حافظه‌ی بلندمدت استفاده شود. این روش‌ها به دو دسته‌ی گرافیکی و غیرگرافیکی تقسیم می‌شوند. در روش گرافیکی، به رسم نمودار ACF متغیر مذکور پرداخته می‌شود، شکل‌های (۲) و (۳) به ترتیب نشان دهنده‌ی ACF سری قیمت نفت خام و بازدهی قیمت نفت خام می‌باشند:

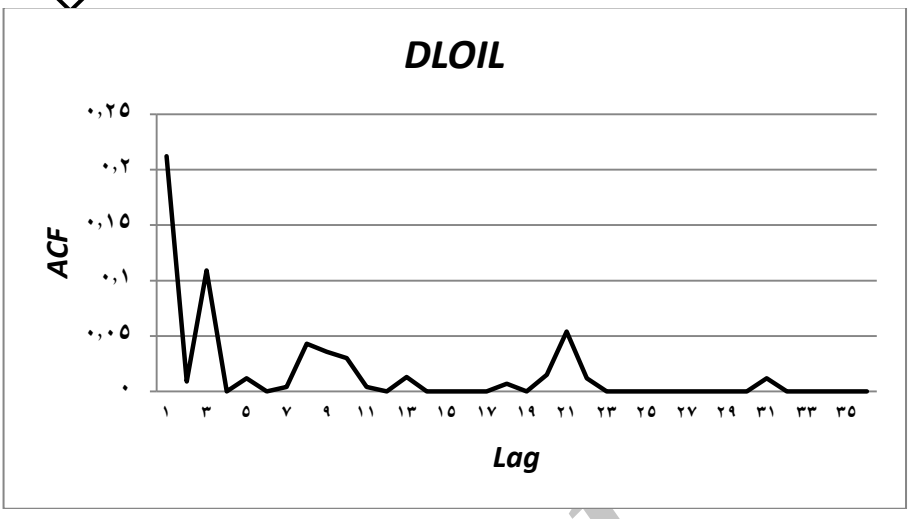
1- Martingale.

۲- در تئوری احتمالات، منظور از یک فرآیند مارتینگلی، فرآیندی است که در آن هیچ دانشی از گذشته، نمی‌تواند برای پیش‌بینی آینده به‌کار گرفته شود. همانند فرد ریسک‌پذیری که، استراتژی خرید و فروش سهام را بر مبنای شیر یا خط آمدن سکه انجام می‌دهد.

3- Brock, Dechert, Scheinkman and LeBaron (1996).

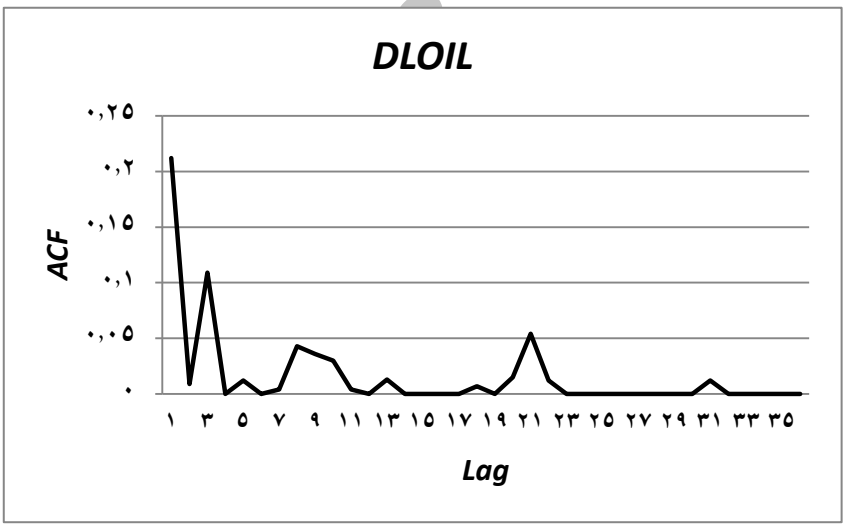
Archive of SID

www.SID.ir



منبع: یافته‌های تحقیق

شکل ۲- نمودار ACF سری قیمت نفت خام ایران



منبع: یافته‌های تحقیق

شکل ۳- نمودار ACF سری بازدهی قیمت نفت خام ایران

کاهش هیپربولیکی در نمودار ACF شکل (۲)، به خوبی وجود ویژگی حافظه‌ی بلندمدت را در سری قیمت نفت خام نشان می‌دهد. این امر در شکل (۳) نیز نشان داده

www.SID.ir

شده، چرا که پس از گذشت بیش از ۲۵ دوره، هنوز هم نمودار ACF آن به صفر هم‌گرا نشده است.

در حقیقت روش گرافیکی در تشخیص ویژگی حافظه‌ی بلندمدت از دقت بالایی برخوردار نیست و هم‌چنین نمی‌تواند مقدار آماری پارامتر تفاضل‌گیری کسری (d) را ارائه دهد، در این تحقیق از روش‌های دیگر از جمله آزمون GPH جهت انجام این امر استفاده شده است. این آزمون را می‌توان با استفاده از نرم‌افزار Ox-Metrics انجام داد، که نتایج آن در جدول (۲) آمده است:

جدول ۲- تخمین مقدار d به کمک آماره‌ی آزمون GPH بر اساس روش NLS

معیار سری	d-Parameter	t-statistic	Prob
سری لگاریتم قیمت نفت خام	۱/۰۸۶۷۰	۲۹/۳	۰/۰۰۰
سری بازده قیمت نفت خام	۰/۱۰۶۰۶۹	۲/۸۴	۰/۰۰۵

منبع: یافته‌های تحقیق

پس از تأیید وجود ویژگی حافظه‌ی بلندمدت در سری بازدهی قیمت نفت، در ادامه به بررسی این نکته پرداخته می‌شود که "آیا ویژگی حافظه‌ی بلندمدت در معادله‌ی میانگین این سری وجود دارد یا در معادله‌ی واریانس آن، یا در هر دوی این معادلات." به همین منظور ابتدا معادله‌ی میانگینی مبتنی بر حافظه‌ی بلندمدت برآورد می‌شود. لازم به ذکر است که به منظور افزایش *قدرت توضیح‌دهندگی این مدل‌ها، سعی در وارد کردن نقاط دور افتاده*[1] *(به کمک متغیرهای مجازی) در این معادله‌ی میانگین‌ها با عناوین؛* : Dum۱ *بیانگر بحران مالی جنوب آسیا،* : Dum۲ *بیانگر واقعه‌ی یازدهم سپتامبر،* : Dum۳ *بحران* ناشی از اشغال عراق توسط آمریکا، Dum۴ و : Dum۵ به ترتیب بیانگر بیشینه و کمینه‌ی قیمت نفت طی بحران مالی (۰۹-۲۰۰۸) آمریکا، تلاش شده است. نتایج تخمین انواع مدل‌های ARFIMA در قالب جدول (۳) به صورت زیر ارائه شده است.

1- Out Layer Points.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۳- نتایج تخمین انواع مدل‌های ARFIMA

مدل	AIC			ARCH-TEST	Log likelihood
	EML	NLS	MPL		
ARFIMA(1,0.10,1)*	-۳/۵۰۸۰	-۳/۵۰۹۱	-۳/۴۲۹۹	F (۱و ۷۱۲)= ۸/۷۵ (۰/۰۰۳)	۱۲۸۷/۵۶۶
ARFIMA(1,0.10,2)	-۳/۵۰۵۲	-۳/۵۰۶۴	-۳/۴۲۷۲	F (۱و ۷۱۱)= ۸/۷۴ (۰/۰۰۳)	۱۲۷۸/۵۶۷
ARFIMA(2,0.10,1)	-۳/۵۰۵۲	-۳/۵۰۴۰	-۳/۴۲۷۲	F (۱و ۷۱۱)= ۸/۶۹ (۰/۰۰۳)	۱۲۷۷/۷۰۰
ARFIMA(2,0.10,2)	-۳/۵۰۶۸	-۳/۵۰۹۰	-۳/۴۲۶۵	F (۱و ۷۱۰)= ۶/۹۲ (۰/۰۰۸)	۱۲۸۰/۵۷۱

منبع: یافته‌های تحقیق

نتایج جدول فوق بیانگر آن است که اولاً در بین این مدل‌های برآورد شده، مدل ARFIMA(1,0.10,1) بر اساس معیارهای آکائیک و Log likelihood، دارای بهترین عملکرد می‌باشد. ثانیاً در تمامی این مدل‌ها آزمون آرچ مبنی بر عدم وجود واریانس ناهمسانی شرطی رد شده که این نکته ما را بر آن داشته است تا به بررسی وجود الگوی حافظه‌ی بلندمدت در معادله‌ی واریانس این سری نیز بپردازیم. بنابراین، انواع مدل‌هایGARCH، IGARCH و FIGARCH بر اساس معادلات میانگین‌های مختلفِ مبتنی بر حافظه‌ی بلندمدت تخمین زده می‌شود، که نتایج آن در جدول زیر ارائه شده است:

جدول ۴- انواع مدل‌های GARCH با معادله‌ی میانگین‌های غیرخطی ARFIMA

انواع مدل‌ها	ARFIMA(1,1)		ARFIMA(1,2)		ARFIMA(2,1)		ARFIMA(2,2)	
	SBC	AIC	SBC	AIC	SBC	AIC	SBC	AIC
GARCH	-۳/۵۴۹۲	-۳/۴۶۶۸	-۳/۵۴۷۷	-۳/۴۵۸۹	-۳/۵۴۵۹	-۳/۴۵۷۱	-۳/۵۴۸۶	-۳/۴۵۳۵
IGARCH	-۳/۵۳۹۸	-۳/۴۶۳۷	-۳/۵۳۸۳	-۳/۴۵۵۸	-۳/۵۳۶۳	-۳/۴۵۳۸	-۳/۵۳۹۱	-۳/۴۵۰۴
FIGARCH	-۳/۵۴۰۸	-۳/۴۵۲۰	-۳/۵۳۹۱	-۳/۴۴۴۰	-۳/۵۳۷۱	-۳/۴۴۲۱	-۳/۵۳۹۹	-۳/۴۳۸۵

منبع: یافته‌های تحقیق

با مقایسه‌ی نتایج جداول فوق می‌توان دریافت که، بر اساس معیار آکائیک و شوارتز، مدل GARCH – ARFIMA(۱,۱) دارای بهترین عملکرد، برای توضیح رفتار ناهمسانی‌های شرطی موجود در سری بازده قیمت نفت خام ایران می‌باشد، چرا که از کم‌ترین مقدار این معیار اطلاعات برخوردار می‌باشد. هم‌چنین، لازم به ذکر است که اگر

Archive of SID
www.SID.ir

چه در بررسی‌های انجام گرفته، گشتاور مرتبه‌ی دوم این متغیر (معادله‌ی واریانس این سری) وجود ویژگی حافظه‌ی بلندمدت تأیید شده است، ولی معیارهای اطلاعات این مدل‌ها بیانگر ضعیف‌تر بودن این مدل‌ها، در قیاس با مدل ARFIMA(۱,۱)−GARCH می‌باشد. فرم تصریحی این مدل از قرار زیر است:

جدول ۵- نتایج تخمین مدل ARFIMA(1,1)-GARCH(1,1)

نام متغیر	ضریب	خطای معیار	آماره‌ی **t**	**prob**
معادله‌ی میانگین				
C	۰/۰۰۳۰	۰/۰۰۲۸	۱/۰۷۵	۰/۲۸۳
d-ARFIMA	۰/۰۹۱۵	۰/۰۴۵۷	۲/۰۰۲	۰/۰۴۵
AR(1)	-۰/۶۱۵۲	۰/۱۱۲۲	-۵/۴۸۴	۰/۰۰۰
MA(1)	۰/۷۷۲۴	۰/۰۸۲۵	۲/۳۵۸	۰/۰۰۰
Dum(1)	۰/۱۹۳۴	۰/۰۰۸۳	۲۳/۳۹	۰/۰۰۰
Dum(2)	-۰/۱۲۴۷	۰/۰۲۸۱	-۴/۴۴۰	۰/۰۰۰
Dum(3)*	-۰/۱۳۴۸	۰/۰۶۹۳	-۱/۹۴۹	۰/۰۵۲
Dum(4)	-۰/۱۴۲۴	۰/۰۳۳۴	-۴/۲۶۲	۰/۰۰۰
Dum(5)	۰/۲۰۸۲	۰/۰۲۰۱	۱۰/۳۶	۰/۰۰۰
معادله‌ی واریانس				
C	۰/۹۰۴۴	۰/۳۴۹۸	۳/۵۸۶	۰/۰۰۹
ARCH	۰/۰۶۵۵	۰/۰۱۶۳	۴/۰۰۷	۰/۰۰۰
GARCH	۰/۸۸۰۹	۰/۰۲۷۱	۳۲/۳۹	۰/۰۰۰
Box- Ljung Q(10)			۱۲۹۶/۰۵۲	Log likelihood
McLeod-Li Q2(10)			-۳/۵۴۹۲۴۶	Akaike
ARCH(1)=F(10,700)			-۳/۴۶۶۸۳۴	Schwarz
۷/۱۵۸۲(۰/۵۱۹۷)				
۸/۷۲۵۵(۰/۳۶۵۹)				
۰/۰۸۹۶(۰/۷۶۴۸)				

* متغیر مذکور در سطح ۱۰٪ خطا معنادار می‌باشد.

منبع: یافته‌های تحقیق

Archive of SID

www.SID.ir

نخست این‌که، در جدول فوق ضریب تمامی متغیرها (به جزء عرض از مبداء) در سطح اطمینان ۹۵٪ معنادار می‌باشد. هم‌چنین در این مدل، وجود ویژگی حافظه‌ی بلندمدت در معادله‌ی میانگین تأیید شده است، در حالی‌که معادله‌ی واریانس شرطی فاقد این ویژگی می‌باشد، بنابراین بر اساس مدل بهینه، الگوی نوسانات قیمت نفت خام مدل GARCH می‌باشد. گفتنی است که نتایج آزمون لیانگ- باکس، وجود خودهمبستگی سریالی در اجزاء اخلال مدل فوق را نفی و هم‌چنین آزمون مک‌لئود- لی، وجود خودهمبستگی سریالی در مجذور اجزاء اخلال مدل بهینه را رد کرده است و نیز براساس آزمون آرچ انگل در اجزاء اخلال این مدل، دیگر اثری از واریانس ناهمسانی شرطی وجود ندارد.

از سوی دیگر، یکی از اهداف اصلی پژوهش‌های اقتصادی، پیش‌بینی متغیرهای کلیدی اقتصاد می‌باشد، تا بر اساس آن بتوان به سیاست‌گذاری صحیح و برنامه‌ریزی دقیق اقتصادی پرداخت. در این پژوهش نیز، در راستای تحقق این هدف، تلاش شده است تا به پیش‌بینی هر چه دقیق‌تر قیمت نفت خام به عنوان یکی از متغیرهای کلیدی اقتصاد ایران پرداخته شود. از این‌رو، در ادامه به دقت عملکرد مدل‌های به‌کار گرفته شده در این تحقیق، بر اساس معیار میانگین مجذور خطا (MSE)، در قالب جدول (۶) مقایسه شده است.

جدول ۶- مقایسه‌ی عملکرد انواع مدل‌های GARCH با معادلات میانگین ARFIMA

مدل‌ها	GARCH	IGHARCH	FIGHARCH
ARFIMA(1,1)	۰/۰۰۱۰۵۷	۰/۰۰۱۰۵۹	۰/۰۰۱۰۵۷
ARFIMA(1,2)	۰/۰۰۱۰۶۲	۰/۰۰۱۰۶۴	۰/۰۰۱۰۶۰
ARFIMA(2,1)	۰/۰۰۱۰۶۳	۰/۰۰۱۰۶۴	۰/۰۰۱۰۶۲
ARFIMA(2,2)	۰/۰۰۱۰۶۴	۰/۰۰۱۰۶۵	۰/۰۰۱۰۶۳

منبع: یافته‌های تحقیق

نتایج جدول فوق نشان می‌دهد که، مدل ARFIMA(1,1) با انواع معادله‌ی واریانس شرطی اعم از GARCH، IGHARCH و FIGHARCH بر اساس معیار MSE، دارای عملکرد بهتری نسبت به سایر مدل‌ها می‌باشد. هم‌چنین، در بین این مدل‌ها نیز،

Archive of SID

www.SID.ir

مدل‌های GARCH و FIGHARCH دارای دقت پیش‌بینی مشابهی می‌باشند، چرا که مقدار معیار میانگین مجذور خطا در هردوی این مدل‌ها یکسان می‌باشد. از سوی دیگر، با توجه به اصل ساده‌سازی[1]؛ "مدلی ترجیح می‌شود که دارای کم‌ترین تعداد پارامتر باشد"، بر این اساس، مدل GARCH مدل انتخابی ما خواهد بود، زیرا تعداد پارامترهای آن کم‌تر از مدل FIGHARCH می‌باشد.

۶- نتیجه‌گیری و پیشنهادات

به‌طور کلی نفت، نقش اساسی در اقتصاد جهانی به‌ویژه در کشورهای صادرکننده‌ی نفت (از جمله ایران) دارد. اهمیت و جایگاه ویژه‌ی این کالا، توجه بسیاری از محققان را به سوی خود جلب کرده و به همین علت در سال‌های اخیر مطالعات زیادی در زمینه‌ی آن انجام پذیرفته است. نتایج این پژوهش، وجود ویژگی حافظه‌ی بلندمدت در معادله‌ی میانگین و معادله‌ی واریانس شرطی قیمت نفت خام را تأیید کرده، این در حالی است که بر اساس معیارهای اطلاعات (معیارهای آکائیک و شوارتز)، بهترین مدل از میان تمامی مدل‌های مورد بررسی جهت تخمین نوسانات قیمت نفت خام ایران، مدل ARFIMA(,) GARCH بوده است. گفتنی است که در این مدل، میزان پارامتر تفاضل‌کسری (d) برابر مقدار عددی ۰/۰۹ بوده است، بدین معنی که بازده قیمت نفت خام هنوز به‌طور کامل (حتی با یک بار تفاضل‌گیری از لگاریتم قیمت نفت خام) مانا نبوده و نیاز به تفاضل‌گیری دوباره (البته به صورت کسری) دارد. وجود ویژگی حافظه‌ی بلندمدت در معادله‌ی میانگین بیانگر این امر است که اگر شوکی به بازده قیمت نفت خام وارد شود، اثر این شوک تا دوره‌های زیادی در آن باقی خواهد ماند.

هم‌چنین، پس از مدل‌سازی نوسانات قیمت نفت خام، به ارزیابی دقت عملکرد این مدل‌ها در پیش‌بینی نوسانات قیمت این محصول، به کمک معیار MSE، پرداخته شده است که نتایج این بررسی‌ها حاکی از برتری عملکرد پیش‌بینی مدل ARFIMA(۱,۱) با معادله‌ی واریانس‌های GARCH و FIGHARCH، نسبت به سایر مدل‌های بررسی شده، می‌باشد. در نهایت ذکر این نکته ضروری است که با توجه به اصل ساده‌سازی، مدل ARFIMA(۱,۱) – GARCH ۲ به عنوان بهترین مدل جهت پیش‌بینی رفتار

1- Simplification
2- Autoregressive Fractional Integrated Moving Average- Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity

Archive of SID

www.SID.ir

نوسانات قیمت نفت خام ایران انتخاب شده است. لازم به ذکر است که، نتایج حاصل از مدل‌سازی و پیش‌بینی، با یکدیگر سازگار می‌باشد.

پیشنهادهای این پژوهش در دو بخش ارائه می‌شود، نخست این‌که، ماهیت ویژگی حافظه‌ی بلندمدت بدین صورت می‌تواند تحلیل شود که تکانه‌های کنونی اگرچه بخشی از آثار خود را در همان دوره یا در نهایت با چند وقفه خواهد گذاشت، ولی بخش قابل توجهی از آثار تکانه‌ی مذکور می‌تواند رفتار سری با این ویژگی را در دوره‌های آتی تحت تأثیر قرار دهد. بالطبع آگاهی به این موضوع و عدم توجه به آن، نوعی سهل‌انگاری محرز می‌باشد، بنابراین می‌توان به‌کارگیری مدل‌های مبتنی بر حافظه‌ی بلندمدت را برای پیش‌بینی قیمت نفت، به سرمایه‌گذاران و نیز تصمیم‌گیران کلان کشور پیشنهاد کرد.

پیشنهاد دیگر را می‌توان این‌گونه بیان کرد که تأیید وجود این ویژگی مؤید آن است که حتی استفاده از روش‌های پیچیده‌ی دیگر اگر چه ممکن است از نتایج بهتری برخوردار باشد، ولی این نکته که "به‌کارگیری ترکیب روش‌های مذکور و مقوله‌ی حافظه‌ی بلندمدت می‌تواند نتایج بهتری را در برداشته باشد"، می‌تواند در تحقیقات آتی، با رویکرد ترکیبی به مدل‌های پیش‌بینی مورد توجه قرار گیرد.

فهرست منابع

ابریشمی، حمید و مهرآرا، محسن و آریانا، یاسمین (۱۳۸۶)، "ارزیابی عملکرد مدل‌های پیش‌بینی بی‌ثباتی قیمت نفت"، مجله‌ی تحقیقات اقتصادی، شماره‌ی ۷۸، صفحات ۱-۲۱.

اصفهانیان، مجید و امین‌ناصری، محمدرضا (۱۳۸۷)، "ارائه‌ی یک مدل شبکه‌ی عصبی جهت پیش‌بینی کوتاه‌مدت قیمت نفت خام"، نشریه‌ی بین‌المللی علوم مهندسی دانشگاه علم و صنعت ایران، شماره‌ی ۱، صفحه ۳۵-۲۷.

بهرادمهر، نفیسه (۱۳۸۷)، "پیش‌بینی قیمت نفت‌خام با استفاده از هموارسازی موجک و شبکه‌ی عصبی مصنوعی"، فصل‌نامه‌ی مطالعات اقتصاد انرژی، شماره‌ی ۱۸، صفحات ۹۸-۸۱.

بیدآبادی، بیژن و پیکارجو، کامبیز، (۱۳۸۷)، "شبیه‌سازی و پیش‌بینی قیمت جهانی نفت‌خام"، پژوهش‌نامه‌ی اقتصادی، شماره‌ی ۲۷، صفحات ۱۱۷-۸۳.

Archive of SID
www.SID.ir

پورکاظمی، محمدحسین و اسدی، محمدباقر (۱۳۸۸)، "پیش‌بینی پویایی قیمت نفت خام با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی و با به‌کارگیری ذخیره‌سازی‌های نفتی کشورهایOECD"، مجله‌ی تحقیقات اقتصادی شماره‌ی ۸۸، صفحات ۴۶-۲۵.

دشتی‌رحمت‌آبادی، سید ابراهیم و محمدی، حمید و فرجزاده، زکریا، (۱۳۹۰)، |" ارزیابی عملکرد الگوهای شبکه‌ی عصبی و خودرگرسیون میانگین متحرک در پیش‌بینی قیمت نفت خام ایران"، فصل‌نامه‌ی مطالعات اقتصاد انرژی، شماره‌ی ۲۸، صفحات ۱۱۸-۹۷.

عرفانی، علیرضا (۱۳۸۷)، "پیش‌بینی شاخص کل بورس اوراق بهادار تهران با مدل ARFIMA"، پژوهش‌نامه‌ی علوم انسانی و اجتماعی (علوم اقتصادی)، سال هشتم، شماره‌ی ۲۸، صفحات ۹۲-۷۶.

فرجام‌نیا، ایمان و ناصری، محسن و احمدی، سیدمحمد مهدی (۱۳۸۶)، "پیش‌بینی قیمت نفت با دو روش ARIMA و شبکه‌های عصبی مصنوعی"، فصل‌نامه‌ی پژوهش‌های اقتصادی ایران، سال نهم، شماره‌ی ۳۲، صفحات ۱۸۳-۱۶۱.

کشاورزحداد، غلامرضا و صمدی، باقر (۱۳۸۸)، "برآورد و پیش‌بینی تلاطم بازدهی در بازار سهام تهران و مقایسه‌ی دقت روش‌ها در تخمین ارزش در معرض خطر: کاربردی از مدل‌های خانواده‌ی FIGARCH"، مجله‌ی تحقیقات اقتصادی، شماره‌ی ۸۶، صفحات ۱۹۳-۲۳۵.

محمدی، تیمور و طالبلو، رضا (۱۳۸۹)، "پویایی‌های تورم و رابطه‌ی تورم و عدم اطمینان اسمی با استفاده از الگوی ARFIMA-GARCH"، پژوهش‌نامه‌ی اقتصادی، سال دهم، شماره‌ی اول، صفحات ۱۷۰-۱۳۷.

مشیری، سعید و مروت، حبیب (۱۳۸۵)، "پیش‌بینی شاخص کل بازدهی سهام تهران با استفاده از مدل‌های خطی و غیرخطی"، فصل‌نامه‌ی پژوهش‌نامه‌ی بازرگانی، شماره‌ی ۴۱، صفحات ۲۷۶-۲۴۵.

مشیری، سعید و فروتن، فائزه (۱۳۸۳)، "آزمون آشوب و پیش‌بینی قیمت نفت خام، فصل‌نامه‌ی پژوهش‌های اقتصادی ایران"، زمستان، شماره‌ی ۲۱، صفحات ۹۰-۶۷.

مهرآرا، محسن و بهرادمهر، نفیسه و احراری، مهدی و محقق، محسن (۱۳۸۹)، "پیش‌بینی بی‌ثباتی قیمت نفت با استفاده از شبکه‌ی عصبی GMDH"، فصل‌نامه‌ی مطالعات اقتصاد انرژی، شماره‌ی ۲۵، صفحات ۱۱۲-۸۹.

Archive of SID

www.SID.ir

Arouri, M., Lahiani, A., Nguyen, D.K., (2010), "Forecasting the Conditional Volatility of Oil Spot and Futures Prices with Structural Breaks and Long Memory Models", International Conference on Economic Modeling, July, (Istanbul, Turkey).

Ayadi, O.F., Williams, J., Hyman, L.M., (2009), "Fractional Dynamic Behavior in Forcados Oil Price Series: An Application of Detrended Fluctuation Analysis", Energy for Sustainable Development, 13, 11–17.

Baillie, R.T., King, M.L., (1996), "Fractional Differencing and Long Memory Processes", Journal of Econometrics, 73, Issue 1, 1-3.

Baillie, R.T., Bollerslev, T., Mikkelsen, H.O., (1996), "Fractionally Integrated Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity", Journal of Econometrics, 74, 3–30.

Bollerslev. T., (1986), "Generalized Autoregressive Conditional HeteroScedasticity", Journal of Econometrics, 31, No. 3, 307-327.

Cheong, C.W., (2009), "Modeling and Forecasting Crude Oil Markets Using ARCH-Type Models", Energy Policy, No. 37, 2346–2355.

Choi, K. & S. Hammoudeh, (2009), "Long Memory in Oil and Refined Products Markets", the Energy Journal, No 30(2), PP 97-116.

Conrad, C., (2010), "Non-Negativity Conditions for the Hyperbolic GARCH Model", Journal of Econometrics, 157, 441_457.

Ding, Z., Granger, C.W.J., (1996), "Modeling Volatility Persistence of Speculative Returns: A New Approach", Journal of Econometrics, 73, 185–215.

Erbil, N., (2011), "Is Fiscal Policy Procyclical in Developing Oil-Producing Countries?", IMF Working Paper, 171, 1-32.

Engle. R. F., (1982), "Autoregressive Conditional Heteroskedadticity with Estimates of the Variance of UK Inflation", Econometrica, 50, No. 4, 987-1008.

Geweke, J., Porter-Hudak, S., (1983), "The Estimation and Application of Long-Memory Time Series Models", Journal of Time Series Analysis, 4, 221–238.

Granger, C.W.J., Joyeux, R., (1980), "An Introduction to Long Memory Time Series Models and Fractional Differencing", Journal of Time Series Analysis, 1, 15–39.

Granger, C.W.J., (1981), "Som Properties of Time Series Data and Their Use in Econometric Model Specification", journal of econometrics, 16, 121-130.

Henry, M. and Zafaroni, P., (2003), "The Long Range Dependence Paradigm for Macroeconomics and Finance", in Doukhan, P., Oppenheim,

Archive of SID

www.SID.ir

G. and Taqqu, M. (Eds.), Long-range dependence: Theory and applications, Birkhauser, 419-438.

Hosking, J.R.M., (1981), "Fractional differencing", Biometrika, 68, 165–176.

Hurst, H.R.(1951), "Long-Term Storage in Reservoirs", Transactions of the American Society of Civil Engineers, 116, 770-799.

Kang, S.H., Kang, S.M., Yoon, S.M., (2009), "Forecasting Volatility of Crude Oil Markets", Energy Economics, 31, 119–125.

Kang, S.H., Cheong, C., Yoon, S.M., (2011), "Structural Changes and Volatility Transmission in Crude Oil Markets", Physica A, 390, 4317–4324.

Mehrara M.,Mohaghegh, M. (2011), "Macroeconomic Dynamics in the Oil Exporting Countries: A Panel VAR Study", International Journal of Business and Social Science, 2 No. 21, 288-295.

Mostafaei H., and Sakhabakhsh, L., (2011), "Modeling and Forecasting of OPEC Oil Prices with ARFIMA Model", International Journal of Academic Research, 3, No. 1, Part Iii.

Prado. S, (2011), "Free Lunch in the Oil Market: A Note on Long Memory", Working Paper, No.23.

Shirinbakhsh, Sh., MoghaddasBayat, M., (2011), "An Evaluation of Asymmetric and Symmetric Effects of Oil Exports Shocks on Non-Tradable Sector of Iranian Economy", Romanian Journal of Economic Forecasting, No. 1, 106-124.

Swanson, D.A., Tayman, J., Bryan, T.M., (2011), "MAPE-R: a Rescaled Measure of Accuracy for Cross-Sectional Subnational Population Forecasts", J Pop Research, 28, 225–243.

Vo, M., (2011), "Oil and Stock Market Volatility: A Multivariate Stochastic Volatility Perspective", Energy Economics, 33, 956–965.

Wang, y., Wu, c., Wei, y., (2011), "Can GARCH-Class Models Capture Long Memory in WTI Crude Oil Markets?", Economic Modeling, 28, 921–927.

Wei, Y., Wang, Y., Huang, D., (2010), "Forecasting Crude Oil Market Volatility: Further Evidence Using GARCH-Class Models", Energy Economics, 32, 1477–1484.

Xio J., Jin, Y., (2007), "Empirical Study of ARFIMA Model Based on Fractional Differencing", Physica: A- 377.

Archive of SID

www.SID.ir