فصلنامه پژوهشها و سیاستهای اقتصادی
سال هجدهم، شماره۵۳، بهار ۱۳۸۹، صفحات ۱۲۶-۱۰۹

مدل‌سازی بی‌ثباتی قیمت نفت‌خام سبک ایران

نظر دهمرده
دانشیار دانشکده اقتصاد دانشگاه سیستان و بلوچستان
nazar@hamoon.usb.as.ir

فرشید پورشهابی
کارشناس ارشد علوم اقتصادی دانشگاه سیستان و بلوچستان
pourshahabi.f@gmail.com

این مطالعه به مدل‌سازی تغییرپذیری قیمت نفت‌خام سبک ایران با استفاده از مدل‌های واریانس ناهمسانی شرطی خودرگرسیو تعمیم یافته (GARCH) پرداخته است. در این روش ممکن است که واریانس شرطی جمله خطا در طول زمان تغییر نماید. سپس، با استفاده از مدل برآورد شده به بررسی این موضوع که آیا اثرگذاری شوک‌های قیمتی نفت‌خام بر بی‌ثباتی قیمت نفت‌خام نامتقارن می‌باشد؟ و نیز این موضوع که آیا آثار شوک‌های قیمتی نفت‌خام بر بی‌ثباتی قیمت نفت‌خام پایدار می‌باشد یا خیر پرداخته شده است. داده‌های مورد استفاده در این مطالعه، سری زمانی ماهانه قیمت نفت‌خام سبک ایران طی دوره‌زمانی(۲۰۰۹-۱۹۸۰) می‌باشد و منبع گردآوری داده‌های مورد استفاده آژانس بین‌المللی‌انرژی (EIA) می‌باشد. نتایج مطالعه نشان‌دهنده این است که اثر شوک‌های قیمتی نفت‌خام بر بی‌ثباتی قیمت نفت‌خام نامتقارن و دارای درجه پایداری بالایی بوده است و شوک‌های قیمتی منفی نسبت به شوک‌های قیمتی مثبت دارای اثر بیشتری بر نااطمینانی قیمت نفت‌خام می‌باشند.

طبقه‌بندی JEL: *C22, Q43.*
واژه‌های کلیدی: *نفت‌خام، بی‌ثباتی، مدل واریانس‌ناهمسانی شرطی خودرگرسیو تعمیم‌یافته (GARCH).*

۱. مقدمه

نفت‌خام با توجه به تنوع مصارف، قابلیت تبدیل انرژی و سهولت حمل و نقل و ذخیره‌سازی نسبت به سایر انواع سوخت برتری دارد. هر چند علم و تکنولوژی پیشرفت‌های فراوانی داشته است اما نتوانسته است جایگزین مناسبی برای نفت معرفی نماید. با توجه به اینکه در قرون اخیر افزایش تولیدات صنعتی با توجه به تکنولوژی بکار رفته در تولید این محصولات نیاز روز افزونی را به مواد سوختی موجب شده است و با توجه به اینکه مهم‌ترین ماده سوختی مورد استفاده بشر درحال حاضر نفت‌خام می‌باشد، درنتیجه موجب افزایش اهمیت این محصول استراتژیک در جهان امروز شده است و همین موضوع لزوم انجام مطالعات هر چه بیشتر را بر بازار نفت‌خام و مکانیزم‌های فعال در این بازار و عوامل تاثیرگذار بر آن را بیان می کند.

بازار نفت‌خام با توجه به اهمیتی که برای کشورهای واردکننده آن از جهت رفع نیازهای صنایع کشورهایشان به انرژی و کشورهای صادرکننده آن از جهت درآمدهایی که از صدور این محصول بدست می‌آوردند از حساسیت بالایی برخوردار می‌باشد و تغییرات قیمت نفت‌خام می‌تواند این کشورها را با مشکلات فراوانی مواجه نماید که با آشنایی هر چه بیشتر با این بازار پر اهمیت جهانی می‌توان به پیش‌بینی آینده این بازار پرداخته و درنتیجه برای رویارویی با نوسان‌های قیمتی آمادگی بیشتری یافت. با توجه به اینکه تغییرپذیری قیمت در بازار نفت یک حقیقت می‌باشد و جهت انجام تجزیه و تحلیل این بازار نمی‌توان این عامل را بی‌اهمیت دانست، همین موضوع لزوم مطالعه نااطمینانی در بازار نفت را نشان می‌دهد. از جمله پیامدهای تغییرپذیری قیمت نفت در بازار نفت‌خام، ایجاد ریسک برای کشورهای صادرکننده و واردکننده این محصول نسبت به میزان درآمدها و هزینه‌های این کشورها می‌باشد که این عوامل می‌تواند این کشورها را با چالش‌های جدی مواجه نماید. درنتیجه این کشورها جهت کاهش میزان ریسک خود می‌بایست نسبت به پیش‌بینی تغییرپذیری که از اساسی‌ترین فرآیندهای مدیریت ریسک می‌باشد روی آورند.

تولیدکنندگان نفت‌خام بیان می‌دارند که هدف آنها یک بازار پایدار می‌باشد اما در عمل هدف اصلی آنها حداکثر سازی درآمدشان است. بنابراین، در این شرایط نمی‌توان انتظار بازاری پایدار داشت زیرا تولیدکنندگان از افزایش قیمت به دلیل اینکه برای فروش آینده آنها درآمدهای بالاتری را درپی دارد، حمایت خواهند کرد. در این شرایط با بالا رفتن قیمت، رقابت در سمت عرضه افزایش می‌یابد و با تصمیم حداکثر سازی درآمد توسط این کشورها درآمد آینده آنها با ریسک مواجه می‌شود. بنابراین، تولیدکنندگان نفت‌خام می گویند که با افزایش قیمت نفت‌خام مبارزه می‌نمایند و در این زمینه با کشورهای مصرف‌کننده در جهت کاهش تغییر پذیری این بازار همکاری می نمایند اما در عمل آنها بر

بالا بردن درآمد خود در کوتاه‌مدت تمرکز می‌یابند و بدون تغییر این سیاست‌ها نمی‌توان بازاری با ثبات برای نفت‌خام را متصور بود.

پیش‌بینی تغییر پذیری از اساسی‌ترین فرآیندهای مدیریت ریسک می‌باشد زیرا با این پیش‌بینی می‌توان ریسک را کاهش داده و تحت کنترل درآورد و همین موضوع اهمیت بالای پیش‌بینی تغییرپذیری را نمایان می‌سازد. در سال‌های اخیر، مدل‌های واریانس ناهمسانی شرطی خودرگرسیو تعمیم‌یافته (GARCH) مورداستفاده فراوانی توسط محققان علم اقتصاد جهت اندازه‌گیری تغییرپذیری و نااطمینانی قرارگرفته است. این مدل‌ها در داده‌های سری زمانی که دارای واریانس شرطی می‌باشند مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این مطالعه نیز تلاش شده است تا با استفاده از این مدل‌های مختلف واریانس ناهمسانی شرطی خود رگرسیو تعمیم یافته (GARCH) به بهترین پیش‌بینی از تغییر پذیری دست یابیم.

طی‌این‌مطالعه بااستفاده‌از سری زمانی‌ماهانه قیمت‌نفت‌خام سبک‌ایران طی‌سال‌های (۲۰۰۹-۱۹۸۰) میلادی و اقتصادسنجی سری‌های زمانی و با کمک گرفتن از نرم‌افزار Eviews 5.0 به مدل سازی تغییرپذیری قیمت نفت‌خام سبک ایران پرداخته شده است. سپس، با استفاده از مدل تغییرپذیری بدست آمده انحراف معیار شرطی مدل GARCH(1,1) برآوردی را که جانشینی برای نااطمینانی قیمت نفت‌خام می‌باشد را محاسبه نموده و در نهایت این موضوع را که آیا اثر شوک‌های قیمتی نفت‌خام بر بی‌ثباتی قیمت نفت‌خام سبک ایران نامتقارن و پایدار می‌باشد یا خیر مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج مطالعه نشان می‌دهد که شوک‌ها آثار نامتقارن اما غیر دائمی بر بی‌ثباتی قیمت نفت‌خام دارند در شرایطی که شوک‌ها دارای اثر نامتقارن می باشند، شوک‌های مثبت و منفی آثار متفاوتی بر بی‌ثباتی قیمت نفت‌خام دارند. همچنین نتایج حاکی از این است که توزیع خطای شرطی تعمیم یافته (GED) نسبت به توزیع شرطی نرمال پیش‌بینی بهتری از تغییر پذیری را ارائه می‌دهد.

۲. ادبیات و پیشینه تحقیق

مدل‌سازی و پیش‌بینی بی‌ثباتی قیمت نفت‌خام عوامل مهمی در مدل‌های اقتصادی می‌باشد. بنابراین، مدل‌سازی و پیش‌بینی صحیح، توجه پژوهشگران انرژی و سیاستگذاران را به خود جلب نموده است (کانگ‌ودیگران،۲۰۰۹). مقالات متعددی در بخش ادبیات انرژی جهت مدل سازی و پیش‌بینی بی‌ثباتی بازار نفت‌خام از مدل‌های مختلف واریانس ناهمسانی شرطی تعمیم یافته (GARCH) استفاده نموده‌اند که از آن جمله می‌توان به مطالعات کابدو و مویا (۲۰۰۳)،فانگ و سی(۲۰۰۲)، نارایان و نارایان (۲۰۰۷) وصادقی وشوالپور(۲۰۰۶) اشاره نمود. از جمله عواملی که موجب بی‌ثباتی قیمت نفت‌خام در بلندمدت

می‌شود، سیاست قیمت بالا می‌باشد زیرا این سیاست موجب می‌شود که در سمت عرضه، این قیمت‌های بالا سیگنال‌هایی مبنی بر تشویق اکتشاف و هزینه‌های توسعه منابع ارسال نمایند. به‌ویژه در بین کشورهای غیر عضو در اوپک این اتفاق شدیدتر رخ می‌دهد زیرا در اینگونه کشورها مطالعاتی در جهت تعیین شرایط بازار و نحوه برخورد با این شرایط به دلیل بالا بودن هزینه اینگونه مطالعات صورت نمی‌گیرد. در طرف تقاضا نیز قیمت‌های بالای نفت موجب تشویق جایگزین نمودن سایر انواع انرژی به جای نفت می‌گردد و موجب سرمایه‌گذاری در تکنولوژی‌های جدید می‌گردد.

درخصوص اثر نااطمینانی قیمت نفت‌خام بحث می‌شود که افزایش بی‌ثباتی قیمت نفت‌خام منجر به کاهش فعالیت‌های اقتصادی می‌گردد و درنتیجه آن، تقاضای انرژی توسط عاملان اقتصادی کاهش می‌یابد و دلیل آن نیز کاهش قدرت پیش‌بینی قیمت نفت‌خام می‌باشد و این موضوع نااطمینانی درخصوص سطح قیمت آینده را افزایش می‌دهد که این موضوع تصمیم‌گیری عاملان اقتصادی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. بنابراین، انتظار داریم که برای بنگاه‌ها بهینه باشد تا هزینه‌های سرمایه‌گذاری خود را هنگام تجربه افزایش نااطمینانی قیمت نفت‌خام به تأخیر بیندازند.

پیش از بررسی بی‌ثباتی قیمت نفت‌خام، بیان عوامل وجود بی‌ثباتی در بازار نفت‌خام می‌تواند با اهمیت باشد. بنابراین در ابتدا به بیان بخشی از این عوامل می‌پردازیم.

از جمله عوامل بنیادی بی‌ثباتی قیمت نفت‌خام می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- جنگ‌ها

جنگ ایران و عراق، هجوم عراق به کویت، عملیات طوفان صحرا، حمله آمریکا به عراق، حمله به افغانستان توسط آمریکا و ...

- تغییر در رژیم‌های سیاسی

ناامنی‌های کشورهای ونزوئلا و نیجریه، تغییر رژیم در کشور عراق و افغانستان، انقلاب ایران و ...

- بحران‌های سیاسی و اقتصادی

تحریم نفت از سوی اعراب، قطع واردات از ایران به دستور کارتر در پی تسخیر لانه جاسوسی، امتناع عراق از پذیرفتن بازرسی بازرسان تسلیحاتی سازمان ملل از تأسیسات حساس آن کشور، بحران مالی شرق آسیا، رکود اقتصاد آمریکا و ...

- تغییرات آب و هوایی غیرمنتظره

گرم شدن نسبی دمای هوا در زمستان و ...

- ساختار موافقت‌نامه‌های تجاری

موافقت‌نامه‌های تجاری کشورهای مختلف می‌تواند از ایجاد تنش به دلیل وجود منافع مشترک بین کشورها بکاهد.

- تغییر در عرضه از سوی تولیدکنندگان

قطع صدور نفت از سوی اعراب، افزایش و کاهش سقف تولید کشورهای صادرکننده و ...

- تغییرات تقاضا از سوی مصرف‌کنندگان

افزایش و کاهش تقاضا تغییرات محسوسی بر قیمت نفت‌خام داشته است.

- تغییرات فصلی تقاضا

در فصل‌های سرد نسبت به فصول گرم تقاضای بیشتری برای نفت‌خام وجود دارد.

همانگونه که مشاهده می‌شود بنا به دلایلی که ذکر شد هیچگاه نمی‌توان انتظار بازار باثباتی را برای نفت‌خام داشت و همین موضوع ضرورت بررسی اثر بی‌ثباتی قیمت نفت‌خام بر بازار این محصول را بیان می‌نماید.

فانگ و سی(۲۰۰۴) در مطالعه خود رفتار زودگذر تغییرات بی‌ثباتی روزانه قیمت نفت‌خام را با استفاده از مدل تغییر رژیم[1] تعمیم یافته که اجازه تغییرات ناگهانی در میانگین و واریانس و پویایی‌های GARCH را فراهم می‌آورد، انجام نمودند. مدل مورد استفاده بر پایه روش GARCH استاندارد که امکان افزایش ناگهانی در واریانس شرطی بین اعداد گسسته رژیم را فراهم می آورد، ساخته شده است. این مدل انعطاف پذیر می‌باشد زیرا تمام پارامترهای مدل GARCH می‌توانند بین رژیم‌ها تغییر جهت دهند. همچنین فرض شده است که انتقال بین موقعیت‌های بی‌ثباتی بر پایه فرآیند مارکف[2] می‌باشد. داده‌های مورد استفاده در این مطالعه از دوم ژانویه ۱۹۹۲ تا سی و یک دسامبر ۱۹۹۷ بوده است. نتایج این مطالعه نشان دهنده این است که تغییر رژیم به صورت واضح در داده‌ها و اثر GARCH حکمفرما می‌باشد.

سدروسکی[3](۲۰۰۶) به پیش‌بینی بی‌ثباتی روزانه قیمت نفت‌خام با استفاده از روش‌های یک‌متغیره و چندمتغیره پرداخته است. وی دریافت‌که مدل TGARCH برازش خوبی برای بی‌ثباتی‌گاز طبیعی و نفت گرمایشی برخوردار می‌باشد، همچنین مدل GARCH دارای برازش خوبی برای بی‌ثباتی نفت‌خام

1. Regime Switching Model
2. Markov
3. Sadorsky

و گازوئیل می‌باشد. نتایج این مطالعه نشان‌دهنده این است که مدل‌هایی مانند حالت- فضا[1]، خود رگرسیون برداری[2] و GARCH، دو متغیره به خوبی مدل GARCH تک معادله نمی‌باشند.

رجینر (۲۰۰۶) این فرضیه عمومی را که هنگام بروز بحران نفت ۱۹۷۳ قیمت‌های نفت و انرژی نسبت به قیمت‌های سایر کالاها بیشتر بی‌ثبات می‌باشد را مورد آزمون قرار داد. وی بیان می‌کند که پاسخگویی به این پرسش دلالت‌های خرد و کلان دارد. به‌عنوان مثال، برای ملت‌های واردکننده و صادرکننده کالاها محاسبه ریسک همراه با قیمت‌های بی‌ثبات می‌تواند منجر به سیاستگذاری‌های بهتری گردد. در سطح اقتصاد خرد، رفتار تصادفی قیمت وابسته به ارزیابی سرمایه‌گذاری واقعی با استفاده از تکنیک‌های قیمت دارایی مدرن می‌باشد. در این مطالعه قیمت‌های تولید ماهانه هزاران محصول در دوره زمانی ژانویه ۱۹۴۵ تا آگوست ۲۰۰۵ مورد استفاده قرار گرفت. نتایج این مطالعه نشان داد که قیمت‌های نفت‌خام و گاز طبیعی از حدود ۹۵ درصد از تولیدات فروخته شده توسط تولیدکنندگان داخلی بی ثبات‌تر می‌باشد.

نتایج مطالعه نارایان و نارایان (۲۰۰۷) جهت مدل‌سازی بی‌ثباتی قیمت نفت‌خام نشان‌دهنده این است که در طول کل دوره مورد مطالعه شواهد قوی مبنی بر اثر پایدار و نامتقارن شوک‌های قیمتی بر بی‌ثباتی وجود دارد. اگر چه در زیر نمونه‌های مختلف پایداری مشاهده نشد. بنابراین، رفتار قیمت‌های نفت منجر به تغییر در دوره‌های زمانی کوتاه‌مدت می‌گردد. در این مطالعه آنها از داده‌های روزانه سال‌های (۲۰۰۶-۱۹۹۱) استفاده نمودند. همچنین آنها جهت تحقیق درخصوص بی‌ثباتی قیمت نفت‌خام، مدل EGARCH را مورداستفاده قرار دادند. برای استفاده از مدل EGARCH آنها دو مشخصه شوکهای نامتقارن و پایدار را بیان نمودند.

کانگ و دیگران (۲۰۰۹) توانایی مدل بی‌ثباتی را برای سه بازار نفت‌خام آزمون نمودند. آنها جهت پیش‌بینی بی‌ثباتی سه بازار نفت‌خام شامل برنت[3]، دوبی[4] و وست تگزاس اینترمدیت[5] از مدل بی‌ثباتی شرطی‌استفاده نمودند. نتایج مطالعه‌نشان‌دهنده این‌است‌که مدل‌های CGARCH و FIGARCH جهت مدل‌سازی و پیش‌بینی بی‌ثباتی قیمت نفت‌خام مفید می‌باشند. همچنین آنها نشان دادند که مدل‌های CGARCH و FIGARCH نسبت به مدل‌های GARCH و IGARCH جهت بدست آوردن

1. State Space
2. Vector Autoregression
3. Brent
4. Dubai
5. West Texas Intermediate

پایداری مناسب‌تر می‌باشند. آنها پیشنهاد نمودند که اقتصاددانان انرژی باید پایداری بی‌ثباتی قیمت نفت‌خام را در مطالعات خود در نظر بگیرند.

۳. روش‌شناسی تحقیق

اگر p_t را به عنوان قیمت نفت‌خام در نظر بگیریم، تغییر قیمت نسبی(رشد قیمت) را می‌توانیم به‌صورت زیر تعریف نماییم:

$$R_t = \frac{(p_t - p_{t-1})}{p_{t-1}} \qquad (۱)$$

بنابراین، می‌توانیم رشد قیمت را با استفاده از لگاریتم به صورت زیر تعریف نماییم:

$$r_t = \ln(1+R_t) = \ln(\frac{p_t}{p_{t-1}}) = \ln p_t - \ln p_{t-1} \qquad (۲)$$

حال با تعریف نمودن $p_t = \ln p_t$ داریم:

$$r_t = p_t - p_{t-1} \qquad (۳)$$

از آنجایی‌که قیمت نفت‌خام تمایل به افزایش و کاهش دارد در نتیجه می‌توانیم لگاریتم قیمت p_t را به صورت فرآیند گام تصادفی زیر درنظر بگیریم:

$$p_t = \mu + p_{t-1} + \varepsilon_t \qquad (۴)$$

با استفاده از معادلات بالا داریم:

$$r_t = p_t - p_{t-1} = \mu + \varepsilon_t \qquad (۵)$$

که در آن، $\varepsilon_t = \delta z_t$ و $z_t = IIDN(0,1)$ مدل بالا نشان می‌دهدکه رشدها دارای توزیع نرمال با میانگین μ و واریانس ثابت δ می‌باشند.

توزیع نرمال شرطی نشان‌دهنده این است که بازده‌ها در هر ماه دارای توزیع نرمال می‌باشند اما پارامترهای توزیع دارای تغییرات از هر ماه به ماه دیگر می باشند. بنابراین، امکان دارد که بازده‌ها دارای کشیدگی بالایی باشند در این‌گونه موارد توزیع خطای تعمیم یافته (GED) مدل مناسب‌تری را به ما ارائه می‌دهد.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

در این مطالعه از مدل‌های واریانس ناهمسانی شرطی خودرگرسیو تعمیم یافته استفاده شده است که درادامه به معرفی این مدل‌ها می‌پردازیم:

۴-۱. ARCH

انگل[1] (۱۹۸۲) مدل واریانس ناهمسانی شرطی خودرگرسیو (ARCH) را معرفی نمود. از این مدل جهت گرفتن تغییرات نااطمینانی درطول زمان استفاده می‌شود که به ما اجازه می‌دهد تا واریانس شرطی را طی تغییرات زمان محاسبه نماییم.

h_t بطور مشخص به صورت زیر است:

$$h_t = \alpha_0 + \sum_{j=1}^{q} \alpha_1 \varepsilon_{t-j}^2 \qquad (۶)$$

که به صورت ARCH(q) نشان داده می شود.

۳-۲. GARCH

بالرسلو (۱۹۸۶) تعیین واریانس شرطی را ازطریق وارد نمودن ارزش‌های وقفه دار h_t در سمت راست معادله بالا بسط داد. بالرسلو h_t را به صورت زیر بیان نمود :

$$h_t = \alpha_0 + \sum_{j=1}^{q} \alpha_{1j} \varepsilon_{t-j}^2 + \sum_{j=1}^{p} \alpha_{2j} h_{t-j} \qquad (۷)$$

این معادله به صورت GARCH(p , q) نشان داده می‌شود. برای مشخص شدن GARCH معادله $\sum_{j=1}^{q} \alpha_{1j} + \sum_{j=1}^{p} \alpha_{2j}$ باید کوچکتر از یک باشد تا شرط مانایی برقرار باشد و همچنین α_{1j} ها و α_{2j} ها باید شرط نامنفی بودن را دارا باشند (نلسون، ۱۹۹۱).

۳-۳. EGARCH

مدل دیگری که امکان اثرات نامتقارن[2] جملات خطای گذشته را بر واریانس خطای شرطی فراهم می‌نماید، مدل GARCH نمایی[3] EGARCH می‌باشد. یکی از مشکلات مدل‌های GARCH استاندارد این است که می‌بایست مثبت بودن تمام ضرایب را به نوعی تضمین نماییم. نلسون h_t را به گونه‌ای مدل سازی نمود که در آن الزامی به اعمال قید غیر منفی وجود ندارد، بنابراین امکان منفی بودن ضرایب در اینجا وجود دارد.

---

1. Engel
2. Asymmetric Effects
3. Exponential GARCH

معادله زیر را یک مدل EGARCH می نامیم:

$$\ln\left(\delta_t^2\right)= \alpha_0 + \sum_{i=1}^{p} \alpha_i \left|\frac{\varepsilon_{t-1}}{\delta_{t-i}}\right| + \sum_{j=1}^{q} \beta_j \ln\left(\delta_{t-j}^2\right) + \sum_{i=1}^{p} \gamma_t \left(\frac{\varepsilon_{t-i}}{\delta_{t-i}}\right) \qquad (۸)$$

۳-۴. توزیع شرطی

در بسیاری از سری‌های زمانی مالی پسماندهای استاندارد شده مدل برآوردی کشیدگی بسیاری دارد که نشان دهنده انحراف از نرمال شرطی می‌باشد. در چنین مواردی با استفاده از توزیع خطای تعمیم یافته(GED)[1] مدل سازی بهتری صورت می گیرد.

جهت مقایسه کارایی مدل‌های مختلف از خطای مطلق میانگین (MAE)[2]، درصد خطای مطلق میانگین(MAPE)[3]، ریشه دوم خطای میانگین (RMSE)[4] استفاده شده است.

با فرض اینکه نمونه پیش بینی $j=T+1,T+2,\ldots,T+h$ باشد و مقادیر واقعی و پیش‌بینی شده در دوره t به ترتیب y_t و $\hat{y}_t$ باشد، آماره‌های خطایی که جهت مقایسه پیش‌بینی‌ها مورد استفاده قرار می گیرند عبارتند از:

$$MAE = \sum_{t=T+1}^{T+h} \left|\hat{y}_t - y_t\right| \ /h \qquad (۹)$$

$$RMSE = \sqrt{\sum_{t=T+1}^{T+h} \left(\hat{y}_t - y_t\right)^2 /h} \qquad (۱۰)$$

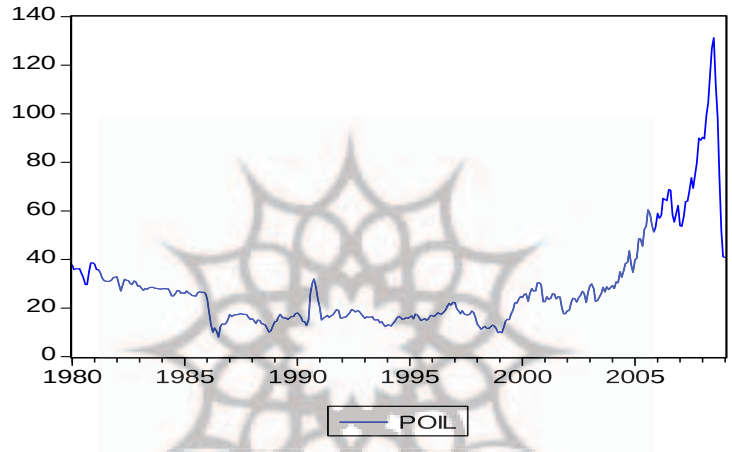
$$MAPE = 100 \sum_{t=T+1}^{T+h} \left(\frac{\hat{y}_t - y_t}{y_t}\right) /h \qquad (۱۱)$$

دو آماره اول وابسته به مقیاس متغیر وابسته می‌باشند و کمتر بودن میزان خطا نشان دهنده مدل بهتر می باشد اما آماره سوم به مقیاس وابسته نمی‌باشد.

1. Generalized Error Distribution
2. Mean Absolute Error
3. Mean Absolute Percentage Error
4. Root Mean Square Error

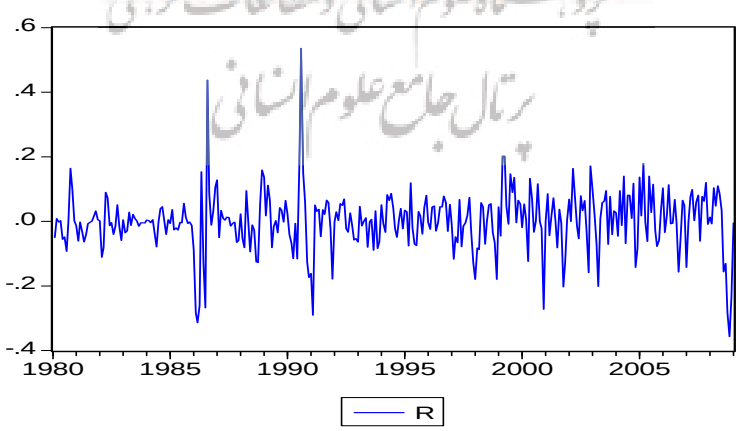
۴. برآورد مدل و مشاهدات تجربی

نمودارهای (۴-۱) و (۴-۲) به ترتیب نشان دهنده سری زمانی ماهانه قیمت نفت‌خام سبک ایران و سری زمانی رشد قیمت نفت‌خام می‌باشند. همانگونه که در نمودار (۴-۳) مشاهده می شود، قیمت نفت‌خام تمایل خاصی به افزایش و کاهش دارد.



مأخذ: آژانس بین المللی انرژی (EIA).

نمودار ۴-۱. سری زمانی ماهانه قیمت نفت‌خام سبک ایران (۲۰۰۹-۱۹۸۰)



مأخذ: آژانس بین المللی انرژی (EIA).

نمودار ۴-۲. سری زمانی ماهانه قیمت نفت‌خام (۲۰۰۹-۱۹۸۰)

پیش از برآورد مدل لازم است که ایستایی متغیرها را مورد بررسی قرار دهیم. برای بررسی ایستایی متغیرها از آزمون دیکی- فولر تعمیم یافته (ADF) استفاده می‌نماییم. نتایج آزمون دیکی- فولر تعمیم یافته (ADF) نشان‌دهنده این است که متغیر رشد قیمت با سطح اطمینان ۹۵ درصد در سطح مانا می‌باشد و متغیر قیمت نفت با یک بار تفاضل‌گیری مانا می‌شود و درنتیجه I(1) می باشد.

جدول ۴-۱. نتایج حاصل از بررسی مانایی متغیرها در سطح

متغیر	آماره ADF محاسبه شده	آماره ADF در سطح ۰/۹۹	آماره ADF در سطح ۰/۹۵	آماره ADF در سطح ۰/۹۰
r	-۱۳/۸۴۸۹۸	-۲/۵۷۱۶۴۳	-۱/۹۴۱۷۴۰	-۱/۶۱۶۰۸۷
poil	-۳/۲۲۴۵۰۴	-۳/۹۸۴۷۲۶	-۳/۴۲۲۸۲۸	-۳/۱۳۴۳۱۵
d(poil)	-۱۱/۰۲۰۸۴	-۳/۴۴۸۹۹۸	-۲/۸۶۹۶۵۳	-۲/۵۷۱۱۶۱

مأخذ: نتایج تحقیق.

در ابتدا، مدل موردنظر را با استفاده از معیار شوارتز- بیزین و نمودار همبستگی نگار انتخاب می‌نماییم و سپس با استفاده از آماره ARCH-LM درخصوص وجود و یا عدم وجود آثار ARCH بحث می‌نماییم.

جدول ۴-۲. نتایج حاصل از آزمون ARCH-LM

F-statistic	۲۱/۸۰۱۷۵	Probability	۰/۰۰۰۰
Obs-Rsquared	۲۰/۵۸۱۵۴	Probability	۰/۰۰۰۰

مأخذ: نتایج تحقیق.

همانگونه که در جدول ۴-۲ مشاهده می شود وجود اثر ARCH با سطح اطمینان ۹۹ درصد پذیرفته می‌شود. در نتیجه با استفاده از مدل‌های واریانس ناهمسانی شرطی به تخمین مدل‌های GARCH(1,1) و EGARCH(1,1) می‌پردازیم. برآورد مدل GARCH(1,1)-NORMAL:

جدول ۴-۳. نتایج حاصل از برآورد ضرایب مدل GARCH(1,1)-NORMAL

متغیر	ضریب	آماره z
C	۰/۰۰۰۶۰۱	۳/۴۳۷۴۰۰
RESID(-1)^2	۰/۳۴۹۶۰۷	۵/۰۴۵۴۰۰
GARCH(-1)	۰/۶۱۴۰۹۶	۱۱/۵۵۹۰۹

مأخذ: نتایج تحقیق.

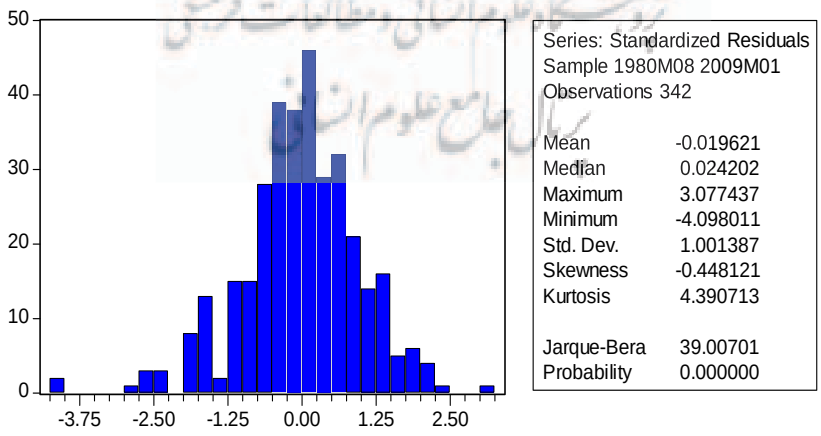
همان‌طورکه در جدول(۴-۳) ملاحظه‌می‌شود،تمام ضرایب مثبت‌بوده و از لحاظ‌آماری نیز معنادار می‌باشند و جمع ضرایب RESID(-1)^2 و GARCH(-1) نیز کوچکتر از یک می باشد. برآورد مدل EGARCH(1,1) -NORMAL:

جدول ۴-۴. نتایج حاصل از برآورد ضرایب مدل EGARCH(1,1) -NORMAL

متغیر	ضریب	آماره z
C	-۱/۱۲۶۵۴۳	-۴/۳۵۶۲۸۸
ABS(RESID(-1)/@SQRT(GARCH(-1)))	۰/۵۱۲۴۵۶	۷/۰۸۵۵۶۸
RESID(-1)/@SQRT(GARCH(-1))	-۰/۲۲۷۵۲۱	-۳/۷۵۹۸۳۶
LOG(GARCH(-1))	۰/۸۵۷۰۳۲	۲۰/۱۷۰۰

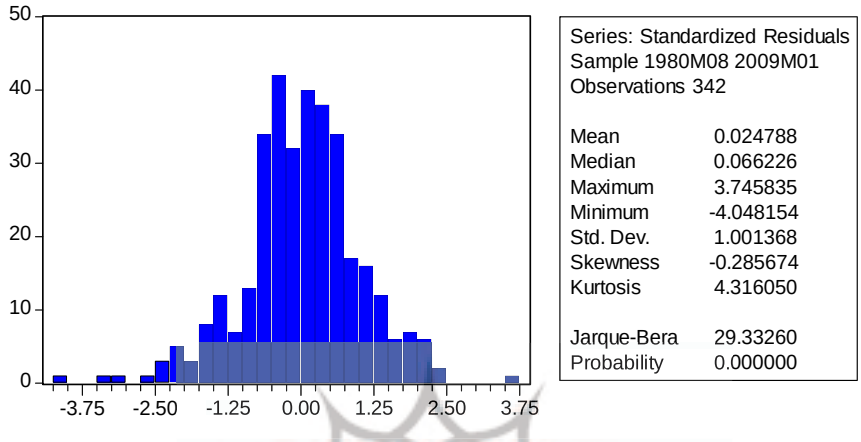
مأخذ: نتایج تحقیق.

همانطورکه در جدول (۴-۴) نیز مشاهده می‌شود، تمام ضرایب مدل EGARCH(1,1) برآوردی ازلحاظ آماری معنادار می‌باشند. ضریب RESID(-1)/@SQRT(GARCH(-1)) در این برآورد منفی و معنادار می‌باشد، بنابراین شوک‌های منفی بی‌ثباتی را بیشتر از شوک‌های مثبت افزایش می‌دهند و اثرگذاری شوک‌ها نامتقارن می‌باشد. از ضریب LOG(GARCH(-1)) استنباط می‌شود که اثر شوک‌ها دائمی نیست اما درجه پایداری آن بالا است.



مأخذ: نتایج تحقیق.

نمودار ۴-۳. خصوصیات آماری پسماند استاندارد شده مدل GARCH(1,1) -NORMAL



مأخذ: نتایج تحقیق.

نمودار ۴-۴. خصوصیات آماری پسماند استاندارد شده مدل EGARCH(1,1) –NORMAL

نمودارهای (۴-۳) و (۴-۴) نشان‌دهنده این می‌باشند که پسماندهای استاندارد شده مدل برآوردی دارای کشیدگی بیشتری نسبت به توزیع نرمال می‌باشند که نشان‌دهنده انحراف از توزیع نرمال شرطی می باشد. در چنین مواردی با استفاده از توزیع خطای تعمیم یافته (GED)[1]، مدل سازی بهتری صورت می‌گیرد. بنابراین، برای آزمون این موضوع که آیا مدل برآوردی با استفاده از توزیع خطای تعمیم یافته پیش‌بینی‌های بهتری را نسبت به توزیع نرمال شرطی بدست می‌دهد یا خیر به برآورد مدل GARCH(1,1) با استفاده از توزیع خطای تعمیم یافته می‌پردازیم: برآورد مدل GED- GARCH(1,1):

جدول ۴-۵. نتایج حاصل از برآورد ضرایب مدل (GARCH(1,1) -GED)

GARCH-GED	ضریب	آماره z
C	۰/۰۰۰۴۹۷	۲/۳۱۸۶۱۳
RESID(-1)^2	۰/۳۵۲۲۶۱	۳/۹۳۲۷۴۰
GARCH(-1)	۰/۶۳۲۷۶۷	۸/۸۱۴۷۸۴
پارامتر GED	۱/۳۴۲۰۲۱	۹/۰۶۸۰۸۷

مأخذ: نتایج تحقیق.

1. Generalized Error Distribution

همان‌طور که در جدول (۴-۵) ملاحظه می شود، علامت تمام ضرایب مثبت بوده و از لحاظ آماری نیز معنادار می‌باشند و جمع ضرایب RESID(-1)^2 و GARCH(-1) تقریباً یک می‌باشد. همچنین، پارامتر GED نیز از لحاظ آماری معنادار می‌باشد. اکنون مدل EGARCH(1,1) را نیز با استفاده از توزیع خطای تعمیم یافته برآورد می‌نماییم. برآورد مدل EGARCH(1,1) -GED:

جدول ۴-۶. نتایج حاصل از برآورد ضرایب مدل EGARCH(1,1) -GED

EGARCH-GED	ضریب	آماره z
C	-۰/۹۹۶۷۵۵	-۳/۰۳۹۱۰۸
ABS(RESID(-1)/@SQRT(GARCH(-1)))	۰/۴۸۰۷۲۶	۵/۰۳۱۴۲۷
RESID(-1)/@SQRT(GARCH(-1))	-۰/۲۱۰۷۹۳	-۲/۷۴۹۶۴۵
LOG(GARCH(-1))	۰/۸۷۷۹۶۴	۱۶/۴۴۹۸۳
پارامترGED	۱/۳۷۶۵۰۴	۱۶/۴۴۹۸۳

مأخذ: نتایج تحقیق.

طبق جدول (۴-۶) تمام ضرایب از لحاظ آماری معنادار بوده و ضریب پارامتر GED نیز از لحاظ آماری معنادار می‌باشد. ضریب RESID(-1)/@SQRT(GARCH(-1)) در این برآورد منفی و معنادار می‌باشد، بنابراین شوک‌های منفی بی‌ثباتی را بیشتر از شوک‌های مثبت افزایش می‌دهند و اثرگذاری شوک‌ها نامتقارن می‌باشد. همانطور که از ضریب LOG(GARCH(-1)) استنباط می‌شود، اثر شوک‌ها دائمی نیست اما درجه پایداری آن بالا می‌باشد.

در جدول (۴-۷) نتایج معیارهای آکائیک و شوارتز و همچنین آماره‌های F و ضریب تعیین مدل‌های برآوردی نشان داده شده است. اعداد جدول نشان‌دهنده این است که بالاترین توضیح دهندگی مربوط به مدل GARCH(1,1) -NORMAL بوده و کمترین میزان آماره‌های آکائیک و شوارتز مربوط به مدل EGARCH-GED است.

جدول ۴-۷. معیارهای آکائیک و شوارتز مدل‌های برآورد شده

مدل	Akaike	Schwarz	F-statistic	R-squared
GARCH-N	-۲/۲۹۱۴۲۹	-۲/۲۱۱۷۳۰	۵/۷۸۵۶۲۶	۰/۰۹۵۷۰۶
GARCH-GED	-۲/۳۲۶۹۵۷	-۲/۲۳۵۸۷۳	۴/۶۶۳۳۴۴	۰/۰۹۰۷۶۶
EGARCH-N	-۲/۳۱۷۹۹۳	-۲/۲۲۶۹۱۰	۴/۴۸۰۰۵۰	۰/۰۸۷۵۱۱
EGACH-GED	-۲/۳۴۹۴۴۲	-۲/۲۴۶۹۷۲	۳/۹۶۹۳۲۰	۰/۰۸۸۷۶۱

مأخذ: نتایج تحقیق.

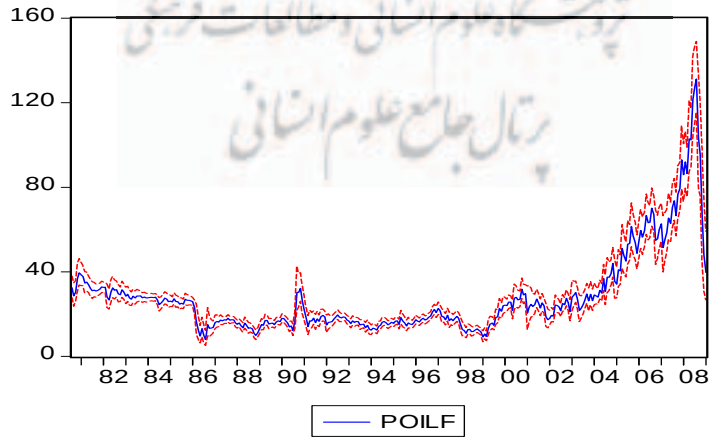
حال با استفاده از مدل‌های GARCH و EGARCH برآورد شده به پیش‌بینی تغییرپذیری می‌پردازیم و پیش‌بینی‌های مدل‌های مذکور را مورد مقایسه قرار می‌دهیم. جدول (۴-۸) نتایج معیارهای خطای مطلق میانگین (MAE)، درصد خطای مطلق میانگین (MAPE)، ریشه دوم خطای میانگین (RMSE) و ضریب نابرابری تایل (TIC) پیش‌بینی مدل‌های مذکور را نشان می‌دهد.

جدول ۴-۸. مقایسه پیش بینی مدل‌های برآوردی

مدل	MAE	RMSE	MAPE	TIC
GARCH-N	۱/۷۵۷۱۴۰	۳/۰۸۶۱۹۷	۶/۱۳۶۵۳۲	۰/۰۴۴۹۷۲
GARCH-GED	۱/۷۵۸۵۱۴	۳/۱۲۸۹۱۴	۶/۱۱۹۶۸۷	۰/۰۴۵۵۸۲
EGARCH-N	۱/۷۵۹۵۱۵	۳/۰۵۷۸۱۰	۶/۱۳۴۶۸۹	۰/۰۴۴۶۱۶
EGACH-GED	۱/۷۵۷۰۷۴	۳/۱۱۷۰۲۱	۶/۱۰۳۱۱۳	۰/۰۴۵۴۶۲

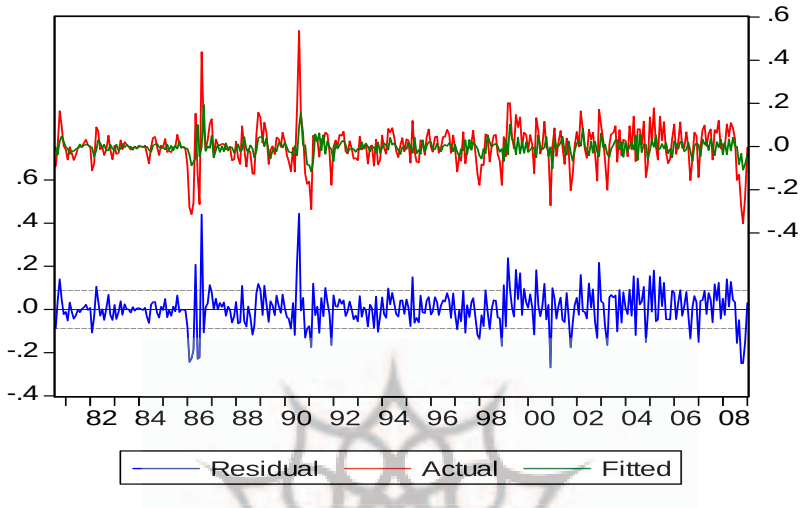
مأخذ: نتایج تحقیق.

بر اساس نتایج جدول (۴-۸) مدل EGARCH-NORMAL ازلحاظ معیار RMSE و TIC دارای پیش‌بینی‌بهتری‌نسبت‌به‌سایرمدل‌هامی‌باشدو ازلحاظ معیارهای MAE و MAPE مدل EGARCH-GED دارای پیش‌بینی‌های بهتری نسبت به سایر مدل‌ها می باشد. حال به پیش‌بینی تغییرپذیری با استفاده از مدل EGARCH(1,1)-NORMAL می‌پردازیم:



مأخذ: نتایج تحقیق.

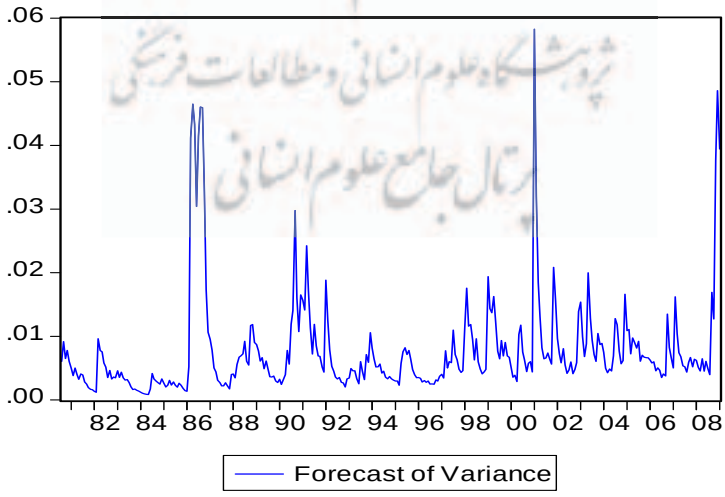
نمودار۴-۵. مقادیر پیش بینی شده قیمت‌نفت‌خام حاصل از برآورد مدل EGARCH(1,1)-NORMAL



مأخذ: نتایج تحقیق.

نمودار ۴-۶. مقادیر واقعی، برازش شده و پسماند حاصل از برآورد مدل EGARCH(1,1)-NORMAL

نااطمینانی قیمت‌نفت‌خام‌سبک ایران درنمودار (۴-۷) نشان داده شده‌است که نشان‌دهنده واریانس شرطی مدل EGARCH(1,1)-NORMAL می‌باشد.



مأخذ: نتایج تحقیق.

نمودار ۴-۷. پیش‌بینی واریانس شرطی حاصل از مدل EGARCH(1,1)-NORMAL

۶. جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

پیش‌بینی تغییر پذیری از اساسی‌ترین فرآیندهای مدیریت ریسک می‌باشد زیرا با این پیش‌بینی می‌توان ریسک را کاهش داده و تحت کنترل درآورد و همین موضوع اهمیت بالای پیش بینی تغییر پذیری را نمایان می‌سازد.درسال‌های اخیر، مدل‌های واریانس‌ناهمسانی شرطی‌خودرگرسیوتعمیم‌یافته (GARCH) مورد استفاده فراوانی توسط محققان علم اقتصاد جهت اندازه‌گیری تغییر پذیری و نااطمینانی قرارگرفته است. این مدل ها در داده‌های سری زمانی که دارای واریانس شرطی می‌باشند، مورد استفاده قرار می‌گیرند. درنتیجه، در این مطالعه تلاش شده است تا با استفاده از این مدل‌ها به بهترین مدل تغییرپذیری قیمت نفت‌خام سبک ایران دست یابیم.

از جمله مدل‌هایی‌که می‌تواند در مدل‌سازی تغییرپذیری مورداستفاده قرارگیرد، مدل‌های GARCH و EGARCH است. همچنین، درصورتی‌که پسماندهای استاندارد شده مدل برآوردی دارای کشیدگی بیشتری نسبت به توزیع نرمال باشند که نشان‌دهنده انحراف از توزیع نرمال شرطی می‌باشد، درچنین مواردی می‌توان از توزیع خطای تعمیم یافته (GED) مدل‌های مذکور استفاده نمود. مدل‌های GARCH-GED و EGARCH-GED نیز مورد برآورد قرار گرفته است و نتایج این مدل‌ها با یکدیگر مقایسه شده‌اند. نتایج برآورد مدل‌های GARCH(1,1)-NORMAL، GARCH(1,1)-GED، EGARCH(1,1)-NORMAL، EGARCH(1,1)-GED نشان‌دهنده این است‌که مدل NORMAL-EGARCH ازلحاظ معیار RMSE دارای پیش‌بینی بهتری نسبت به سایر مدل‌ها می باشد و ازلحاظ معیارهای MAE و MAPE مدل EGARCH-GED دارای پیش‌بینی‌های بهتری نسبت به سایر مدل‌ها می‌باشد. همچنین، براساس معیارهای انتخاب مدل آکائیک و شوارتز مدل‌های دارای GED مدل‌های بهتری نسبت به مدل‌های NORMAL می‌باشند. ازلحاظ معیارهای MAE و MAPE نیز مدل‌های شامل GED دارای پیش‌بینی‌های بهتری نسبت به مدل‌های NORMAL می‌باشند اما ازلحاظ معیار RMSE عکس نتایج بالا تأیید می‌شود. با استفاده از مدل‌های EGARCH به این نتایج دست می‌یابیم که شوک‌های منفی بی‌ثبات قیمت نفت‌خام را بیشتر از شوک‌های مثبت افزایش می‌دهند و درنتیجه اثرگذاری شوک‌ها بر بی‌ثباتی نامتقارن می‌باشد. همچنین، این مدل‌ها نشان می‌دهند که اثر شوک‌ها دائمی نمی‌باشند اما اثر شوک‌ها به سرعت نیز از بین نمی رود.

منابع

اندرس، والتر (۱۹۴۸)، *اقتصاد سنجی سری های زمانی*، مترجمان: دکتر مهدی صادقی و سعید شوال‌پور (۱۳۸۶)، دانشگاه امام صادق(ع).

Bollerslev,T.(1986),"Generalised Autoregressive Conditional Heteroskedasticity", *Journal of Econometrics*, Vol. 31, PP. 307–327.

Cabedo, J.D.&I. Moya (2003), "Estimating Oil Price Value at Risk using the Historical Simulation Approach", *Energy Economics*, Vol. 25, PP. 239–253.

Chen, S. S.&H.C. Chen (2007), "Oil Prices and Real Exchange Rate*", Energy Economics*, Vol. 29, PP. 390–404.

Energy Information Administration, U.S. Department of Energy, www.eia.doe.gov

Fong, W.M. & K.H. See (2002), "A Markov Switching Model of the Conditional Volatility of Crude Oil Futures Prices", *Energy Economics*, Vol. 24, PP. 71–95.

Horan, Stephen M. Peterson, Jeffrey H. & James Mahar (2004), "Implied Volatility of Oil Futures Options Surrounding OPEC Meetings", *The Energy Journal*,Issue 3,PP.103-125.

Huang, B. N., Hwang, M.J. & H. P. Peng (2005), "The Asymmetry of the Impact of Oil Price Shocks on Economic Activities: an Application of the Multivariate Threshold Model", *Energy Economics*, Vol. 27, PP. 455–476.

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

Regnier, E. (2006), "Oil and Energy Price Volatility", *Energy Economics*, Vol. 29, PP. 405–427.

Sadorsky, P. (2006), "Modelling and Forecasting Petroleum Futures Volatility", *Energy Economics*, Vol. 28, PP. 467–488.

Mabro, R. (2001), *Does Oil Price Volatility Matter?*, Oxford Energy Comment, Oxford: Oxford Institute for Energy Studies.

Morana, C. (2001), "A Semiparametric Approach to Short-Term Oil Price Forecasting", *Energy Economics*, Vol. 23, PP. 325–338.

Narayan, P.K. & S. Narayan (2007), "Modelling Oil Price Volatility", *Energy Policy*, Vol.35, PP. 6549–6553.

Nelson, D.B. (1991), "Conditional Heteroskedasticity in Asset Returns: A New Approach", *Econometrica*, Vol. 59, PP. 347–370.

Paresh, Kumar, Narayan & Narayan Seema (2007), "Modelling Oil Price Volatility", *Energy Policy*, Vol. 35, PP. 6549–6553.

Pindyck, R.S. (2004), *Volatility in Natural Gas and Oil Markets*, Unpublished Manuscript, Massachusetts Institute of Technology,Cambridge, MA.

Sadeghi, M. & S. Shavvalpour (2006), "Energy Risk Management and Value at Risk Modeling", *Energy Policy*, Vol. 34, PP. 3367–3373.

Yang, C.W., Hwang, M.J. & B.N. Huang (2002), "An Analysis of Factors Affecting Price Volatility of the US Oil Market", *Energy Economics*, Vol. 24, PP. 107–119.