پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران
سال هشتم، شماره ۳۱، تابستان ۱۳۹۸ صفحات ۱۷۰-۱۵۱
نوع مقاله: پژوهشی

# تئوری ارزش فرین و ارزش در معرض ریسک: کاربردی از بازار نفت اوپک[1]

مهتاب مهرآسا[2]
تیمور محمدی[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۲/۰۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۳/۲۷

**چکیده:**

با توجه به نقش بازار انرژی به‌ویژه نفت بر اقتصاد کشورها، شناخت تحولات آتی این بازار دارای اهمیت است. در همین راستا، پیش‌بینی تحولات حدی متغیر قیمت نفت برای تصمیم‌گیران و سیاست‌گذاران دارای اهمیتی دو چندان می‌باشد. هدف این مطالعه، بررسی حداکثر تغییرات قیمت سبد نفت اوپک با استفاده از مفهوم ارزش در معرض ریسک[4] است. برای محاسبه این معیار از مدل‌های خانواده *GARCH* مبتنی بر توزیع نرمال و فرین استفاده شده که انتظار می‌رود تمرکز بر توزیع فرین در پیش‌بینی ارزش در معرض خطر به ویژه در مواجه با وقایع حدی، نتایج واقع‌بینانه‌تری داشته باشد. نتایج پس‌آزمایی[5] مدل‌ها، نشان داده که مدل *ARMA-GARCH-EVT* در مقایسه با سایر موارد، پیش‌بینی بهتری ارائه نموده است.

**طبقه‌بندی JEL: Q40 , G10 , C52 , C22**

**کلیدواژه‌ها: تئوری ارزش فرین، ارزش در معرض ریسک، گارچ، قیمت نفت**

## ۱. مقدمه

تغییرات شدید در قیمت انرژی به ویژه قیمت نفت، یکی از دغدغه‌های اصلی مصرف کنندگان، شرکت‌ها و دولت‌ها می‌باشد. حوادث جهانی متعددی منجر به اختلال در بازار نفت در پنج

---

۱. مقاله مستخرج از رساله دکتری نویسنده اول در دانشگاه علامه طباطبائی

۲. دانشجوی دکتری اقتصاد دانشکده اقتصاد دانشگاه علامه طباطبائی (نویسنده مسئول)
Mahtab.mehrasa@yahoo.com
۳. دانشیار دانشکده اقتصاد دانشگاه علامه طباطبائی، atmahmadi@gmail.com

4. Value-at-Risk (VaR)
5. Backtesting

دهه گذشته شده که بیشتر این اختلال ها، به ویژه در منطقه خاورمیانه، با تحولات سیاسی و نظامی مرتبط بوده است. از سال ۱۹۷۳، چهار بحران عمده ـ جنگ اعراب و اسرائیل ۱۹۷۳، انقلاب ایران ۸۹ـ۱۹۷۸، جنگ ایران و عراق ۱۹۸۰ و جنگ خلیج فارس ۹۱ـ۱۹۹۰ منجر به نوسانات متعدد در بازار نفت جهانی گشته که این نوسانات براساس مطالعات متعدد، تأثیر قابل توجهی بر فعالیت‌های اقتصادی کشورها گذاشته است. همیلتون (۱۹۸۳)[1] نشان می‌دهد که شوک قیمت نفت حداقل علت نیمی از رکودهای اقتصادی امریکا بعد از جنگ جهانی دوم می‌باشد. مطالعات دیگری نظیر مرک (۱۹۸۹)[2] نتایج مشابهی را گزارش می دهند. تغییر قیمت نفت می‌تواند به یکی یا ترکیبی از عوامل زیر مرتبط باشد؛ مثلاً سیاست اوپک، جنگ و ناآرامی سیاسی به ویژه در منطقه خاورمیانه، اختلالات عرضه به دلیل حوادث و وقایع طبیعی، تغییرات تقاضا و همچنین عدم تعادل عرضه و تقاضا. در مواجه با چنین محیط ریسکی، نوسانی و غیرقابل پیش‌بینی، حفاظت در برابر ریسک بازار ضروری است. بنابراین مدل‌سازی نوسانات حدی قیمت نفت از اهمیت بالایی برخوردار است.

در ادبیات مالی، جهت ارزیابی ریسک، سنجه ارزش در معرض ریسک (VaR)[3] به صورت گسترده مورد استفاده قرار می گیرد. این سنجه، بیشترین زیان مورد انتظار را در افق زمانی مشخص در سطح اطمینان معین اندازه گیری می نماید. روش های موجود در محاسبه VaR در سه رویکرد طبقه‌بندی می‌شوند:

رویکرد نخست: شبیه‌سازی تاریخی ناپارامتریک

رویکرد دوم: مدل‌های کاملاً پارامتریک بر پایه مدل‌های اقتصادسنجی برای مدل‌سازی نوسانات و فرض توزیعی مشخص برای کل توزیع متغیر

رویکرد سوم: تئوری ارزش فرین (حدی)[4] که به صورت پارامتریکی تنها دنباله های توزیع بازده را مدل‌سازی می کند و انتظار می‌رود، چارچوب مستحکم‌تری را برای مطالعه رفتار مشاهدات حدی فراهم نماید.

1. Hamilton (1983)
2. Mork (1989)
3.Value at Risk
4. Extreme Value Theory (EVT)

تئوری EVT مستقیماً بر دنباله‌های توزیع نمونه توجه می‌کند، بنابراین به صورت بالقوه از رویکردهای دیگر در هنگام مواجه با حوادث غیرمنتظره، برآورد دقیق‌تری خواهد داشت (لانجین (۲۰۰۰)[1] و دکروگنا و همکاران (۱۹۹۵)[2]). EVT یک چهارچوب ساده برای جدا ساختن رفتار دنباله‌ها است و بنابراین این پتانسیل را دارد که بهتر از سایر رویکردها در پیش بینی تغییرات غیرمنتظره به کار رود. مک نیل و فری (۲۰۰۰)[3] یک روش بر پایه ترکیب رویکردهای دوم وسوم پیشنهاد نموده‌اند که دو حقیقت آشکارشده در سری بازده‌های مالی یعنی نوسانات تصادفی و وجود دنباله‌های پهن توزیع بازده شرطی را در نظر می‌گیرد.

در بازار نفت، کاربرد رویکردهای اندازه‌گیری ریسک بر پایه تئوری حدی، مقوله مهمی می‌باشد که مطالعات محدودی در این خصوص صورت گرفته است. پیرامون کاربرد EVT در محاسبه VaR در بازار نفت، کریبیل و آدکینز (۲۰۰۵)[4] در بازار نفت نایمکس از تئوری حدی در بررسی ریسک قیمت نفت استفاده کرده‌اند. یوسف و همکاران (۲۰۱۵)[5]، کابدو و مویا (۲۰۰۳)[6]، هانگ و همکاران (۲۰۰۸)[7] و فن و همکاران (۲۰۰۸)[8] از تکنیک‌های مرتبط با VaR برای اندازه گیری ریسک در بازار انرژی بهره گرفته‌اند. کابدو و مویا (۲۰۰۳) شبیه سازی تاریخی و پیش بینی ARMA[9] را برای قیمت نفت برنت از ۱۹۹۲ تا ۱۹۹۸ به کار برده‌اند. فن و همکاران (۲۰۰۸) مدل‌سازی با گارچ را بر پایه توزیع تعمیم یافته پرتو (GED)[10] پیشنهاد نمودند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که GED-GARCH-VaR در پیش‌بینی نسبت به سایر مدل‌های مطالعه بسیار کاراتر می‌باشد.

ازاین‌رو در این مقاله، با توجه به مطالعه یوسف و همکاران (۲۰۱۵)، ارزش در معرض خطر قیمت نفت اوپک با استفاده از تئوری ارزش حدی و مدل گارچ پیش‌بینی شده است. لیکن به جهت اهمیت پیش‌بینی درست سری، بر پایه مطالعه محمدی و لیکسان

1. Longin (2000)
2. Dacorogna et al (1995)
3. McNeil and Frey (2000)
4. Krehbiel and Adkins (2005)
5. Manel Youssef et al (2015)
6. Cabedo and Moya (2003)
7. Hung et al (2008)
8. Fan et al (2008)
9. Historical Simulation with ARMA forecasts (HSAF)
10. Generalized Error Distribution (GED)

(۲۰۱۰)[1] در مدل‌سازی نرخ رشد قیمت نفت، مدل‌سازی بخش بازده نیز اضافه شده است. به عبارتی، VAR با استفاده از تئوری ارزش حدی و مدل‌های ARMA-GARCH محاسبه شده که براساس پیشنیه، چنین مطالعه توأمانی در دسترس نمی‌باشد. برای ارزیابی، کفایت مدل‌ها با آزمون های پس‌آزمایی پوشش شرطی کریستوفرسن (۱۹۸۵)[2] و غیرشرطی کوپیک (۱۹۹۵)[3] سنجیده شده و همچنین به وسیله تابع زیان لوپز[4]، مدل‌ها رتبه‌بندی گردیده‌اند. جهت بررسی معناداری تفاوت پیش‌بینی‌ها، از آزمون مقایسه برتری دیبولد و ماریانو[5] استفاده شده است.

بخش‌های این پژوهش به شرح ذیل می‌باشد: در بخش دوم در قالب مبانی نظری، مقدمه‌ای از تئوری ارزش فرین، محاسبه VaR با استفاده از روش های مختلف و معیارهای پس‌آزمایی آورده شده است. در بخش سوم، سابقه‌ای از مطالعات انجام گرفته جهت محاسبه ریسک در قیمت نفت گزارش شده است. در بخش چهارم، نمونه تحقیق و واقعیت‌های آماری مشاهده شده در نمونه مورد نظر تشریح گشته و در انتها، نتایج مطالعه تجربی ارائه گردیده است.

## ۲. مبانی نظری

ارزش در معرض خطر پیش از آنکه یک سنجه ریسک باشد، یک مفهوم است و دقیقاً به همین دلیل، روش ها و رویکردهای متعددی برای محاسبه و اندازه گیری آن ارائه شده است. ارزش در معرض ریسک، اطلاعات مربوط به ریسک سبد سرمایه‌گذاری یا دارایی را به صورت یک عدد خلاصه می کند. به طور قراردادی، این معیار بیشترین زیان مورد انتظار را در افق زمانی مشخص در سطح اطمینان معین اندازه‌گیری می‌نماید که می‌توان آن را به صورت زیر تعریف نمود: ما $X$ درصد اطمینان داریم که طی $N$ روز آتی، قطعاً بیشتر

1. Mohammadi and Lixian (2010)
2. Christoffersen (1985)
3. Kupiec (1995)
4. Lopz Loss function
5. Diebold-Mariano Test

از مبلغ $V$ متحمل زیان نخواهیم شد. متغیر $V$ همان ارزش در معرض ریسک سبد سرمایه‌گذاری یا دارایی است (رادپور و همکاران، ۱۳۸۸).

## ۲-۱. پیش‌زمینه‌های محاسبه ارزش در معرض ریسک: بازده و نوسان

برای محاسبه ارزش در معرض ریسک با استفاده از هر رویکردی، لازم است در خصوص مدل‌سازی بازده و نوسان متغیر، مطالعه لازم صورت گیرد، زیرا این دو تصویری از توزیع احتمال متغیر در اختیار می‌گذارند.

- مدل‌های پیش‌بینی بازده: رسالت یک مدل اندازه‌گیری ریسک، مشخص نمودن تغییرات آتی در ارزش است. این وظیفه غالباً از طریق پیش بینی تغییرات آتی متغیر انجام می‌گیرد و در این راستا اغلب از تغییرات گذشته برای این پیش‌بینی‌ها استفاده می‌شود. در این مدل‌ها فرض بر این است که بازده های دارایی در طی زمان از یکدیگر مستقل نیستند که مدل‌های خود رگرسیونی میانگین متحرک[1] در این طبقه جای می‌گیرند (سجاد و همکاران ۱۳۹۳).

- مدل‌های خود رگرسیونی میانگین متحرک: در این مدل‌ها می توان بازده هر دوره را بر اساس بازده و جملات خطای دوره‌های قبل مدل‌سازی کرد.

$$\text{ARMA}(p,q) \quad r_t = \omega + \sum_{i=1}^{p} \alpha_i \, r_{t-i} + \sum_{j=1}^{q} \beta_j \, \varepsilon_{t-j} + \varepsilon_t \qquad (1)$$

که $\omega$ نشان‌گر میزان بازده متغیر در صورت صفر بودن دیگر پارامترهاست و به مثابه میانگین رابطه می‌باشد. $\alpha_i$ نشان‌دهنده وزن بازده‌های مرتبه $t\text{-}i$ام در زمان $t$ام است. $\beta_j$ وزن جملات خطای مرتبه $t\text{-}j$ام در زمان $t$ام، $r_{t-i}$ بازده‌های مرتبه $i$ام و $\varepsilon_{t-j}$ جملات خطای مرتبه $j$ام می‌باشد.

- مدل‌های پیش‌بینی نوسان گارچ[2]: بهترین پیش‌بینی واریانس دوره بعدی؛ مطابق ادبیات اقتصادسنجی، میانگین موزون واریانس متوسط بلندمدت[3]، واریانس پیش‌بینی شده دوره جاری و اطلاعات جدید دوره جاری است که از طریق آخرین مجذور باقیمانده به

1. Auto Regressive Moving Average (ARMA)
2. General Auto Regressive Conditional Heteroskedastisity (GARCH)
3. Long-run Variance

دست می‌آید (حیرانی و روشن ضمیر ۱۳۹۷). بر این اساس، مدل خود رگرسیونی عمومی مشروط بر ناهمسانی واریانس مرتبه یک به صورت زیر است:

$$\sigma_t^2 = \omega + \alpha\varepsilon_{t-1}^2 + \beta\sigma_{t-1}^2 \quad \varepsilon \sim N(0, \sigma^2) \qquad (2)$$
$$\omega \geq 0 \, , \alpha , \beta \geq 0 \, , \alpha + \beta < 1$$

که $\sigma_t^2$ پیش‌بینی واریانس برای دوره $t$، $\varepsilon_{t-1}^2$ مجذور باقیمانده (جمله خطا) دوره $t-1$، $\sigma_{t-1}^2$ واریانس پیش‌بینی شده برای دوره $t-1$ و $\beta$ و $\alpha$ و $\omega$ پارامترهای مدل هستند که برای پیش‌بینی واریانس دوره‌های آتی برآورد می‌گردند. از آنجا که $\sigma_t^2$ پیش‌بینی نوسان دوره آتی بر اساس اطلاعات گذشته است، واریانس شرطی نامیده می‌شود. رابطه (۲) تابعی از سه عبارت است:

۱. میانگین ($\omega$)

۲. اخبار راجع به نوسان دوره قبل که بر اساس مربع باقیمانده اخیر حاصل از معادله میانگین ($\varepsilon_{t-1}^2$) اندازه‌گیری می‌شود و به آن عبارت ARCH[1] می‌گویند. این باقیمانده از مدل‌های پیش‌بینی بازده حاصل می‌شود.

۳. پیش‌بینی اخیر واریانس ($\sigma_{t-1}^2$) که به آن عبارت GARCH می‌گویند.

● مدل‌های خود رگرسیونی مشروط بر ناهمسانی واریانس انباشته[2]: چنانچه مجموع ضرایب آرچ و گارچ یک باشد، به تعبیر انگل و بلرسلو (۱۹۸۶)[3] الگو GARCH انباشته یا IGARCH می‌باشد (حیرانی و روشن ضمیر ۱۳۹۷). در این حالت مدل به صورت زیر می‌شود:

$$\alpha + \beta = 1 \quad \sigma_t^2 = \omega_0 + \sum_{i=1}^{m} \alpha_i \, (1-\beta)_{t-1}^2 + \sum_{j=1}^{m} \beta_i \, \sigma_{t-j}^2 \qquad (3)$$

● مدل‌های خود رگرسیونی مشروط بر ناهمسانی واریانس نامتقارن[4]: در پاره‌ای از موارد به نظر می‌رسد که بروز یک شوک برای مثال از نوع افزایش قیمت یک دارایی دارای تأثیرگذاری متفاوتی بر واریانس شرطی باشد تا هنگامی که یک شوک منفی

1. Autoregressive Conditional Heteroskedasticity (ARCH) Term
2. Integrated GARCH Models
3. Engle and Bollerslev (1986)
4. Asymmetric GARCH Models

کاهش قیمت روی می‌دهد. در این حالت اصطلاحاً یک اثر اهرمی[1] مشاهده می‌شود. برای نشان دادن این عدم تقارن واریانس شرطی از الگوهایی نظیر TARCH، EGARCH و موارد دیگری استفاده می‌شود (ارشدی ۱۳۹۰).

## ۲-۲. محاسبه ارزش در معرض ریسک

● ارزش در معرض ریسک نرمال: با توجه به قضیه حد مرکزی، در نظر گرفتن فرض نرمال برای توزیع متغیر بسیار رایج است. با فرض نرمال بودن توزیع بازده، ارزش در معرض ریسک به صورت ذیل محاسبه می‌شود:

$$VaR_t = -P_{t-1} \times (\mu_t - \sigma_t z_a) \qquad (۴)$$

که $VaR_t$ ارزش در معرض ریسک دوره آتی، $P_{t-1}$ مقدار جاری متغیر، $\mu_t$ میانگین بازده در دوره $t$، $\sigma_t$ انحراف معیار بازده در دوره $t$ و $z_a$ مقدار متغیر نرمال استاندارد در سطح اطمینان $\alpha-1$ می‌باشد (گلوستن و همکاران، ۱۹۹۳)[2]. یکی از معایب فرض نرمال بودن به منطق آماری آن باز می‌گردد. فرض نرمال بودن با اتکا به قضیه حد مرکزی[3] توجیه می‌شود و این قضیه بیشتر در مورد صدک‌ها و احتمالاتی کاربرد دارد که در مرکز ثقل تابع چگالی قرار دارند. در زمان مواجه با مقادیر حدی، باید به تئوری ارزش فرین (حدی) مراجعه کرد. مسئله دیگر این‌که برخی از متغیرها دارای کشیدگی فراتر از نرمال و یا به عبارتی دنباله‌های ضخیم‌تری نسبت به توزیع نرمال هستند و نارسایی در احتساب این کشیدگی اضافی[4] می‌تواند منجر به برآوردهایی دست پایین از $VaR$ گردد (سجاد و همکاران، ۱۳۹۳).

● ارزش در معرض ریسک با استفاده از نظریه ارزش فرین: مدیریت ریسک، مشکلات بسیاری در مواجه با رخدادهای حدی (فرین) دارد. این نوع رخدادها، غیرمحتمل بوده ولی در صورت وقوع بسیار پرهزینه هستند. به دلیل نادر بودن این حوادث، برآوردهای مربوط به ریسک‌های فرین از عدم اطمینان بالایی برخوردار می‌باشند. برای

1. Leverage effect
2. Glosten et al (1993)
3. Central Limit Theorem
4. Excess Kurtosis

حل مسئله مقادیر حدی؛ تئوری مقدار فرین ارائه گردیده است. این تئوری برای تشریح اینکه چه توزیع‌هایی برازنده داده‌های حدی هستند، کاربرد دارد. جهت محاسبه VaR با توزیع حدی، از رابطه (۵) استفاده می‌گردد.

$$VaR_t = \begin{cases} \beta_n - \frac{\alpha_n}{\xi_n}\left\{1-\left[-ln(1-P^*\right]^{\xi_n}\right\}, & \xi \neq 0 \\ \beta_n - \alpha_n ln\left[-ln(1-P^*\right] & , \xi = 0 \end{cases} \qquad (۵)$$

به دو پارامتر $\beta_n$ و $\alpha_n$ به ترتیب پارامترهای مکان[1] و مقیاس[2] گفته می‌شود. پارامتر سوم عبارت است از $\xi$ پارامتر شکل[3] می‌باشد که تعیین‌کننده شکل دُم توزیع است. پس از برآورد موارد فوق، ارزش در معرض ریسک به دست می‌آید (رادپور و همکاران، ۱۳۸۸).

● ارزش در معرض ریسک حدی شرطی[4]: رویه‌ای که در مورد تئوری مقدار حدی تشریح شد، تماماً غیرمشروط می‌باشد. بدین معنی که بدون هیچ‌گونه تعدیلی، متغیر تصادفی مورد نظر مستقیماً به کار گرفته می‌شوند. جهت کاراتر کردن محاسبات، اگر بتوان متغیر تصادفی را با یک فرآیند GARCH مدل‌سازی کرد، فرصت خوبی برای بهره از EVT مشروط ایجاد می‌شود. در این حالت، با استفاده از فرآیند GARCHنوسانات متغیر تصادفی تصریح می‌شود و سپس مدل سازی خطاهای حاصل از فرآیند GARCHبا تئوری مقدار حدی انجام می‌شود. برای این کار فری و مک‌نیل (۲۰۰۰)[5] فرآیند دو مرحله‌ای زیر را پیشنهاد نموده‌اند:

۱. نوسانات متغیر از یک مدل GARCH پیش‌بینی شود و پس از تخمین پارامترهای مدل، خطاها استخراج گردد. این خطاها با کم کردن بازده مورد انتظار از بازده واقعی حاصل خواهد شد. در انتهای این مرحله از نوسان و بازده مورد انتظار آتی یعنی $\sigma_{t+1}$ و $\mu_{t+1}$ تخمین‌هایی به دست می‌آید.

1. Location Parameter
2. Scale Parameter
3. Shape Parameter
4. Conditional Extreme Value
5. Frey & Mc Neil (2005)

۲. تئوری مقدار حدی برای خطاهای استانداردشده به کار گرفته می‌شود و بدین ترتیب با احتساب ساختاری پویا (یعنی GARCH) و نیز با استفاده از *EVT* برای باقیمانده‌ها، تخمین‌هایی از *VaR* به دست می‌آید (مریموتو و همکاران، ۲۰۰۹[1]).

## ۲-۳. ارزیابی نتایج

در این تحقیق جهت بررسی کفایت مدل‌ها از آزمون پوشش غیرشرطی کوپییک (رابطه ۶) و آزمون پوشش شرطی کریستوفرسن (رابطه ۷) استفاده شده است. سپس با محاسبه تابع زیان لوپز (رابطه ۸)، مدل‌ها رتبه‌بندی گردیده‌اند. همچنین جهت اطمینان از تفاوت معنادار پیش‌بینی‌ها، نتایج آزمون مقایسه برتری دیبولد و ماریانو (رابطه ۹) گزارش شده است.

$$LR_{UC} = ۲Ln\left[\frac{L(\alpha)}{L(\alpha_۰)}\right] \sim x^{۲} \quad (۱) \qquad (۶)$$

$$LR_{CC} = ۲Ln\left[\frac{L(II)}{L(II_{\alpha})}\right] \sim x^{۲} \quad (۲) \qquad (۷)$$

$$Lf_{t+۱} = \begin{cases} (x_{t+۱} - VaR_t)^{۲} & if\ x_{t+۱} < VaR_t \\ ۰ & if\ x_{t+۱} \geq VaR_t \end{cases} \qquad (۸)$$

$$DM = \frac{L(e_i) - L(e_j)}{\sqrt{\frac{\sigma^{۲}}{(h-۱)}}} \qquad (۹)$$

## ۳. مروری بر مطالعات تجربی

می و همکاران (۲۰۱۷)[2] در مطالعه خود به ارزیابی *VaR* در دو بازار نفت برنت و تگزاس غربی[3] با استفاده از تئوری ارزش حدی، مدل‌های خانواده گارچ و توزیع *GED* پرداخته‌اند. نتایج مطالعه آنها نشان می‌دهد که تئوری ارزش حدی در برآورد میزان ریسک در مقایسه با مدل‌های سنتی مبتنی بر واریانس کواریانس و مونت کارلو براساس معیار

1. Marimoutou et al (2009)
2. Mi et al (2017)
3. West Texas (WTI)

پس‌آزمایی پوشش شرطی و غیرشرطی کاراتر می‌باشد. رویکردهای سنتی مذکور در سطح اطمینان ۹۵٪ ریسک را بیشتر و در سطح ۹۹٪ کمتر از واقع تخمین می‌زنند. یوسف و همکاران (۲۰۱۵) ارزش در معرض خطر و زیان انتظاری را برای نفت خام و گازوئیل محاسبه نموده‌اند. مطابق نتایج، ارزش در معرض خطر به دست آمده از FIGARCH-EVT برای پیش‌بینی یک روز به جلو، برآورد مناسب‌تری را ارائه می‌دهد. مریموتو و همکاران (۲۰۰۹) به منظور تخمین ارزش در معرض ریسک قیمت نفت خام WTI و برنت از سه رویکرد شبیه‌سازی تاریخی ناپارامتریک (HS)، مدل‌های پارامتریک بر پایه مدل GARCH و فرض نرمال بودن و همچنین رویکرد تئوری ارزش فرین استفاده کرده است. براساس دستاورد تحقیق، تئوری EVT شرطی و شبیه‌سازی تاریخی فیلتر شده بر مبنای آزمون‌های پس آزمایی و تابع زیان لوپز نسبت به روش‌های سنتی (پارامتریک و ناپارامتریک) بهتر عمل می‌کند. هانگ و همکاران (۲۰۰۸)، ارزش در معرض ریسک نفت را با استفاده از مدل GHARCH(1,1) با در نظر گرفتن سه توزیع نرمال، تی و HT[1] محاسبه کرده و جهت سنجش صحت مدل‌ها، به موارد زیر توجه داشته است: تابع زیان دودوئی، تابع زیان لوپز، آزمون پوشش غیرشرطی و شرطی. نتایج این مطالعه نشان دهنده این است که HT-GHARCH دقیق‌تر و کاراتر از سایر مدل‌ها در پیش‌بینی ارزش در معرض ریسک می‌باشد. فن و همکاران (۲۰۰۸) با هدف محاسبه ارزش در معرض خطر برای هر دو حالت‌های حدی رو به بالا و رو به پایین قیمت نفت برنت و WTI، مدل TGHARCH(1,1) و GARCH(1,1) با تمرکز بر توزیع GED برآورد نموده است و نتیجه می‌گیرد: اولاً بازده قیمت نفت معمولاً دارای توزیع کشیده با دنباله‌های پهن می‌باشد، ثانیاً برای هر دو نوسانات رو به بالا و رو به پایین، VaR بر پایه توزیع GED، دقیق‌تر و مناسب‌تر خواهد بود. وی و همکاران (۲۰۱۰) به پیش‌بینی نوسانات قیمت نفت با استفاده از مدل‌های طبقه GARCH با در نظر گرفتن نوسانات خوشه‌ای، حافظه بلندمدت و اثرات اهرمی می‌پردازد. براساس خروجی تحقیق، هیچ‌کدام از انواع مدل‌های به کار گرفته شده بر دیگری برتری ندارد. محمدی و لیکسان (۲۰۱۰) از مدل‌های ARIMA-GARCH

1. Heavy-Tailed Distribition

متعددی جهت مدل‌سازی و پیش‌بینی میانگین و واریانس شرطی قیمت نفت خام هفتگی در یازده کشور صادرکننده و واردکننده نفت عضو و غیر عضو اوپک بهره برده که برای مدل‌سازی بازده و نوسان نفت خام دو گام ذیل دنبال شده است: گام نخست: تصریح ARMA(p,q) برای مدل‌سازی متوسط بازده. گام دوم: تصریح مدل‌های خانواده GARCH(p,q) برای نوسانات شرطی. نتایج نشان می‌دهد که اولاً برای بازده نفت، MA(1) به عنوان مناسب‌ترین تصریح می‌باشد، ثانیاً با توجه به نتایج ارزیابی پیش‌بینی برون نمونه‌ای واریانس و میانگین شرطی، MA(1)-EGARCH(1,1) و MA(1)-APARCH(1,1) از سایر مدل‌ها مناسب‌تر است. هدف بررسی کنگ و همکاران (۲۰۰۹)[1]، مدل‌سازی نوسانات قیمت نفت خام دبی، برنت و WTI به منظور پیش‌بینی می‌باشد. نتایج تحقیق حاکی از آن است که CGHARCH و FGARCH برای پیش‌بینی از سایر مدل‌ها بهتر است.

## ٤. داده‌های پژوهش

جامعه آماری این پژوهش شامل قیمت روزانه سبد نفت اوپک در بازه زمانی ژانویه ۲۰۱۰ تا ژوئن ۲۰۱۹ می‌باشد که از تارنمای اوپک استخراج شده است.

### ٤-١. تحلیل توزیع نرخ رشد قیمت سبد نفت اوپک

برای بررسی توزیع متغیر، ویژگی‌های آماری آن بررسی شده است (جدول ۱). آماره‌های فوق نشان می‌دهد که توزیع متغیر دارای کشیدگی فراتر از نرمال می‌باشد. فرضیه نرمال بودن توزیع نرخ رشد متغیر از طریق آزمون جارک برا[2] در سطح اطمینان ۹۵٪ رد شده است.

1. Kang et al (2009)
2. Adjusted Jarque-Bera Test

**جدول (۱):** مشخصات آماری سری نرخ رشد قیمت نفت

| | |
|---|---|
| *min* | -۸/۸۵ |
| *max* | ۱۰/۷۹ |
| *mean* | -۰/۰۱۱ |
| *sd* | ۱/۵۵ |
| *skewness* | ۰/۳۰۱ |
| *kurtosis* | ۴/۵۰۷ |
| *Adjusted Jarque-Bera* | ۱۸۵۱/۷ (۲/۲e-۱۶)* |

* *P-Value*

منبع: محاسبات پژوهش

## ٤-۲. تحلیل ساختار خودهمبستگی بازده‌ها و مجذورات آن‌ها

برای بررسی وجود همبستگی در سری نرخ رشد قیمت نفت، آزمون یونگ باکس[1] به شرح جدول ۲ انجام شده که وجود همبستگی پیاپی در سری مورد تأیید قرار گرفت. در گام دوم، وجود اثرات آرچ در سری با استفاده از آزمون ARCH-LM بررسی گردید که وجود اثرات آرچ در این سری تأیید شد.

**جدول (۲):** نتایج آزمون همبستگی سری و مجذورات آن‌ها

| | |
|---|---|
| *Box-Ljung test* | ۱۱۰/۶ (۲/۲e-۱۶)* |
| *ARCH LM-test* | ۹۴/۰۴۶ (۲/۲e-۱۶)* |

* *P-Value*

منبع: محاسبات پژوهش

نتایج تحلیل‌های پیش از برآورد عبارتند از: (۱) وجود خود همبستگی‌ها در سری نرخ رشد و سری مجذورات آن مورد تأیید قرار گرفت. (۲) وجود خود همبستگی در سری نرخ رشد، استفاده از مدل‌های ARMA را توصیه می‌کند. (۳) وجود خود همبستگی در سری مجذورات، استفاده از مدل‌های (G)ARCH را تشویق می‌نماید.

1. Box-Ljung Test

### ٤-۳. انتخاب مدل‌های ارزش در معرض ریسک

همان گونه که اشاره شد، مدل‌های ارزش در معرض ریسک شامل یک مدل پیش بینی بازده و یک مدل پیش بینی تلاطم است. همچنین این مدل‌ها نیز بر اساس یک فرض توزیعی شکل می‌گیرند. بر اساس نتایج گام پیشین، با انتخاب مدل پیش‌بینی بازده، مدل پیش‌بینی نوسان و فرض توزیعی، مدل‌های زیادی ایجاد می‌گردد. مدل‌های این تحقیق، به شرح جدول زیر می‌باشند:

**جدول (۳):** مدل‌های مورد استفاده در پژوهش

| مدل نوسان | مدل بازده | نام مدل ارزش در معرض ریسک |
|---|---|---|
| GARCH (p,q) | ARMA (p,q) | Normal ARMA (p,q) GARCH (p,q) |
| iGARCH (p,q) | ARMA (p,q) | Normal ARMA (p,q) iGARCH (p,q) |
| GARCH (p,q) | ARMA (p,q) | t-student ARMA (p,q) GARCH (p,q) |
| iGARCH (p,q) | ARMA (p,q) | t-student ARMA (p,q) iGARCH (p,q) |
| GARCH (p,q) | ARMA (p,q) | ARMA (p,q) GARCH (p,q) EVT |

## ۵. نتایج تجربی مدل‌سازی و پیش‌بینی ارزش در معرض ریسک

در این بخش، نتایج حاصل از برآورد *VaR* با استفاده از مدل‌های فوق، ارائه شده است. سپس، صحت مدل‌ها در پیش‌بینی نوسانات قیمت از طریق مدل‌های پس‌آزمایی سنجیده گردیده است.

### ۵-۱. برآورد مدل بازده و نوسان

جهت برآورد مدل ARMA در ابتدا با استفاده از معیارهای آکائیک و بیزین شواتز، تعداد وقفه بهینه برای هر دو جز مدل تعیین گردیده که در نهایت ARMA(1,1) برای تصریح انتخاب شده است. برای مدل‌سازی نوسان، مدل‌های خانواده GARCH با در نظرگرفتن توزیع های مختلف برآورد گردیده است. مطابق جدول ۴، در تمامی مدل‌های منتخب، ضرایب مربوطه به جز وقفه اول خود متغیر معنادار می‌باشد. شایان‌ذکر است، جهت اطمینان از انتخاب مدل درست، براساس خروجی مدل‌های ARMA(1,1)-GARCH(1,1) با توجه به اینکه جمع دو پارامتر آلفا و بتا (مجموع ضرایب آرچ و گارچ) نزدیک به یک می‌باشد، الگو حالت iGARCH دارد که مدل‌های مربوط به آن نیز برآورد شده است.

## ۵-۲. بررسی کفایت مدل‌ها

جدول ۵، آزمون مربوط به خود همبستگی پسماندها[1] و اثرات آرچ[2] را نشان می‌دهد که در کلیه مدل‌ها، فرضیه صفر مبنی بر نبود اثرات آرچ و خود همبستگی پذیرفته شده است.

**جدول (٤):** برآورد پارامترهای مدل‌های مورد استفاده در پژوهش

| beta1 | alpha1 | omega | ma1 | Ar1 | mu | | Sign Bais Test |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۰/۹۰ | ۰/۰۹ | ۰/۰۱ | ۰/۱۸ | ۰/۰۷ | ۰/۰۱۳ | Estimate | Normal ARMA (1,1) GARCH (1,1) |
| ۰/۰۰ | ۰/۰۰ | ۰/۰۰۶ | ۰/۰۳ | ۰/۳۸ | ۰/۴۶ | Pr(>\|t\|) | |
| ۰/۹۰۲ | ۰/۰۹۷ | ۰/۰۱۲ | ۰/۱۸۲ | ۰/۰۷ | ۰/۰۱۳ | Estimate | Normal ARMA (1,1) iGARCH (1,1) |
| – | ۰/۰۰ | ۰/۰۰۲ | ۰/۰۳ | ۰/۳۹ | ۰/۶۵ | Pr(>\|t\|) | |
| ۰/۹۱ | ۰/۰۸ | ۰/۰۱ | ۰/۲۰ | ۰/۰۳ | ۰/۰۰۸ | Estimate | T student ARMA (1,1) GARCH (1,1) |
| ۰/۰۰ | ۰/۰۰ | ۰/۰۳ | ۰/۰۱ | ۰/۶۳ | ۰/۷۶ | Pr(>\|t\|) | |
| ۰/۹۱ | ۰/۰۸ | ۰/۰۰۹ | ۰/۲۰ | ۰/۰۳ | ۰/۰۰۸ | Estimate | T student ARMA (1,1) iGARCH (1,1) |
| – | ۰/۰۰ | ۰/۰۱ | ۰/۰۱۴ | ۰/۶۳ | ۰/۷۶ | Pr(>\|t\|) | |

منبع: محاسبات پژوهش

**جدول (۵):** آزمون همبستگی پیاپی و آزمون وجود اثرات آرچ

| ARCH LM Test | | | Ljung-BoxTest | | | | Sign Bais Test |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| lag7 | lag5 | lag3 | lag9 | lag5 | lag1 | | |
| ۳/۴۹۷ | ۲/۲۴۷ | ۰/۰۲۹ | ۶/۱۶۵ | ۱/۹۳ | ۰/۶۲۴ | statistic | Normal ARMA (1,1) GARCH (1,1) |
| ۰/۴۲۴ | ۰/۴۱۹ | ۰/۸۶۳ | ۰/۲۳ | ۰/۹۶۹ | ۰/۴۲۹ | p-value | |
| ۳/۶۷۴ | ۲/۳۵۷ | ۰/۰۱۵ | ۶/۱۷۳ | ۱/۹۶۴ | ۰/۶۴۶ | statistic | Normal ARMA (1,1) iGARCH (1,1) |
| ۰/۳۹۶ | ۰/۳۹۷ | ۰/۸۹۹ | ۰/۲۲۹ | ۰/۹۶۴ | ۰/۴۲۱ | p-value | |
| ۲/۶۹۹ | ۱/۸ | ۰/۱۸۱ | ۷/۹۴۶ | ۳/۵۰۸ | ۱/۷۵ | statistic | T student ARMA (1,1) GARCH (1,1) |
| ۰/۵۷۲ | ۰/۵۱۷ | ۰/۶۷ | ۰/۰۶ | ۰/۲۰۲ | ۰/۱۸ | p-value | |
| ۲/۷۵۵ | ۱/۸۳۰ | ۰/۱۶۳ | ۷/۹۳۸ | ۳/۵۱۷ | ۱/۷۶۰ | statistic | T student ARMA (1,1) iGARCH (1,1) |
| ۰/۵۶۰ | ۰/۵۰۹ | ۰/۶۸۶ | ۰/۰۶۰ | ۰/۱۹۹ | ۰/۱۸۴ | p-value | |

منبع: محاسبات پژوهش

1. Ljung-BoxTest
2. ARCH LM Test

## ۵-۳. آزمون وجود اثرات اخبار

آزمون اثرات اخبار برای کلیه مدل‌ها انجام شده است (جدول ۶). نتایج نشان می‌دهد که اثرات اهرمی در سری نرخ رشد قیمت نفت در بازه مورد بررسی وجود ندارد.

**جدول(٦)**: آزمون وجود اثرات اخبار

| Positive | Negative | Sign Bais | | Sign Bais Test |
|---|---|---|---|---|
| ۰/۱۶۲ | ۱/۴۴۳ | ۰/۳۱۸ | statistic | Normal ARMA (1,1) GARCH (1,1) |
| ۰/۸۷۱ | ۰/۱۴۹ | ۰/۷۵۰ | p-value | |
| ۰/۲۵۴ | ۱/۳۳۲ | ۰/۳۳۲ | statistic | Normal ARMA (1,1) iGARCH (1,1) |
| ۰/۷۹۹ | ۰/۱۸۲ | ۰/۷۳۹ | p-value | |
| ۰/۰۴۷ | ۱/۶۸۷ | ۰/۴۲۹ | statistic | T student ARMA (1,1) GARCH (1,1) |
| ۰/۹۶۲ | ۰/۰۹۱ | ۰/۶۶۷ | p-value | |
| ۰/۰۰۵ | ۱/۶۲۰ | ۰/۴۴۰ | statistic | T student ARMA (1,1) iGARCH (1,1) |
| ۰/۹۹۵ | ۰/۱۰۵ | ۰/۶۵۹ | p-value | |

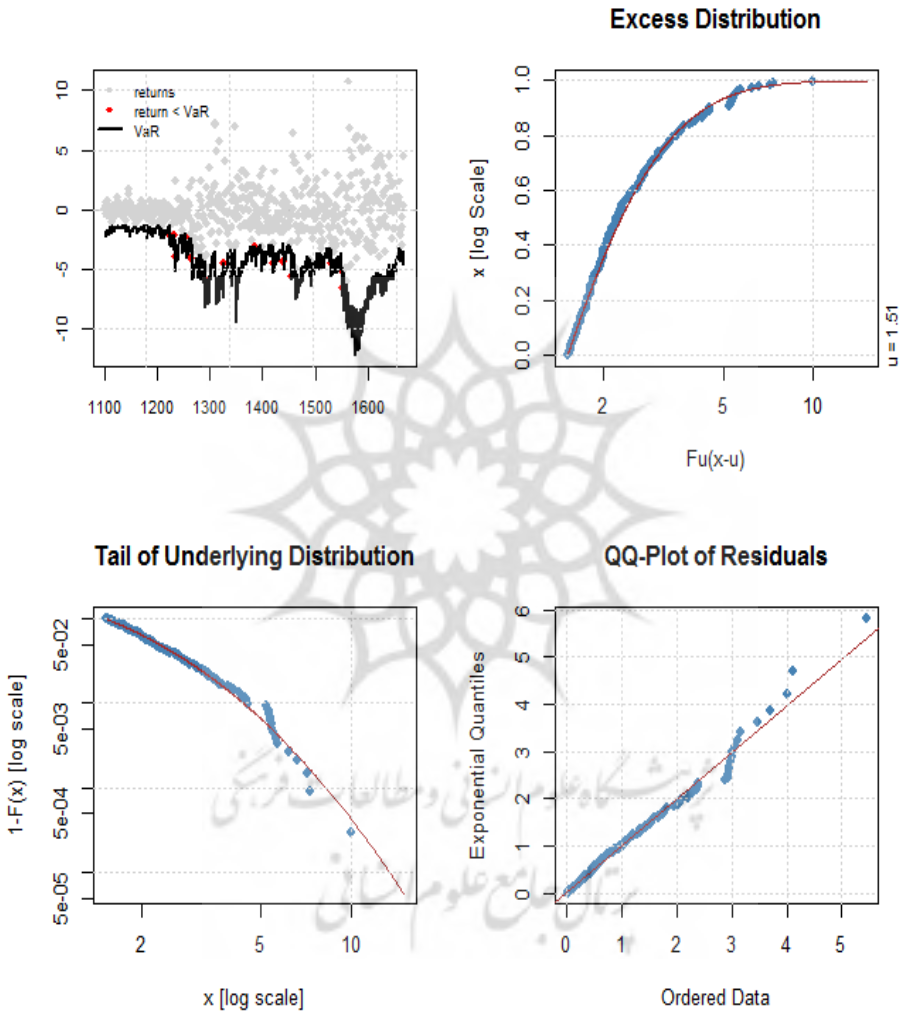
منبع: محاسبات پژوهش

## ۵-٤. محاسبه ارزش در معرض ریسک: پس آزمایی

در این بخش، در گام نخست، ارزش در معرض ریسک به صورت پویا برای هر مدل برآورد شده است. در بازه زمانی مورد مطالعه در مجموع ۲۱۳۰ داده در دسترس می‌باشد که برای تخمین، از ۱۸۰۰ داده استفاده شده و برای ۳۳۰ دوره رو به جلو به صورت پویا پیش‌بینی صورت گرفته است.

در گام دوم، معیارهای مرتبط با پس آزمایی محاسبه می‌شود. نتایج جدول ۷، کفایت کلیه مدل‌ها را تأیید می‌نماید. سپس جهت رتبه بندی مدل‌ها، تابع زیان لوپز محاسبه شده که نتایج برتری مدل ARMA-GARCH-EVT را نشان می‌دهد. در انتها، جهت اطمینان از معناداری تفاوت پیش‌بینی مدل منتخب در مقایسه با سایر مدل‌های پژوهش، در جدول ۸ نتایج آزمون دیبولد و ماریانو گزارش شده که تفاوت معنادار پیش‌بینی مدل‌ها از یکدیگر را تأیید می‌کند.

در ادامه، شکل  تابع فرین برآورد شده و نمودار QQ برای نرخ رشد قیمت نفت براساس تئوری ارزش فرین نیز گزارش شده است. همان‌طور که شکل (۱) نشان می‌دهد، این مدل به خوبی توانسته داده های دنباله را که هدف اصلی این مقاله بوده، پوشش دهد. از همین منظر، همانطور که در جدول ۷ نیز مشاهده می‌شود، زیان کمتری ایجاد کرده است.




**شکل (۱)**: نمایش خروجی مدل VaR-GARCH-EVT

منبع: محاسبات پژوهش

**جدول (۷):** نتایج پس‌آزمایی: پوشش شرطی و غیرشرطی و تابع زیان در پیش‌بینی VaR

| | Kupiec | | | Chirstofferson | | | Loss function |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | LR.uc | p-value | وضعیت فرضیه صفر | LR.cc | p-value | وضعیت فرضیه صفر | |
| Normal ARMA (1,1) GARCH (1,1)-Normal | ۱/۷۸ | ۰/۱۸۲ | عدم رد فرضیه صفر | ۲/۰۰۲ | ۰/۳۶۷ | عدم رد فرضیه صفر | ۰/۹۵۱ |
| Normal ARMA (1,1) iGARCH (1,1)- Normal | ۱/۷۸ | ۰/۱۸۲ | عدم رد فرضیه صفر | ۲/۰۰۲ | ۰/۳۶۷ | عدم رد فرضیه صفر | ۰/۹۵۱ |
| T student ARMA (1,1) GARCH (1,1)- Normal | ۰/۶۱ | ۰/۴۳۵ | عدم رد فرضیه صفر | ۰/۶۳۴ | ۰/۷۲۸ | عدم رد فرضیه صفر | ۰/۸۰۶ |
| T student ARMA (1,1) iGARCH (1,1)- Normal | ۰/۶۱ | ۰/۴۳۵ | عدم رد فرضیه صفر | ۰/۶۳۴ | ۰/۷۲۸ | عدم رد فرضیه صفر | ۰/۹۵۱ |
| T student ARMA (1,1) GARCH (1,1)- EVT | ۲/۲۱۰ | ۰/۱۳۷ | عدم رد فرضیه صفر | ۳/۰۲۸ | ۰/۲۱۹ | عدم رد فرضیه صفر | ۰/۱۸۶ |
| T student GARCH (1,1)- EVT | ۰/۰۳ | ۰/۸۶ | عدم رد فرضیه صفر | ۰/۰۸ | ۰/۹۵ | عدم رد فرضیه صفر | ۰/۸۰ |

منبع: محاسبات پژوهش

**جدول (۸):** نتایج آزمون دیبولد و ماریانو: مقایسه پیش‌بینی مدل ARMA-GARCH-EVT

| | statistic | p-value | وضعیت فرضیه صفر |
|---|---|---|---|
| Normal ARMA (1,1) GARCH (1,1)-Normal | ۱/۸۸ | ۰/۰۵ | رد فرضیه صفر |
| Normal ARMA (1,1) iGARCH (1,1)- Normal | -۲/۳۲۷ | ۰/۰۱۹ | رد فرضیه صفر |
| T student ARMA (1,1) GARCH (1,1)- Normal | ۲/۲۸۲ | ۰/۰۲۲ | رد فرضیه صفر |
| T student ARMA (1,1) iGARCH (1,1)- Normal | ۲/۶۳۴ | ۰/۰۰۸ | رد فرضیه صفر |
| T student GARCH (1,1)- EVT | -۳/۴۸ | ۰/۰۰۰۴ | رد فرضیه صفر |

منبع: محاسبات پژوهش

## ٦. جمع‌بندی و پیشنهادهای سیاستی

براساس یافته‌های این پژوهش، نرخ رشد سبد قیمت نفت اوپک دارای کشیدگی فراتر از نرمال و متعاقباً دنباله‌هایی متراکم‌تر از دنباله‌های توزیع نرمال می‌باشد که با نتیجه تحقیقات

پیشین مبنی بر وجود کشیدگی و دنباله‌هایی متراکم‌تر از توزیع نرمال هم‌خوانی دارد. وجود خود همبستگی‌های زمانی در سری بازده و همچنین مجذورات آن‌ها در سطح اطمینان ۹۵٪ مورد تأیید قرار گرفت. تمامی پارامترهای مدل‌های ARMA و GARCH به جزء AR(1) در سطح اطمینان ۹۵٪ معنی‌دار هستند. آزمون اثرات اخبار نشان می‌دهد که اثرات اهرمی در مورد نرخ رشد قیمت سبد نفت اوپک وجود ندارد. بدین معنا که اخبار بد نسبت به اخبار خوب، باعث نوسان بیشتر در این متغیر نمی‌شود. براساس تحلیل‌های پس از برآورد، باقیمانده‌های استاندارد شده به لحاظ آماری فاقد هر گونه خود همبستگی می‌باشد و این امر موید، برازش قابل قبول مدل‌های GARCH با نرخ رشد قیمت سبد نفت اوپک می‌باشد. به طور کلی محاسبه ارزش در معرض ریسک با تکیه بر توزیع نرمال و توزیع حدی برای هر دو گروه مدل GARCH و iGARCH بر اساس آزمون پوشش شرطی و غیرشرطی از کفایت لازم در سطح اطمینان ۹۵٪ برخوردار بوده‌اند. خروجی تابع زیان لوپز بر اساس توزیع تی نشان می‌دهد که برازش مدل بر اساس GARCH از iGARCH مناسب‌تر است و در خصوص توزیع نرمال، تفاوتی بین این دو مدل مشاهده نمی‌شود. در رتبه‌بندی مدل‌ها، EVT-ARMA-GARCH بر اساس تابع زیان لوپز در پیش‌بینی برون نمونه‌ای پویا، نتایج بسیار مناسب‌تری را داشته است. همچنین بر اساس آماره دیبولد و ماریانو، تفاوت معنادار پیش‌بینی این مدل نیز تأیید گردید.

## ۷. منابع

### الف) فارسی

ارشدی، علی(۱۳۹۰)، «مدل‌سازی نوسانات قیمت نفت، قالبی برای اندازه‌گیری شاخص نااطمینانی بر اساس یک مدل (ARIMA-GARCH)»، *فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی*، شماره ۲۹، صص. ۲۲۰ـ۲۰۵.

حیرانی، مهرداد و روشن ضمیر، نسیم (۱۳۹۷)، *مدل‌سازی سری‌های زمانی مالی با R*، انتشارات بورس، چاپ اول.

رادپـور، میـثم و رسـولی‌زاده، علـی و رفیعـی، احسـان و لهراسـبی، علـی‌اصـغر (۱۳۸۸)، *ریسک بازار رویکرد ارزش در معرض خطر*، انتشارات آتی نگر، چاپ اول.

سجاد، رسول و هدایتی، شـهره و هـدایتی، شـراره (۱۳۹۳)، «بـرآورد ارزش در معـرض خطـر بـا اسـتفاده از نظریـه ارزش فـرین در بـورس اوراق بهـادار تهـران»، *فصـلنامه دانـش سرمایه‌گذاری*، شماره نهم، صفحات ۱۵۵ـ۱۳۳.

## ب) انگلیسی

Cabedo, J.D. and Moya, I. (2003), *f*Estimating Oil Price Value at Risk Using the Historical Simulation Approach.≈, *Energy Economics*, Vol.25, pp. 239-253.

Christoffersen, P. (1985). *fFinancial Modeling Using Excel and VBA*≈, MIT press, second edition.

Dacorogna M. and Muller, U. and Pictet, O. and DeVries, C. (1995), *f*The Distribution, of Extremal Foreign Exchange Rate Returns in Extremerly Large Data Sets.≈, *Tinbergen Institute, Working paper*, Vol. T1, pp. 70-95.

Engle, F. and Bollerslev, T. (1986), *f*Modelling the Persistence of Conditional Variance≈, *Econometric Reviews*, Vol. 5, pp. 21-45.

Fan,Y. and Zhang, Y. and Tsai, H. and Wei,Y. (2008), *f*Estimating Value at Risk of Crude Oil Price and Its Spillover Effect Using the GED-GARCH Approach.≈, *Energy Economics*, Vol.30, pp. 3156-3171.

Glosten, L., Jagnnathan, R and Runkle, D. (1993), *f*On the Relation Between the Expected Value and the Volatility of the Normal Excess Return on Stocks≈, *Journal of Finance*, Vol.48, pp. 1779-1801.

Hamilton. J. (1983), *f*Oil and the Macroeconomy since World WarII.≈, *Journal of Political Economy*, Vol.91, pp. 593-617.

Hung, J. and Lee, M. and Liu, H. (2008), *f*Estimation of Value-at-Risk for Energy Commodities Via Fat-Tailed GARCH Models≈, *Energy Economics*, Vol.30, pp. 1173-1191.

Kang, S.H. and Kang, S.M. and Yoon, S. (2009), *f*Forecasting Volatility of Cude Oil Markets≈, *Energy Economics*, Vol.31, pp. 119-125.

Krehbiel,T. and Adkins, L.C. (2005), *f*Price Risk in the NYMEX Energy Complex: An Extreme Value Approach.≈, *Journal of Futures Markets*, Vol.25, pp. 309-337.

Kupiec, P. (1995), *f*Techniques for Verifying the Accuracy of Risk Measurement Models≈, *Journal of Derivatives*, Vol.2, pp. 73-84.

Longin,FM. (2000), ƒFrom Value at Risk to Stress testing: The Extreme Value Approach.≈, *Journal of Banking and Finance,* Vol.24, pp.1097-1130.

Marimoutou, V. and Raggad, B. and Trabelsi, A. (2009), ƒExtreme Value Theory and Value at Risk: Application to Oil Market≈, *Energy Economics,* Vol.31, pp.519-530.

McNeil, A. and Frey R. (2000), ƒEstimation of Tail-related Risk Measures for Heteroscedasticity Financial time series: An Extreme Value Approach≈, *Journal of Empirical Finance*, Vol.7, pp. 271-300.

Mi, Z. and Wei, Y. and Tang, B. and Cong, R., Yu, H. and Cao, H. and Guan, D. (2017), ƒRisk Assessment of Oil Price from Static and Dynamic Modelling Approaches≈, *Applied Economics,* Vol.49, No.9, pp.929-939.

Mohammadi, H. and Lixian, S. (2010), ƒInternational Evidence on Crude Oil Price Dynamics: Applications of ARIMA-GARCH Models≈, *Energy Economics,* Vol.32, pp.1001-1008.

Mork, K. (1989), ƒOil and the Macroeconomy When Prices Go up and down: An Extension of Hamilton«s Results.≈, *Journal of Political Economy*, Vol.97 (3), pp.740-744.

Wei,Y., Wang, Y. and Huang, D. (2010), ƒForecasting Crude Oil Market Volatility: Further Evidence Using GARCH-Class Models«, *Energy Economics,* Vol.32, pp.1477-1484.

Youssef M. and Belkacem, L. and Mokni, KH. (2015), ƒValue-at-Risk Estimation of Energy Commodities: A Long-memory GARCH-EVT Approach≈, *Energy Economics,* Vol. 51, pp.99-110.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی