

## پیش‌بینی میزان ارزش در معرض خطر قیمت نفت

هادی حیدری<sup>۱</sup>، اعظم احمدیان<sup>۲</sup>

دریافت: ۱۳۹۵/۲/۲۵ پذیرش: ۱۳۹۵/۴/۱۲

### چکیده:

نفت خام یکی از منابع و مهمترین منبع ایجاد درآمد در کشور است که نوسانات قیمت آن، باعث ایجاد بی‌ثباتی درآمد نفتی و در نتیجه بی‌ثباتی اقتصادی در کشور خواهد شد. با توجه به اهمیت موضوع، هدف این مقاله برآورد ارزش در معرض خطر قیمت نفت است. برای این منظور از روش ترکیبی ARMA-EGARCH-EVT استفاده شده است. داده‌های موردبررسی، قیمت نفت برنت برای بازه زمانی سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴ است. نتایج بررسی و آزمون‌های دقت مدل نشان می‌دهد که استفاده از تئوری نقاط فرین با مدل‌های خانواده گارچ برای شناسایی مقادیر بدبینانه قیمت نفت عملکرد مناسبی را در قیاس با داده‌های تحقق یافته دارند.

واژگان کلیدی: ارزش در معرض خطر، مدل خانواده گارچ، آزمون کریستوفرسن.

طبقه بندی JEL: C52, C53, G17

۱. دانشجوی دکتری اقتصاد، دانشگاه شریف، hadi.h.k85@gmail.com

۲. دکتری اقتصاد، پژوهشگر گروه بانکداری، پژوهشکده پولی و بانکی، (نویسنده مسئول)،

azam\_ahmadyan@yahoo.com

## ۱. مقدمه

نفت به‌عنوان یکی از کالاهای اساسی بر اقتصاد کشورهای وابسته به نفت اثرگذار است. به‌طوری‌که نوسانات شدید قیمت نفت موجب نگرانی شدید در دولت‌ها و حتی برخی از شرکت‌های عمده مصرف‌کننده نفت می‌شود. علاوه بر آن اکثر تحلیل‌گران معتقدند که نوسانات قیمت نفت تأثیرات اساسی بر فعالیت‌های اقتصادی دارد.

در نظر گرفتن مقدار ارزش در معرض خطر برای قیمت یک کالا مانند نفت برای فعالان اقتصادی و کشورهایی که به درآمد نفتی وابستگی شدید دارند، بسیار حائز اهمیت است. کاربرد گسترده ارزش در معرض خطر در این مورد به‌عنوان یک ابزار برای ارزیابی ریسک قیمت نفت برای سیاست‌گذار مالی (دولت) و در نهایت استفاده از آن برای متوازن کردن بودجه دولت خواهد بود.

بطور کلی ارزش در معرض خطر، زیان بالقوه<sup>۱</sup> در ارزش یک دارایی ریسکی و یا سبد دارایی را در دوره زمانی تعریف شده در سطح اطمینان مشخص اندازه‌گیری می‌کند. بنابراین اگر مقدار ارزش در معرض خطر برای یک دارایی در یک هفته برای سطح اطمینان ۹۵ درصدی، ۱۰۰ واحد (بر اساس واحد پول) تعیین شود، این بدین معناست که ۵ درصد احتمال دارد که ارزش این دارایی بیش از ۱۰۰ واحد برای دوره مورد نظر افت کند. نکته‌ای که در یک چارچوب ارزیابی ارزش در معرض خطر اهمیت دارد، این است که این چارچوب باید حساس به ریسک<sup>۲</sup> باشد که این رویداد مستلزم این است که تغییرات در پارامترهای ریسک بر اساس برخی از سنجه‌های اقتصادی مانند عدم ورشکستگی<sup>۳</sup> باشد.

صنعت نفت نیز از مؤثرترین و بزرگترین صنایع در ایران است. با اینکه سال‌ها، اقتصاددانان و مدیران ارشد کشور در فکر راهکارهایی برای رفع وابستگی شدید به این بخش بوده‌اند، هنوز هم عمدتاً منبع اصلی درآمدی کشور به شمار می‌آید. از آنجا که درآمد نفت، منبع تأمین هزینه‌های دولت و بخش‌های تولیدی اقتصاد در کشور است، بنابراین نوسانات آن، باعث ایجاد نوسان در درآمد نفت شده و امکان برنامه‌ریزی دقیق برای دولت و برای بخش‌های مختلف اقتصادی را

---

۱. Potential loss.

۲. risk sensitive.

۳. Solvency.

ضعیف می‌سازد. بنابراین بررسی نوسانات قیمت نفت و پیش‌بینی ارزش در معرض خطر قیمت نفت دارای اهمیت است.

با توجه به اهمیت موضوع برای بررسی نوسانات قیمت نفت و پیش‌بینی ارزش در معرض خطر آن با در نظر گرفتن سناریوهای متفاوت برای قیمت نفت، از یک مدل ترکیبی (hybrid) شامل مدل ARMA-EGARCH-EVT استفاده کرده‌ایم. با توجه به هدف مقاله در ادامه ابتدا چارچوب نظری مدل‌های ارزش در معرض خطر بیان می‌شود. سپس مطالعات تجربی که به محاسبه ارزش در معرض خطر قیمت نفت در کشورهای مختلف پرداخته‌اند، بیان می‌شود. پس از تصریح مدل مورد نظر مقاله، در انتها جمع‌بندی بیان می‌شود.

## ۲. چهارچوب مدل‌های ارزش در معرض خطر

در عمل پیش‌بینی مدل‌های ارزش در معرض خطر و ارزش در معرض پاداش بدلیل برخی از خواص ناشی از غیر استاندارد بودن ویژگی آماری سری زمانی بازدهی محدود می‌شود. بازدهی‌ها در بازارهای مالی دارای خاصیت (i.i.d) و توزیع نرمال نیستند. این خاصیت با استفاده از برخی حقایق موجود منعکس می‌شود، اولاً خوشه‌ای بودن تلاطم‌ها با استفاده از همبستگی بالای بین قدم‌مطلق و یا مربعات بازدهی‌ها قابل بیان است، ثانیاً کشیدگی یعنی تابع توزیع چگالی غیر شرطی بازدهی‌ها در اطراف میانگین، کشیدگی بیشتر داشته و دارای خاصیت دم‌پهن‌تر نسبت به توزیع نرمال است و سوم اینکه کشیدگی ملایم بازدهی‌ها به احتمال زیاد همانطور که در هاروی و سیدک<sup>۲</sup> (۱۹۹۹)، روکینگ و جان دوو<sup>۳</sup> (۲۰۰۲) اشاره شده است، بدلیل تغییر در طول زمان آن‌ها است.

مدل‌های پارامتریک بر اساس این فرض که بازدهی‌ها دارای خاصیت (i.i.d) به شکل (۱) هستند:

$$r_t = \mu_t + \varepsilon_t = \mu_t + \sigma_t z_t \quad (1)$$

به‌طوری‌که  $\mu_t$  و  $\sigma_t$  پارامترهای قابل اندازه‌گیری و  $f_z(0) \approx z_t$  که در آن  $f_z$  یک تابع توزیع است. در مدل‌های پارامتریک فرض بر این است که  $z_t$  دارای توزیع نرمال است، که به مرور

۱. Independent identical distribution.

۲. Harvey, C. R., and A. Siddique.

۳. Rockinger, M., and E. Jondeau.

زمان مشخص شد که این فرض برای این دسته از سری‌های زمانی شرط کافی نیست. پیش‌بینی ارزش در معرض خطر برای  $h$  دوره آتی براساس اطلاعات تا زمان  $t$  به صورت (۲) است:

$$\widehat{VaR}_{t+h} = -(\hat{\mu}_{t+h} + \hat{\sigma}_{t+h} Q_{\lambda}(z)) \quad (2)$$

که در آن  $Q_{\lambda}(z)$  مقدار کوانتیل مرتبط با  $fz$  را نشان می‌دهد. رویکردهای متفاوتی با توجه به میانگین شرطی  $\mu_{t+h}$  و واریانس شرطی  $\sigma_{t+h}$  و تابع چگالی  $fz$  وجود دارد. در مدل‌های غیر شرطی پارامتریک داریم:  $\mu_t = \mu$  و  $\sigma_t = \sigma$ ، بنابراین فرض می‌شود که بازدهی دارای خاصیت (i.i.d) با تابع چگالی  $(\sigma^{-1} fz(\sigma^{-1}(r_t - \mu)))$  است. با توجه به تعاریف بخش اول در معادله شماره ۱ به‌طور ساده با استفاده از تابع توزیع بازدهی ارزش در معرض خطر دارایی‌ها را در سطح اطمینان  $\alpha$  به صورت (۳) بازنویسی کرد:

$$\alpha = \int_{-\infty}^{VaR} f(x) dx \quad (3)$$

مدل‌های پارامتریکی که از تابع توزیع با چولگی مانند توزیع  $t$  استفاده می‌کنند، می‌توانند پیش‌بینی بهتری را برای ارزیابی ارزش در معرض خطر دارایی‌ها نشان دهند. در این مورد می‌توان به مقالاتی میتنیک و پاوللا (۲۰۰۰) و جیوت و لاورنت (۲۰۰۴) اشاره نمود.

از جمله مدل‌های پارامتریک، مدل‌های GARCH و ARCH هستند که در این نوع مدل‌ها، فرض بر این است که  $r_t$  دارای توزیع نرمال است، که به مرور زمان مشخص شد که این فرض برای این دسته از سری‌های زمانی شرط کافی نیست. پیش‌بینی ارزش در معرض خطر برای  $h$  دوره آتی بر اساس اطلاعات تا زمان  $t$  به صورت (۴) است.

$$\widehat{VaR}_{t+h} = -(\hat{\mu}_{t+h} + \hat{\sigma}_{t+h} Q_{\lambda}(z)) \quad (4)$$

که در آن  $Q_{\lambda}(z)$  مقدار کوانتیل مرتبط با  $fz$  را نشان می‌دهد. رویکردهای متفاوتی با توجه به میانگین شرطی  $\mu_{t+h}$  و واریانس شرطی  $\sigma_{t+h}$  و تابع چگالی  $fz$  وجود دارد. در مدل‌های غیر شرطی پارامتریک داریم:  $\mu_t = \mu$  و  $\sigma_t = \sigma$ ، بنابراین فرض می‌شود که بازدهی دارای

۱. Mittnik and paollela.

۲. Giot and Laurent.

خاصیت (i.i.d) با تابع چگالی  $\sigma^{-1} f_Z(\sigma^{-1}(r_t - \mu))$  است. مدل‌های شرطی با خاصیت همسانی واریانس وابسته به زمان باشد. یعنی مدل ARMA(p,q) به شکل (۵) باشند.

$$\mu_t = a_0 + \sum_{i=1}^p a_i r_{t-i} + \sum_{j=1}^q a_0 \varepsilon_{t-j} \quad (5)$$

مدل‌های ناهمسانی واریانس شرطی پارامتریک که فرض می‌شود واریانس به صورت تابعی از گذشته باشد، کاربرد فراوانی دارد. عمومی‌ترین شکل این مدل‌ها همان مدل‌های GARCH(r,s) هستند که توسط بولرسلو<sup>۱</sup> (۱۹۸۶) به صورت (۶) معروف شده است.

$$\sigma_t^2 = c_0 + \sum_{i=1}^r c_i \varepsilon_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^s d_j \sigma_{t-j}^2 \quad (6)$$

برخلاف تئوری حد مرکزی در آمار، در روش EVT مایل به مدل‌سازی مقدار گشتاورهای مرکزی نیستیم. با توجه به مقدار ریسک برای هر متغیر در تئوری، نقاط فرین، در نظر گرفته می‌شود، در این روش در قیاس با سایر روش‌ها ارزش در معرض خطر، دقیق‌تر قابل پیش‌بینی است. به‌طور کلی می‌توان گفت در سطوح احتمال پایین عملکرد سایر مدل‌های پارامتریک مانند واریانس-کواریانس و شبیه‌سازی تاریخی تقریباً مشابه بوده اما در سطوح احتمال محافظه‌کارانه که برای پیاده‌سازی آزمون‌های تنش استفاده می‌شود مدل‌های نقاط فرین عملکرد بهتری دارند. در روش تئوری فرین ما به دنبال رفتار حادی دو مقدار (۷) و (۸) هستیم.

$$M_n = \max(X_1, \dots, X_n) \quad (7)$$

و

$$m_n = \min(X_1, \dots, X_n) \quad (8)$$

وقتی که  $(X_1, \dots, X_n)$  نمونه‌های موجود با شرط  $n \rightarrow \infty$  باشند. بنابراین در صورتی که بخواهیم تابع توزیع مقدار ماکزیمم  $M_n$  را به دست بیاوریم باید از (۹) استفاده کنیم:<sup>۲</sup>

۱. Bollerslev.

۲. Helena Penalva, Manuela Neves and Sandra Nunes.

$$P[M_n \leq x] = P[X_1 \leq x, \dots, X_n \leq x] = P[X_1 \leq x] \dots P[X_n \leq x] = F^n(x) \quad (9)$$

با توجه به هدف مقاله مورد نظر برای بررسی نوسانات قیمت نفت و اندازه گیری ارزش در معرض خطر قیمت نفت، در این مقاله، برای در نظر گرفتن سناریوهای متفاوت برای قیمت نفت از یک مدل ترکیبی (hybrid) شامل مدل ARMA-EGARCH-EVT استفاده کرده‌ایم. بنابراین مراحل تخمین مدل ترکیبی GARCH-EVT برای بازدهی قیمت نفت به صورت زیر است:

✓ مدل میانگین و واریانس شرطی برای داده‌های قیمت نفت در دوره زمانی مزبور تخمین زده می‌شود.

✓ پس از استخراج مقادیر جملات اخلاص از تخمین مرحله اول مقادیر نقاط فرین برای این داده‌ها حساب می‌شوند. نقاط فرین جملات اختلال استاندارد شده همان مقدار  $VaR_t(Z)$  در ارزش در معرض خطر معادله (۱۰) هستند.

$$VaR_{t+1,p} = \mu_{t+1} + \sigma_{t+1} VaR_t(z) \quad (10)$$

✓ با استفاده از این دو مقدار می‌توان میزان ارزش در معرض خطر قیمت نفت را در یک دوره زمانی خاص به دست آوریم.

## ۲-۱. ارزیابی مدل‌های ارزش در معرض خطر

در این بخش آزمون‌هایی که برای ارزیابی مدل‌های ارزش در معرض خطر بکار می‌روند، معرفی می‌گردند. تابع زیان صفر و یک که توسط لویز (۱۹۹۹) ارائه شده است، هر مقدار زیان واقعی که بیشتر از مقدار ارزش در معرض خطر باشد به عنوان یک استثنا تلقی می‌گردد و به آن عدد یک اختصاص می‌یابد. در غیر اینصورت، تابع مقدار صفر به خود می‌گیرد. این تابع زیان عمدتاً بر تعداد استثنائات متمرکز می‌باشد و به ابعاد زیان توجهی ندارد. به این ترتیب خواهیم داشت:

$$L_{i,t+1} = \begin{cases} 1 & \text{if } \Delta P_{i,t} < Var_{i,t} \\ 0 & \text{if } \Delta P_{i,t} \geq Var_{i,t} \end{cases} \quad (11)$$

۱. Lopez, J., (1999).

لوپز (۱۹۹۹) با ارائه این تابع زیان، ابعاد استثنائات را مورد توجه قرار می‌دهد. شکل این تابع زیان به صورت زیر می‌باشد:

$$L_{i,t+1} = \begin{cases} 1 + (\Delta P_{i,t} - \text{Var}_{i,t})^2 & \text{if } \Delta P_{i,t} < \text{Var}_{i,t} \\ 0 & \text{if } \Delta P_{i,t} \geq \text{Var}_{i,t} \end{cases} \quad (12)$$

کوپیک (۱۹۹۵)<sup>۱</sup> آزمون پوششی غیر شرطی را معرفی کرد که فرض صفر در این آزمون بیان می‌کند، احتمال موفقیت یا رویداد استثنائات در عمل ( $\pi$ )، برابر با سطح احتمال در نظر گرفته شده در مدل ( $\alpha$ ) می‌باشد. آماره آزمون نسبت درستنمایی به صورت (۱۳) است:

$$LR_{uc} = -2 \ln \left[ \frac{\alpha^{n_1} (1-\alpha)^{n_0}}{\hat{\pi}^{n_1} (1-\hat{\pi})^{n_0}} \right] \approx \chi_{(1)}^2 \quad (13)$$

که در آن معادله زیر تخمین حداکثر درستنمایی ( $\hat{\pi}$ ) و بیانگر تعداد استثنائات می‌باشد.  $(n_0 + n_1)$  نیز تعداد کل مشاهدات را نشان می‌دهد.

$$\hat{\pi} = \frac{n_1}{n_0 + n_1} \quad (14)$$

کریستوفرسن (۱۹۹۸) با بسط آماره  $LR_{uc}$  آزمونی را ابداع نمود که از طریق آن می‌توان استقلال پیاپی استثنائات را آزمود. وی متغیر نشانگر  $I_t$  را به صورت (۱۵) تعریف کرد:

$$L_{i,t+1} = \begin{cases} 1 & \text{if } r_t < \text{Var}_{i,t} \\ 0 & \text{if } r_t \geq \text{Var}_{i,t} \end{cases} \quad (15)$$

آماره  $LR_{uc}$  که دارای توزیع مجانبی کای - اسکوتر با درجه آزادی یک است به صورت زیر می‌باشد:

$$R_{ind} = -2 \ln \left[ \frac{\hat{\pi}^{n_1} (1-\hat{\pi})^{n_0}}{(1-\hat{\pi}_{01})^{n_{00}} \hat{\pi}_{01}^{n_{01}} (1-\hat{\pi}_{11})^{n_{10}} \hat{\pi}_{11}^{n_{11}}} \right] \approx \chi_{(1)}^2 \quad (16)$$

<sup>۱</sup>.Kupiec, P., 1995.

$n_{ij}$  بیانگر تعداد استثنائات مشاهده شده در زمان‌های  $t-1$  و  $t$  می‌باشد که به ترتیب با  $i$  و  $j$  نشان داده می‌شوند.  $\pi_{ij}$  احتمال شرطی وقوع استثنائات در زمان‌های  $t-1$  و  $t$  را نشان می‌دهد. به طوری که:

$$\pi_{ij} = \Pr\{I_{t-1} = i | I_t = j\} \quad (i, j = 0, 1) \quad (17)$$

$$\hat{\pi}_{01} = \frac{n_{01}}{n_{00} + n_{01}}, \hat{\pi}_{11} = \frac{n_{11}}{n_{10} + n_{11}} \quad (18)$$

در این مقاله از آزمون کریستوفرسن برای ارزیابی کفایت و دقت مدل جهت پس آزمایی نتایج تخمین زده شده از مدل استفاده خواهد شد.

### ۳. مطالعات تجربی

آقایف و ریزوانافلو (۲۰۱۴)<sup>۱</sup> با بکارگیری روش شرطی به برآورد ارزش در معرض خطر بازده قیمت نفت خام سبک پرداخته‌اند. در این مقاله سه روش بکار گرفته شده است. در روش اول، ارزش در معرض خطر برای بازدهی روزانه و بیش‌بینی بی‌ثباتی قیمت نفت خام سبک بکار گرفته شده است. دومین روش بکار گرفته شده در این مقاله، روش Garch(1,1) و T-Garch(1,1) و مدل EWMA برای بازار انرژی به کار گرفته شده است. سوم با بکارگیری مدل دیرش، ارزش در معرض خطر قیمت نفت خام به دست آمده است. یافته‌های مقاله نشان می‌دهد که مدل Garch(1,1) برآورد بهتری از سایر روش‌ها ارائه می‌دهد. از طرف دیگر با توجه به برآوردهای خارج از نمونه، مدل‌های EWMA و Garch تفاوت معنی‌داری از یکدیگر ندارند، همچنین یک خوشه نوسانات قابل توجه و اثر اهرمی نامتقارن در بازده وجود دارد.

اریکسون و لجانگوئیست (۲۰۱۴)<sup>۲</sup> در مطالعه خود برای محاسبه ارزش در معرض خطر قیمت نفت تگزاس، از هر دو روش پارامتریک و غیر پارامتریک استفاده شده است. مدل‌های گارچ و ای گارچ و تارچ از نوع مدل‌های پارامتریک و مدل‌های غیر پارامتریک نظیر شبیه‌سازی تاریخی و شبیه‌سازی تاریخی وزنی استفاده شده است. هدف این مطالعه انتخاب بهترین روش برای

۱. Aghayev & Rizvanoghlu (2014).

۲. Eriksson and Ljungqvist (2014).



محاسبه ارزش در معرض خطر قیمت نفت بوده است. در میان روش‌های مختلف روش  $GARCH(1,1)$  بهترین روش انتخاب شده است.

هه و همکاران (۲۰۱۲)<sup>۱</sup> ارزش در معرض خطر سبد نفت خام محاسبه کرده‌اند. همچنین در این مقاله تجزیه و تحلیل موجک چند متغیره<sup>۲</sup> برای تحلیل رفتار همبستگی میان بازارهای مختلف و رفتار بی‌ثباتی سبد دارایی در دامنه بالاتری از مقیاس معرفی شده است. نتایج حاصل از بررسی بیانگر این است که الگوریتم میانگین وزنی متحرک<sup>۳</sup> و مدل گارچ به دلیل حساس نبودن به فروض مدل، با ثبات و کارا بوده و برای اندازه‌گیری ارزش در معرض خطر سبد نفت خام مناسب هستند.

خادار (۲۰۱۱)<sup>۴</sup> در پایان نامه خود ارزش در معرض خطر قیمت نفت برنت را با بکارگیری<sup>۴</sup> مدل ارزش در معرض خطر محاسبه کرده است. در همین راستا از شبیه‌سازی تاریخی، میانگین متحرک ساده، میانگین متحرک وزنی و شبیه‌سازی تاریخی متحرک استفاده شده است. برآورد مدل ارزش در معرض خطر بر اساس دو توزیع نرمال و  $t$  بنا شده است. نتایج حاصل از بررسی حاکی از این است که مدل‌های بکار رفته از نظر آزمون کوپیک مورد پذیرش بوده و همچنین با توزیع  $t$  نتایج بهتری از توزیع نرمال ارائه می‌دهند.

در مقاله ماریموتو و همکاران (۲۰۰۹)<sup>۵</sup> با بکارگیری تئوری ارزش اکسترمم، ارزش در معرض خطر نوسانات قیمت نفت محاسبه شده است. این مدل با مدل  $GARCH$ ، مدل شبیه‌سازی تاریخی و شبیه‌سازی تاریخی فیلتر شده مقایسه شده است. هر دو مدل تئوری ارزش اکسترمم و شبیه‌سازی تاریخی فیلتر شده بهتر از روش‌های دیگر هستند. رن و گیلز (۲۰۰۷)<sup>۶</sup> در مقاله خود با بکارگیری نظریه ارزش اکسترمم<sup>۷</sup>، اکسترمم حدی بازدهی روزانه قیمت نفت خام را در سبد نفتی کشور کانادا در دوره ۱۹۹۸-۲۰۰۶ بررسی کرده‌اند. این مقاله نشان می‌دهد که نظریه ارزش

۱. He and et al (2012).

۲. multivariate wavelet analysis.

۳. Exponential Weighted Moving Average (EWMA).

۴. Khadar (2011).

۵. Marimoutou and et al (2009).

۶. Ren and Giles (2007).

۷. Extreme Value theory.

اکسترم روش مناسبی برای محاسبه ارزش در معرض خطر قیمت نفت و مدیریت ریسک ناشی از نوسانات قیمت نفت است. اندازه ریسک در دامنه تعیین شده ثابت بوده و در چندک ۹۹ برآوردهای ارزش در معرض خطر برای بازده مثبت و منفی تقریباً برابر با ۶/۳٪ و ۶/۸٪ هستند. کابدو و مویا (۲۰۰۳)<sup>۱</sup> با بکارگیری روش ارزش در معرض خطر به کمی‌سازی ریسک قیمت نفت پرداخته‌اند. روش ارزش در معرض خطر برآوردی را برای حداکثرسازی تغییرات قیمت نفت مرتبط با سطح احتمال فراهم می‌کند و می‌تواند برای طراحی استراتژی مدیریت ریسک استفاده شود. در این مقاله سه روش برای محاسبه ارزش در معرض خطر بکار رفته است. روش استاندارد شبیه‌سازی تاریخی، روش شبیه‌سازی تاریخی همراه با روش پیش‌بینی ARMA و روش واریانس-کوواریانس بنا شده بر اساس مدل‌های پیش‌بینی ARCH. نتایج نشان می‌دهد، روش دوم محاسبه ارزش در معرض خطر، روش انعطاف‌پذیری را برای کمی‌سازی ارزش در معرض خطر ایجاد می‌کند. این روش متناسب با حرکات قیمت نفت بوده و به‌صورت کارا ریسک را کمی می‌کند.

#### ۴. محاسبه میزان ارزش در معرض خطر قیمت نفت برنت

داده‌های این تحقیق مشتمل بر بازده‌های روزانه قیمت نفت برنت در یک دوره تقریباً چهار ساله از ۲۰۱۰-۲۰۱۴ می‌باشد. از تعداد کل روزهای معاملاتی شامل ۳۷۹۶ روز، ۱۰۰۰ روز را برای تخمین مدل و ۲۷۹۶ روز را برای پیش‌بینی (برون نمونه‌ای) استفاده کرده‌ایم. برای محاسبه بازدهی از روش بازدهی مرکب یا لگاریتمی (۱۹) استفاده کرده‌ایم:

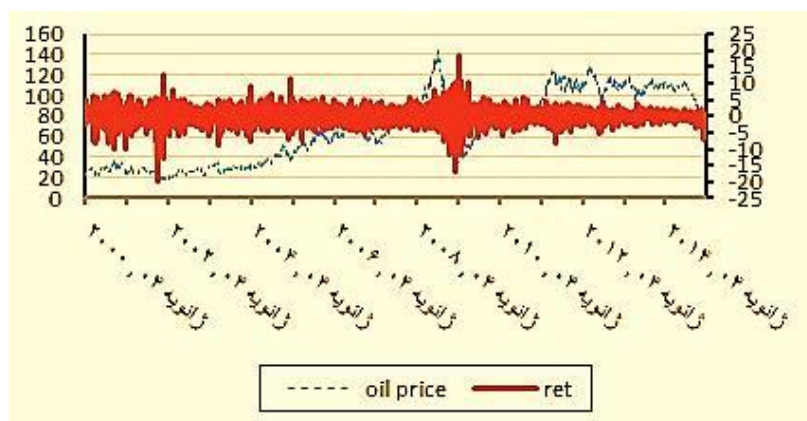
$$r_t = \ln(p_t / p_{t-1}) * 100 \quad (19)$$

که  $r_t$  و  $p_t$  به ترتیب معرف بازده و قیمت در روز  $t$  می‌باشند. نمودار (۱) نشان‌دهنده بازدهی روزانه قیمت نفت برنت<sup>۲</sup> از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴ است.

۱. Cabedo and Moya (2003).

۲. [http://www.eia.gov/dnav/pet/pet\\_pri\\_spt\\_s1\\_d.htm](http://www.eia.gov/dnav/pet/pet_pri_spt_s1_d.htm)

نمودار ۱: قیمت نفت (محور چپ، دلار) و بازدهی آن (محور راست، درصد)



همچنین مشخصات آماری داده های موجود در جدول (۱) آورده شده است. همانطور که این جدول (۱) تایید می‌کند این داده‌ها دارای توزیع نرمال نیستند. همچنین مقادیر چولگی و کشیدگی این داده‌ها نیز به ترتیب کمتر و بیشتر از توزیع نرمال هستند که نشان می‌دهد تابع توزیع ناپارامتریک آن چوله به چپ و با کشیدگی زیاد است.

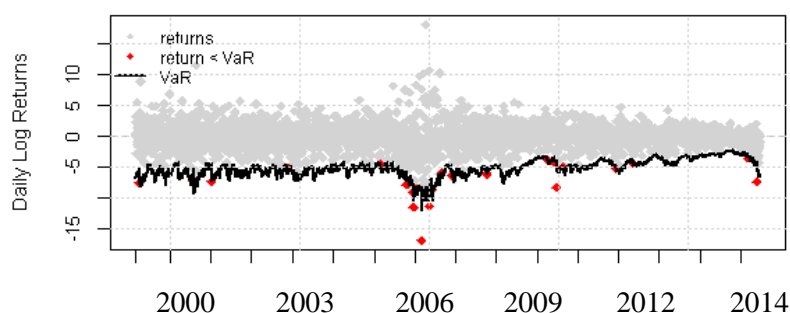
جدول ۱: مشخصات آماری داده‌های بازدهی قیمت نفت برای سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴

nob	۳۸۰۰
Minimum	-۱۹/۸
Maximum	۱۸/۱۲
1. Quartile	-۱/۱۱
3. Quartile	۱/۲۵
Mean	۰/۰۲۳
Median	۰/۰۵
Variance	۴/۹
Stdev	۲/۲
Skewness	-۰/۲۷
Kurtosis	۶/۰۵

با توجه به توضیحات داده شده در بخش مبانی نظری پس از تخمین مدل ARMA-EGARCH-EVT و از روش پنجره غلتان<sup>۱</sup> به طول ۵۰۰ و برای محاسبه ارزش در معرض خطر این سری زمانی استفاده می‌کنیم. یادآور می‌شود در این روش برای پیش‌بینی مقدار بازدهی قیمت نفت داده‌ها به دو بخش درون نمونه‌ای<sup>۲</sup> و برون نمونه‌ای<sup>۳</sup> تقسیم می‌شوند. از داده‌های درون نمونه‌ای تخمین ضرایب را به دست می‌آوریم و با استفاده از آن‌ها به پیش‌بینی مقدار داده‌های برون نمونه‌ای می‌پردازیم. با توجه به توضیحات داده شده نتایج به‌دست‌آمده برای این مدل در ادامه آورده شده است.

نتایج حاصل از تخمین مقادیر ارزش در معرض خطر و مقایسه آن با مقادیر بازدهی واقعی در نمودار ۲ نشان داده شده است. در این نمودار خط پیوسته نشان‌دهنده مقادیر ارزش در معرض خطر به‌دست‌آمده از مدل و یا به‌عبارت دیگر پیش‌بینی بازدهی قیمت نفت در سطح اطمینان ۱ درصد با استفاده از پنجره غلتان است. بازده‌های تحقق یافته نیز به‌صورت نقطه‌ای نشان داده شده است.

نمودار ۲: ارزیابی عملکرد مدل EGARCH-EVT



نتایج حاصل از تخمین مدل و ضرایب آن در جدول ۲ آورده شده است. تمامی ضرایب مدل میانگین و واریانسی که در فرمول‌های شماره ۲ و ۳ آورده شده است، معنادار بوده و مقادیر

۱. Rolling windows.

۲. In-sample.

۳. Out sample.

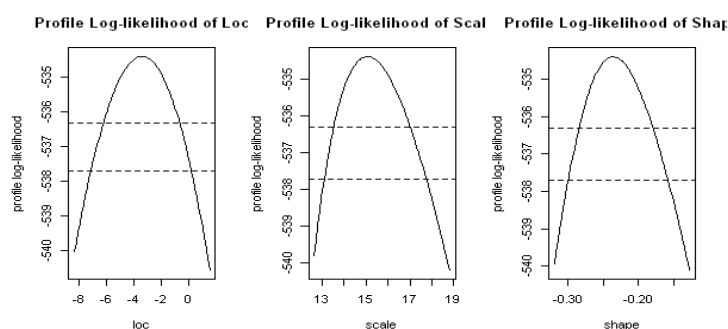
ضرایب و پارامترهای مدل EVT که برای تابع توزیع پارتو تخمین زده شده است و به ترتیب متغیر  $\text{Shape}$ ,  $\text{gamma1}$  هستند نیز مقدار مثبت و معنادار هستند.

جدول ۲: ضرایب حاصل از تخمین مدل ARMA-EGARCH-EVT

var	coef_	Std_Err	t-value	p-value
mu	۰/۷	۰/۰۴	۲/۰۳	۰/۰۴
ar1	۰/۸۶	۰/۰۳	۳/۶۳	۰/۰۰۰
ma1	-۰/۸۴	۰/۰۳	-۳/۷۴	۰/۰۰۰
omega	۰/۰۱	۰/۰۰۰	۷/۳	۰/۰۰۰
alpha1	-۰/۰۴	۰/۰۱	-۳/۷	۰/۰۰۰
beta1	۰/۹۹	۰/۰۰۰	۱۶۴۵/۶۱	۰/۰۰۰
gamma1	۰/۰۹	۰/۰۱	۷/۷۳	۰/۰۰۰
shap	۷/۴	۰/۹۴	۷/۸۷	۰/۰۰۰

پس از تخمین تابع توزیع نقطه فرین برای داده های رشد قیمت نفت پارامترهای مورد نظر تابع فرین به صورت نمودار ۳ به دست می‌آید.

نمودار ۳: پارامترهای مدل فرین برای تغییرات قیمت نفت



برای ارزیابی عملکرد مدل‌های ارزش در معرض خطر پس از تخمین مدل به پیش‌آزمایی<sup>۱</sup> مدل می‌پردازند. مقادیر بازدهی قیمت نفت که مدل قادر به تشخیص آن‌ها نبوده (نقاط با رنگ قرمز)

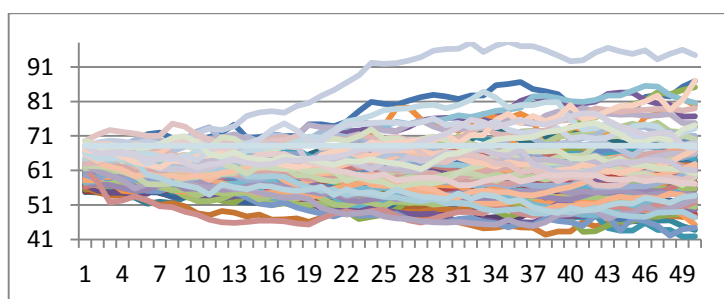
### 1.Backtest.

و یا به عبارت دیگر دارای تخلف بیش از حد انتظار<sup>۱</sup> بوده است. در این دوره ۲۳ مورد بوده که کمتر از میزان مورد انتظار یعنی ۲۸ مورد است. مقدار آماره کریستوفرسن<sup>۲</sup> که نشان‌دهنده پوشش شرطی مدل است، ۹٫۲۱ است که دقت بالایی عملکرد مدل را در پیش‌بینی برون نمونه‌ای تأیید می‌کند.

#### ۴-۱. پیش‌بینی قیمت نفت حالت نرمال برای روزهای آتی

در بخش دوم این تحقیق با استفاده از مدل تخمین زده شده به پیش‌بینی ۵۰ روز آتی قیمت نفت یعنی ۵۰ روز اول کاری سال ۲۰۱۵ پرداخته‌ایم. نتایج حاصل از این پیش‌بینی با استفاده ۱۰۰ تکرار به روش نمونه‌گیری با جایگذاری مجدد در مدل ARMA-EGARCH-EVT در نمودار شماره ۳ آورده شده است.

مودار ۴: پیش‌بینی ۵۰ روز آتی قیمت نفت مبدا زمانی ابتدای ۲۰۱۵



با توجه به مدل تخمین زده شده تقریباً نتایج به دست آمده با روش نمونه‌گیری با جایگذاری مجدد برای مدل ARMA-EGARCH-EVT تأیید می‌کند که تمرکز عمده قیمت‌های پیش‌بینی شده برای قیمت نفت در فاصله قیمتی ۵۱ تا ۷۱ دلار در هر بشکه است. با استفاده از اطلاعات ماهانه موجود مقادیر ماهانه نیز برای سال ۲۰۱۵ پیش‌بینی شده است.

جدول ۳: پیش‌بینی‌های ماهانه

ماه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲
-----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----

۱. Expected Exceed.

۲. Christoffersen.

متوسط												
قیمت	۷۹	۷۵	۷۳	۶۷	۶۵	۶۲	۵۹	۵۷	۵۸	۵۳	۵۴	۵۱
ماهانه												

#### ۴-۲. پیش‌بینی قیمت نفت برای حالت تنش روزهای آتی

با توجه به اثرگذاری اثر متغیر درآمدی و قیمت نفت در اقتصاد ایران پیش‌بینی این متغیر در سناریوهای متفاوت برای اقتصاد ایران حیاتی است. در دوره مورد نظر نتایج به‌دست‌آمده از مدل ARMA-EGARCH-EVT نشان می‌دهد که برای بودجه‌بندی قیمتی و درآمدی این متغیر سناریوهای بدبینانه با توجه به محاسبات انجام‌شده برای قیمت نفت در سطح اطمینان ۹۹ درصد بر اساس مدل ۴۱ دلار تخمین زده می‌شود. علاوه بر آن این نتایج تأیید می‌کند، احتمال اینکه قیمت نفت برای این دوره ۵۰ روزه به بیش از ۸۰ دلار برسد، دارای احتمال رخداد بسیار پایین است. این سناریوسازی خوشبینانه و بدبینانه باعث می‌شود که برای دوره مورد نظر یک بازه کف و سقف قیمتی به دست آید که علاوه بر سیاست‌گذاری‌های کلان قابل استفاده از نفت به‌عنوان یک دارایی نیز می‌باشد.

#### ۵. نتیجه‌گیری

نوسانات قیمت نفت باعث شده است کمی‌سازی ریسک ناشی از تغییرات قیمت آن، دارای اهمیت باشد. روش ارزش در معرض خطر ابزار مناسبی برای کمی‌سازی ریسک ناشی از تغییرات قیمت نفت است. در بازار نفت، ارزش در معرض خطر می‌تواند برای کمی‌سازی حداکثرسازی تغییرات قیمت نفت مرتبط با سطح احتمال به‌کار رود. پایه این کمی‌سازی بر اساس طراحی استراتژی مدیریت ریسک بنا شده است. در این مقاله نتایج به‌دست‌آمده از مدل ARMA-EGARCH-EVT نشان می‌دهد، در دوره زمانی مورد نظر بازه کف و سقف قیمتی در سناریوهای متفاوت بین ۴۱ تا ۸۰ دلار است. همچنین نتایج به‌دست‌آمده از روش کریستوفرسن نشان‌دهنده دقت و کفایت قابل قبول مدل استفاده‌شده در تخمین سناریوهای بدبینانه است.

## منابع:

- Aghayeva, Huseyn, and Islam Rizvanoglu. "Understanding the crude oil price Value at Risk: the Case of Azeri Light." Available at SSRN 2402622 (2014)
- Bianconi, Marcelo & Yoshino, Joe A., (2014). Risk factors and value at risk in publicly traded companies of the nonrenewable. *Energy Economics*, 45: 19-32.
- Cabedo, David & Moya, Ismael.,(2003). Estimating oil price 'Value at Risk' using the historical simulation approach. *Energy Economics*, 25(3):239-253.
- Eriksson, Alexander; Ljungqvist, Jonathan., (2014). Measuring Risk for WTI Crude Oil. Lund university, School of Economics and Management. NEK01 Master's Thesis I.
- Giot, P., and S. Laurent. (2004). "Modelling Daily Value-at-Risk Using Realized Volatility and ARCH Type Models." *Journal of Empirical Finance* 11:379–398.
- Haas, M., S. Mittnik, and M. S. Paoletta. (2004a). "Mixed Normal Conditional Heteroskedasticity." *Journal of Financial Econometrics* 2:211–250.
- He, Kaijian; Lai, Kin Keung, & Xiang, Guocheng.,(2012). Portfolio Value at risk estimate for crude oil markets: a multivariate wavelet denoising approach. *Energies Journal*, 5: 1018-1043.
- Khadar, Ali., (2011). Applying Value at risk (VAR) analysis to Brent Blend Oil Prices. Master degree in Business administration 15 hp.
- Kuester, K., Mittnik, S., & Paoletta, M. S. (2006). Value-at-risk prediction: a comparison of alternative strategies. *Journal of Financial Econometrics*.
- Marimoutou, Velayoudoum; Raggad, Becir; & Trabelsi, Abdelwahed.,(2009). Extrem Value Theory and Value at risk: Application to oil market. *Energy Economics*, 31: 519-530.
- Mittnik, S., and M. S. Paoletta. (2003). "Prediction of Financial Downside-Risk with Heavy-Tailed Conditional Distributions." In S. T. Rachev (ed.), *Handbook of Heavy Tailed Distributions in Finance*. Amsterdam: North-Holland.
- Ren, Feng & Giles, David E., (2007). Extreme Value Analysis of Daily Canadian Crude Oil Prices. *Econometrics working paper*, EWP0708.