فصل‌نامه مطالعات اقتصاد انرژی/ سال شانزدهم / شماره ۶۷/ زمستان ۱۳۹۹/ صفحات ۱۶۴-۱۴۱

اثر قانون کاهش سولفور سوخت کشتی بر قیمت نفت ایران (قانون IMO)

ویدا ورهرامی[۱]

استادیار دانشکده اقتصاد، دانشگاه شهیدبهشتی، vida.varahrami@gmail.com

سید عبداله رضوی

استادیار گروه اقتصاد و مدیریت انرژی، دانشکده نفت تهران، دانشگاه صنعت نفت، srazavi@put.ac.ir

مطهره هوشمند

کارشناس ارشد اقتصاد، motahharehhooshmand@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۷/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۹/۰۳

چکیده

طی دهه‌های اخیر با افزایش آلودگی حاصل از مصرف نفت و فرآورده‌های نفتی، قوانین زیست‌محیطی فراوانی اعمال گردیده است. شناخت اثرات این قوانین و رفتار قیمتی نفت و فرآورده‌ها قبل از اتخاذ تصمیمات در حوزه انرژی کشور ایران به علت وابستگی ساختار بودجه به آنها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. طبق قانون جدید سازمان بین‌المللی دریانوردی که در نیمه سال ۲۰۱۶ به تصویب رسید، کشتی‌ها ملزم به استفاده از سوخت با حداکثر نیم درصد سولفور از ابتدای سال ۲۰۲۰ هستند. پژوهش حاضر با استفاده از روش سیستم معادلات همزمان و داده‌های سری زمانی روزانه طی سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۹ تأثیرات قانون مذکور را بر قیمت نفت‌خام شاخص در بازار منطقه‌ای مدیترانه در بازار نفت ایران آزمون نموده است. نتایج حاکی از آن است که قانون به‌صورت مستقیم منجر به کاهش قیمت نفت‌خام ایران و از طریق افزایش قیمت نفت کوره کم سولفور و کاهش قیمت نفت کوره پر سولفور، منجر به افزایش قیمت نفت‌خام برنت و کاهش قیمت نفت‌خام اورال می‌شود. از طرفی افزایش اختلاف قیمت نفت‌خام برنت و اورال منجر به کاهش قیمت نفت‌خام ایران که در زمره نفت‌خام ترش می‌باشد، نیز می‌گردد.

طبقه‌بندی JEL: E54

کلید واژه‌ها: *نفت* کوره، سوخت کشتی، سازمان بین‌المللی دریانوردی، روش سیستم معادلات هم زمان

---

۱. نویسنده مسئول

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-16]

۱- مقدمه

برای اکثر کالاها، حمل و نقل دریایی یکی از کارآمدترین و مقرون به صرفه‌ترین روش حمل و نقل است که حدود ۹۰ درصد تجارت جهانی را به خود اختصاص می‌دهد. با توجه به استانداردهای مختلف، سوخت مورد استفاده کشتی‌ها به دو دسته نفت کوره و نفت گاز تقسیم می‌گردد لازم به ذکر است بیش از ۹۰ درصد کشتی‌ها نفت کوره با درجه سولفور بالا را استفاده می‌کنند (شیخ الاسلامی و همکاران، ۱۳۸۹). این سوخت به علت ارزانی از سال ۱۹۶۰ سوخت اصلی کشتی‌ها شده است، ولی سولفور موجود در این سوخت آلودگی‌های زیست‌محیطی فراوانی را ایجاد می‌کند. سازمان بین‌المللی دریانوردی[1]، زیر نظر سازمان ملل متحد به مسائل دریایی رسیدگی می‌کند. طبق قانونی که در سال ۲۰۱۶ که در راستای کاهش الودگی ناشی از سولفور موجود در سوخت کشتی توسط سازمان آی ام او تصویب شد، کشتی‌ها از ابتدای سال ۲۰۲۰ موظف به استفاده از سوخت با ۰/۰۵ درصد سولفور در کل دنیا و ۰/۰۱ درصد در مناطق کنترل انتشار هستند. (سازمان بین‌المللی دریانوردی، ۲۰۱۶)

تقاضای نفت کوره پرسولفور برای سوخت کشتی، ۳ میلیون بشکه در روز است (عرشی، ۲۰۱۸). برای این حجم از سوخت باید سوخت کم سولفور را از چند طریق تأمین کرد، پالایشگاه‌ها یا باید سوخت کم سولفور مثل گازوئیل تولید کنند یا باید این میزان نفت کوره پر سولفور را پالایش و سولفور زدایی کنند (آژانس بین‌المللی انرژی، ۲۰۱۶) و یا باید از خوراک نفت‌خام شیرین جهت تولید فراورده کم سولفور استفاده کنند به این علت که فراورده استحصالی از نفت‌خام شیرین دارای گوگرد کمتر است، لذا تقاضا برای این نفت‌خام و به تبع آن قیمت آن نیز افزایش می‌یابد (آبل، ۲۰۰۸)[2]. صاحبان کشتی نیز می‌توانند یا از سوخت کم سولفور استفاده کنند و یا نسبت به نصب اسکرابر اقدام کنند. طبق تحقیقات انجام گرفته هیچ سوختی نمی‌تواند در بلندمدت جایگزین نفت کوره خصوصاً برای کشتی‌های بزرگ و مسافت‌های طولانی گردد (هلیم و همکاران، ۲۰۱۸)[3]. اسکرابرها هم می‌توانند به‌عنوان راهکاری جهت تصفیه سوخت پر

1. International Maritime Organization
2. Craig H. Allen
3. Abdel-Halim and Yu

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-16]

سولفور و تبدیل آن به سوخت کم سولفور توسط کشتی‌ها مورد استفاده قرار بگیرد، ولی نصب اسکرابر بر کشتی‌ها علاوه بر هزینه سرمایه‌ای زیاد، در مسیرهای طولانی تاکنون مورد ارزیابی قرار نگرفته است (آبید و همکاران، ۲۰۱۹)[1]. لذا تقاضا برای نفت کوره پرسولفور جای خود را به تقاضا برای نفت کوره کم سولفور می‌دهد و تقاضا برای نفت کوره پرسولفور کاهش پیدا می‌کند، به تبع آن قیمت آن نیز تحت تأثیر قرارگرفته و کاهش می‌یابد (رضوی، ۱۳۹۷).

نفت‌خام ایران در زمره نفت‌خام ترش می‌باشد و نفت کوره پر سولفور نیز به‌عنوان فرآورده اصلی با توجه به ضریب پیچیدگی پایین پالایشگاه‌ها در ایران تولید می‌گردد (ترازنامه هیدورکربوری، ۱۳۹۶) بازار بین‌المللی فیزیکی نفت منطقه‌ای مدیترانه با توجه به حجم معامله‌ای بالا در ایران بازار منطقه‌ای مورد مطالعه این پژوهش در نظر گرفته شده است. با توجه به موارد بیان شده هدف اصلی این نوشتار را پاسخ به دو سوال درنظر گرفت. اعمال قانون محدودیت سولفور سوخت کشتی سازمان مذکور چه تأثیری بر نفت خام‌های شاخص در منطقه مورد مطالعه دارد؟ سپس این تغییر قیمت چه تأثیری بر قیمت فرآورده نفت کوره و قیمت نفت در ایران دارد؟

در تحقیق حاضر به بررسی کانال‌های اثرگذاری قانون بر قیمت نفت‌خام شاخص ترش و شیرین در بازار مدیترانه و قیمت نفت و فراورده نفت ایران و همچنین میزان این اثرات بر قیمت نفت‌خام ایران پرداخته می‌شود. در ادامه مقاله در بخش دوم به بیان مبانی نظری، در بخش سوم معرفی سازمان بین‌المللی دریانوردی و قانون آی ام او، در بخش چهارم پیشینه تحقیق، بخش پنجم روش تحقیق و در بخش ششم نتیجه‌گیری و توصیه سیاستی ذکر شده است.

۲- مبانی نظری

قیمت‌گذاری نفت‌خام تا اواسط دهه ۱۹۸۰ با استفاده از روش‌های ساده صورت میگرفته است ولی پویایی بازار نفت با مدل ساده حل نخواهد شد؛ و آنچه در بازار نفت رخ می‌دهد تعامل چندین بازار مستقل و جداگانه است. (سالواتوره، ۱۳۹۳) لذا از سال

1. Obeid, F.

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-16]

۱۹۸۰ تحولاتی در قیمت‌گذاری نفت‌خام صورت گرفت که با شرایط جدید و پیچیدگی‌های بازار امروز نفت‌خام در دنیا و همچنین سرعت تغییر پالایشگاه‌ها و تطبیق آن‌ها با قوانین و نیاز دنیا مطابق باشد (آچه و همکاران، ۲۰۰۳)[1]. از سال ۱۹۸۸ نفت برنت به‌عنوان قیمت نفت‌خام شاخص جهت قیمت‌گذاری تأیید شد (سالواتوره، ۱۳۹۳). در بازار مدیترانه نفت‌خام‌ها (به جز برنت) نفت خام‌هایی هستند که براساس قیمت تفاضلی ارزیابی‌های منتشر شده و قیمت برنت موعد دار معامله می‌شوند. خود برنت موعد دار نیز بر مبنای تفاضل ارزش زمانی آن و قیمت برنت سلف معامله می‌شوند. نفت‌خام اورال روسیه نیز در بازار مدیترانه یکی از نفت خام‌های شاخص ترش در این منطقه محسوب می‌گردد (احدی فر، ۱۳۸۴).

در پالایشگاه‌ها موضوعی پرکاربرد تحت عنوان کرک اسپرد[2] وجود دارد. کرک اسپرد به‌عنوان شاخصی برای تصمیم‌گیری پالایشگاه‌ها از اختلاف بهای یک بشکه محصول تولیدی پالایشگاهی و یک بشکه نفت‌خام شاخص در منطقه مورد نظر (که در پژوهش حاضر مدیترانه است) به دست می‌آید و هر چه اختلاف بهای این دو بیشتر شود، یعنی سود ناخالص پالایشگاه بیشتر خواهد شد. لذا پالایشگاه‌ها درصدد حداکثر نمودن مجموع کرک اسپرد فراورده‌ها هستند. هر چه پالایشگاه دارای قدرت انتخاب در میزان تولید باشد و بتواند عملیات تولیدی را با وضعیت کرک اسپردهای موجود و تقاضای بازار تطبیق دهد، سود پالایشی بیشتری نیز دریافت می‌کند (مورات و همکاران، ۲۰۰۹)[3]. ضمن اینکه کرک اسپرد به‌عنوان ابزاری جهت پوشش ریسک ناشی از نوسانات قیمت فراورده‌ها و نفت‌خام در پالایشگاه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد (علیمرادی، ۱۳۹۵).

کانال‌های اثرگذاری سازمان بین‌المللی دریانوردی بر بازار نفت ایران

قانون سازمان بین‌المللی دریانوردی از چند کانال بر بازار نفت ایران مؤثر است؛ که در ادامه به بررسی آن می‌پردازیم:

1. Asche
2. Crack spread
3. Murat

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-16]

الف) از طریق تقاضای فرآورده

بعد از اعمال قانون مذکور کشتی‌ها از مصرف نفت کوره پر سولفور که نسبت به سایر سوخت‌ها ارزانتر است منع می‌شوند. از طرفی براساس تحقیقات انجام گرفته هیچ سوخت کم سولفوری مثل LNG و متانول و ... نمی‌تواند در کوتاه‌مدت و بلندمدت جایگزین نفت کوره شود که یکی از مهم‌ترین دلایل آن هزینه‌های سنگین سوخت سبک است (گیلبرت و همکاران، ۲۰۱۸)[1]. لذا در ابتدای امر تقاضا برای فرآورده نفت کوره با درجه سولفور کم جهت استفاده در سوخت کشتی زیاد می‌شود. تغییر تقاضا بر قیمت محصولات اثر گذاشته و قیمت نفت کوره با سولفور بالا را کاهش می‌دهد و برعکس قیمت نفت کوره با درجه سولفور کم را افزایش می‌دهد و این فرآورده‌ها ارزشمندتر خواهد شد در اختلاف قیمت این دو نفت کوره افزایش خواهد یافت (آژانس بین‌المللی انرژی، ۲۰۱۹). ضریب پیچیدگی پالایشگاه‌ها در ایران بسیار پایین است. این به معنای تولید فرآورده سنگین بیشتر است. طبق آمار حدود یک چهارم از کل تولید فرآورده‌ها در سال ۱۳۹۷ نفت کوره بوده از این میزان ۹۰ درصد آن صادر شده است (ترازنامه هیدروکربوری، ۱۳۹۷). از سویی بودجه کشور ایران به نفت و فرآورده‌های نفتی وابسته است و با کاهش قیمت این نفت کوره و از دست دادن بازار نفت کوره پر سولفور، درآمد ایران نیز تحت تأثیر قرار خواهد گرفت (رضوی، ۱۳۹۷).

ب) تقاضای نفت شیرین و ترش

۵۰ درصد از سولفور موجود در نفت‌خام به فرآورده‌های پایین برج تقطیر منتقل می‌گردد (آلن، ۲۰۰۸)، لذا فرآورده‌های استحصالی از نفت‌خام ترش دارای درجه سولفور بالاتر و فرآورده‌های استحصالی از نفت‌خام شیرین دارای درجه سولفور کمتری هستند (علیمرادی، ۱۳۹۵). پالایشگاه‌ها ۳ راه جهت تأمین نیاز کشتی‌ها دارند یا می‌توانند نفت کوره پرسولفور را تقطیر و پالایش و تبدیل به نفت کوره کم سولفور کنند، یا می‌توانند تولید فراورده‌های پاک و سبک مثل گازوئیل را افزایش دهند و یا از نفت‌خام شیرین جهت تولید نفت کوره با حداقل سولفور استفاده نمایند. با توجه به کم بودن توان پالایشگاه‌ها نسبت به تقاضای نفت‌کوره کم سولفور، تقاضای نفت‌خام شیرین افزایش

1. Gilbert et al

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-16]

می‌یابد، لذا قیمت آن نیز روند رو به افزایشی می‌گیرد. همچنین افزایش اختلاف تقاضا و قیمت دو فرآورده کم سولفور و پر سولفور موجب افزایش اختلاف قیمت نفت‌خام ترش و شیرین می‌شود. این موضوع منجر به افزایش کرک اسپرد در بازار شده و ریسک فعالیت پالایشگاه‌ها را افزایش می‌دهد. البته این لازم به ذکر این مسئله بیشتر کشورهایی که دارای پالایشگاه‌هایی با فناوری‌های ضعیف هستند و نفت‌خام آن‌ها نفت‌خام ترش است (مانند ایران، عراق، ونزوئلا، عربستان، مکزیک و برزیل) را با افزایش اختلاف قیمت نفت‌خام شاخص برنت و قیمت نفت‌خام شاخص اورال تحت تأثیر قرار می‌دهد (آژانس بین‌المللی انرژی، ۲۰۱۹).

ج) معرفی سازمان بین‌المللی دریانوردی و قانون آی ام او

برای اکثر کالاها، حمل و نقل دریایی یکی از کارآمدترین و مقرون به صرفه ترین روش‌های حمل و نقل است. لذا این نوع حمل و نقل حدود ۹۰ درصد تجارت جهانی را در اختیار دارد. از طرفی پیش‌بینی شده تا سال ۲۰۵۰ تقاضا برای حمل و نقل دریایی نیز ۶۰ درصد افزایش پیدا کند (جی ام تی، ۲۰۱۳)[1]. سازمان آی ام او اولین ارگان بین‌المللی است که صرفاً به مسائل حمل و نقل دریایی اختصاص دارد (چراغی و نصیری، ۱۳۹۳).

کشورهای صاحب پرچم که در آیین‌نامه سازمان آی ام او وظیفه نظارت بر عملکرد کشتی‌ها را دارند (کنوانسیون بین‌المللی جلوگیری از آلودگی دریا، ۱۹۸۲)[2]. می‌توانند از بازرسی‌های بندری، نظارت هوایی، ایجاد ایستگاه‌های ثابت جهت نظارت و اندازه‌گیری دائمی گازهای گلخانه‌ای و ممنوعیت حمل هر گونه سوخت غیر مجاز استفاده کنند.

سوخت کشتی هنگام سوختن مقادیری از آلاینده‌ها را آزاد می‌کند (مولی، ۲۰۱۶)[3]. کربن و سولفور موجود در سوخت کشتی به دی‌اکسید کربن و اکسیدهای سولفور تبدیل می‌شوند و موجب آلودگی می گردند، از اینرو سازمان بین‌المللی دریانوردی در راستای کاهش آلودگی و آلاینده‌های حاصل از سوختن سولفور موجود در سوخت کشتی‌ها اقدام به اعمال قوانین زیست‌محیطی کرده که به شرح ذیل است:

1. GMT
2. UNCLOS
3. Molloy

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-16]

در می سال ۲۰۰۵، پیوست شماره ۶ کنوانسیون بین‌المللی سازمان دریایی بین‌المللی مبنی برممانعت از آلودگی ناشی از کشتی‌ها لازم الاجرا گردید. این دستورالعمل محتویات سولفور سوخت‌های دریایی را به ۴/۵ درصد در دنیا محدود نمود. این محدودیت سپس در ژانویه ۲۰۱۲ به ۳/۵ درصد تقلیل یافت. پیوست شماره ۶، همچنین یک محدودیت ۱/۵ درصدی برای مناطق کنترل آلودگی وضع کرد که از می سال ۲۰۰۶ اجرایی بوده است. این محدودیت سولفور در یک ژانویه ۲۰۱۰ به یک درصد کاهش یافت و در ژانویه ۲۰۱۵ نیز به ۰/۱ درصد محدود شد. طبق قوانین این سازمان از ابتدای سال ۲۰۲۰ میزان سولفور سوخت کشتی در سراسر جهان به ۰/۰۵ درصد درصد و در مناطق کنترل انتشار ۰/۰۱ درصد تغییر یافت که مناطق کنترل انتشار شامل دریای بالتیک از ماه می ۲۰۰۶، دریای شمال از نوامبر ۲۰۰۷، آمریکای شمالی (آمریکا و کانادا) از اوت ۲۰۱۱ و منطقه کارائیب از ژانویه ۲۰۱۳ می‌شود (سازمان بین‌المللی دریانوردی، ۲۰۱۶).

سوخت کشتی با توجه به استانداردهای متفاوت به دو نوع سوخت کشتی نفت کوره سنگین با درصد سولفور بالا و نفت گاز تقسیم می‌شود. بیش از ۹۰ درصد سوخت کشتی‌ها، نفت کوره سنگین و کمتر از ۱۰ درصد نفت گاز استفاده می‌کنند (مرتضی‌پور و همکاران، ۱۳۹۲). ۴۰ درصد تقاضای نفت کوره از سوی صنعت کشتی‌رانی است. نفت کوره سنگین سوختی چسبناک، کثیف، ارزان و سهل الوصول می‌باشد. استفاده گسترده از این سوخت از سال ۱۹۶۰ آغاز شد (رضوی، ۱۳۹۷).

از میان پالایشگاه‌ها ایران بیشترین سهم تولید نفت کوره متعلق به پالایشگاه‌های آبادان، بندر عباس و اصفهان است که نزدیک به ۳۰ درصد از کل تولید فرآورده آنها به نفت کوره اختصاص پیدا کرده است (ترازنامه هیدروکربوری، ۱۳۹۷). اصلی‌ترین هزینه کشتی متعلق به هزینه سوخت است، این هزینه بسته به نوع کشتی و مسافت سفر بین ۳۰ الی ۶۰ درصد متغیر است. در حال حاضر روزانه بیش از ۳ میلیون بشکه در روز تقاضا برای نفت کوره جهت استفاده در سوخت کشتی وجود دارد (عرشی، ۲۰۱۸). پالایشگاه‌های سراسر جهان در حال حاضر قادر به پالایش و سولفورزدایی از ۵۰۰ هزار بشکه در روز نفت کوره هستند. پس از اعمال قانون ای ام او تقاضای نفت کوره پر

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-16]

سولفور کاهش یافته و قیمت آن نیز کاهش خواهد یافت (کانکیو، ۲۰۱۶)[1]. تمامی این موارد به ایجاد چالش‌هایی برای پالایشگاه‌ها و صاحبان کشتی‌ها منجر شده است. نزدیک ۷۵ درصد از کشتی‌ها تمایل به استفاده از سوخت کم سولفور به‌جای نصب اسکرابرها دارند و لذا پالایشگاه‌ها تحت فشار تطبیق خود با قانون مذکور هستند (عرشی، ۲۰۱۸). بنابراین پالایشگاه‌ها یا باید واحد تولید گازوئیل و سوخت‌های کم‌سولفور و یا واحدهای سولفورزدایی را گسترش بدهند (آژانس بین‌المللی انرژی، ۲۰۱۹) و یا باید از خوراک نفت‌خام شیرین جهت تولید فراورده‌های سبک بیشتر استفاده کنند (هلیم و همکاران، ۲۰۱۸). حدود ۵۰ درصد از نفت‌خام به بخش‌های سنگین برج تقطیر وارد می‌شود. این موضوع منجر به افزایش تقاضای نفت‌خام شیرین در راستای تولید فراورده‌های کم سولفور بیشتر می‌گردد (ورمیره، ۲۰۱۲)[2]. این مسائل منجر به افزایش هزینه سوخت، افزایش هزینه‌های سرمایه‌ای و افزایش نرخ باربری کشتی می‌شود (آبید و همکاران، ۲۰۱۹). براساس تحقیقات انجام گرفته استفاده از نفت کوره کم‌سولفور برای کشتی‌ها بهینه‌ترین راه است. به‌عنوان نتیجه‌گیری از این بخش می‌توان به افزایش قیمت نفت‌خام شیرین به‌علت افزایش تقاضای پالایشگاه‌ها و همچنین کاهش قیمت نفت کوره پرسولفور اشاره کرد.

نفت‌خام برنت به‌عنوان نفت‌خام شاخص شیرین و نفت‌خام اورال به‌عنوان نفت‌خام شاخص ترش در بازار منطقه‌ای مدیترانه مورد استفاده قرار می‌گیرند (آژانس بین‌المللی انرژی، ۲۰۱۹). نفت‌خام ایران در زمره نفت‌خام سنگین و ترش قرار دارد. فرآورده‌های استحصالی از این نفت‌خام نیز دارای درجه سولفور بالا است.

لذا همان‌طور که ذکر شد تقاضا برای نفت‌خام شاخص شیرین (برنت) نیز به جهت تولید فرآورده‌های کم سولفور افزایش می‌یابد که منجر به افزایش قیمت آن شده و به‌تبع تقاضا برای نفت‌خام ترش (اورال) کاهش می‌یابد و منجر به اثر منفی و کاهش قیمت این نفت‌خام می‌گردد. این موضوع یعنی افزایش اختلاف قیمت نفت‌خام شاخص برنت و اورال منجر به اثرگذاری بر قیمت نفت‌خام ایران می‌شود. از سوی دیگر کاهش قیمت فرآورده نفت کوره پرسولفور به‌عنوان فراورده اصلی تولید شده توسط پالایشگاه‌ها نیز بر قیمت نفت‌خام ایران نیز اثرگذار است و منجر به کاهش قیمت آن و اثرگذاری بر

1. CONCAWE
2. Vermeire

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-16]

بودجه ایران می‌گردد (رضوی، ۱۳۹۷). در بخش‌های بعدی به بررسی میزان این اثرات پرداخته می‌شود.

۴- پیشینه تحقیق

در زمینه قوانین اعمالی IMO و اثرات این قوانین بر بازارها به‌صورت کمی چه در ایران چه در خارج از ایران مطالعاتی انجام نشده، لذا ازاین‌جهت دارای نوآوری است. برخی از مطالعات مشابه به شرح زیر است:

مطالعات انجام شده داخلی

عرشی (۱۳۹۷) در مقاله‌ای تحت عنوان "چالش‌ها و فرصت‌های حاصل از قوانین IMO"، چالش‌ها و راهکارهای موردنظر پالایشگاه‌ها را مورد بررسی قرار می‌دهد. وی معتقد است اعمال این قانون که حدود پنج سال طول می‌کشد برای پالایشگاه‌ها با هزینه‌های سرمایه‌ای عظیم و هزینه عملیاتی زیاد همراه است و بسیاری از پالایشگاه‌های سراسر جهان به‌اندازه کافی فنی نیستند که بتوانند تغییرات اساسی برای تولید فرآورده‌های کم گوگرد انجام دهند. وی راهکارهای کاهش تولید نفت کوره، استفاده از نفت کوره به‌عنوان خوراک پالایشگاه و کرک کردن نفت کوره را ارائه می‌دهد.

رضوی (۱۳۹۷) در مقاله‌ای تحت عنوان "بررسی اعمال محدودیت درجه سولفور سوخت دریایی توسط IMO بر روی پالایشگاه‌ها و بازار نفت کوره" به بررسی اثرات قانون مورد اشاره بر بازار نفت کوره و پالایشگاه‌های ایران پرداخته و به تحلیل تأثیر قانون IMO بر روی قیمت نفت خام‌های شاخص می‌پردازد. از نتایج این تحقیق اختلاف قیمتی نفت کوره با درجه سولفور بالا و کم و متأثر شدن قیمت نفت خام‌های شاخص در کوتاه‌مدت می‌باشد و به این نتیجه می‌رسد که اگرچه در کوتاه‌مدت و به محض اجرایی شدن قانون IMO در ابتدای سال ۲۰۲۰ تفاوت قیمتی بین نفت کوره با سولفور بالا و نفت کوره کم‌سولفور افزایش می‌یابد، ولی در بلندمدت به‌دلیل اینکه صاحبان کشتی‌ها ممکن است ترجیح دهند با نصب اسکرابرها همچنان از مزیت ارزان‌تر بودن نفت کوره با سولفور بالا استفاده نمایند منجر به این شود که تفاوت قیمتی این دو سوخت کاهش یابد.

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-16]

سلیمانی دینانی و همکاران (۱۳۸۸) در پژوهشی تحت عنوان "گوگرد در نفت‌خام و محصولات آن" به بررسی مشخصات و روش‌های آنالیز نفت پرداخته‌اند. در این پژوهش مشخصات گوگرد، منشأ وجود گوگرد در نفت‌های‌خام و فناوری‌های جهانی گوگردزدایی را مورد تحقیق و بررسی قرار داده است.

مطالعات انجام شده خارجی

توپالی و همکاران (۲۰۱۹)[1] در مقاله‌ای تحت عنوان "تأثیر اجرای قانون جهانی گوگرد در حمل‌ونقل دریایی"، به بررسی چالش‌های مختلف ناشی از اجرای قانون جهانی گوگرد می‌پردازد و میزان جریمه در صورت تخطی را بررسی پرداخته است. سود ناشی از عدم فرمان‌برداری آن‌ها در دریای آزاد را مدل‌سازی می‌نماید. وی استدلال می‌کند که سیستم هماهنگ از تخطی، عامل بازدارنده قوی برای سازگاری است.

هالف و همکاران[2] (۲۰۱۹) در مقاله‌ای تحت عنوان "پیام‌های احتمالی قانون جدید IMO در صنعت حمل‌ونقل دریایی"، به بررسی تأثیر احتمالی محدودیت‌های زیست‌محیطی کاهش گوگرد از سال ۲۰۲۰ و مقایسه آن با الگوی مصرف سوخت‌های کشتی در سال‌های گذشته و ارزیابی تأثیر احتمالی این قانون در نوآوری آینده در بخش سوخت دریایی می‌پردازد.

دلف[3] (۲۰۱۶) در گزارش "ارزیابی قابلیت دسترسی به سوخت نفت - گزارش نهایی" سه سناریوی تقاضای سوخت، یک مورد پایه، یک مورد تقاضای بالا برای سوخت دریایی با محتوای سولفور کمتر از ۵ درصد و یک مورد تقاضای کمتر که در آن کشتی با بیشترین سازگاری تجهیز خواهند شد و کمتر از سوخت کم گوگرد استفاده می‌کنند را بررسی می‌کند. هدف از این مطالعه ارزیابی توانایی صنعت پالایش برای تولید سوخت با گوگرد کم برای صنعت حمل‌ونقل است که می‌تواند تقاضا را زمانی که مقررات به اجرا درآید، پوشش دهد.

1. Topali, et al
2. Halffa
3. Delft

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-16]

۵- روش تحقیق

در این پژوهش از روش سیستم معادلات همزمان استفاده می‌شود. این روش زمانی مورد استفاده قرار می‌گیرد که چند متغیر وابسته داریم که بین آنها وابستگی متقابل وجود دارد؛ بنابراین بایستی چند معادله یا یک سیستم معادلات برای آنها تعریف شود. به‌عنوان مثال فرض کنید رابطه y_1 و y_2 به‌صورت زیر باشد.

$$y_{1\,t} = \alpha_1 + \beta_1 x_t + \gamma_1 y_{2\,t} + u_{1\,t} \quad (۱)$$

$$y_{2\,t} = \alpha_2 + \beta_2 x_t + \gamma_2 y_{1\,t} + u_{2\,t} \quad (۲)$$

در اینجا، دو معادله همراه دو متغیر وابسته (y_1، y_2) و یک متغیر توضیحی داریم. رابطه y_1 و y_2، دو طرفه است. ویژگی مهم سیستم معادلات فوق آن است که y_1 و y_2 علاوه بر اینکه متغیر وابسته هستند به‌عنوان متغیر توضیحی نیز ظاهر شده‌اند.[۱]

سه نوع نفت‌خام مهمی که در بازار بین‌المللی مدیترانه معامله می‌شوند عبارتند از: نفت خام‌های برنت، اورال مدیترانه، ایران.

به‌منظور بررسی اثرات قانون بین‌المللی سازمان بین‌المللی دریانوردی در این بازار از داده‌های روزانه نفت و فرآورده نفت طی سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۹ استفاده شده است. منبع آماری اطلاعات ذیل امور بین‌الملل شرکت ملی نفت می‌باشد. همچنین از نرم افزار Eviews10 جهت برآورد متغیرها استفاده شده است. متغیرهای مورد استفاده در این پژوهش به شرح ذیل می‌باشد:

جدول ۱. متغیرهای تحقیق

متغیر ها	
P_{Brent}	قیمت نفت شاخص شیرین در بازار مدیترانه (برنت)
P_{ural}	قیمت نفت شاخص ترش در بازار مدیترانه (اورال)
P_{HSFO}	قیمت نفت کوره ترش
P_{LSFO}	قیمت داخلی نفت کوره شیرین
P_{iran}	قیمت داخلی نفت‌خام ایران
Dummy	اثر قانون آی ام او
crakHsfo	کرک اسپرد نفت کوره پر سولفور
crakLsfo	کرک اسپرد نفت کوره کم سولفور

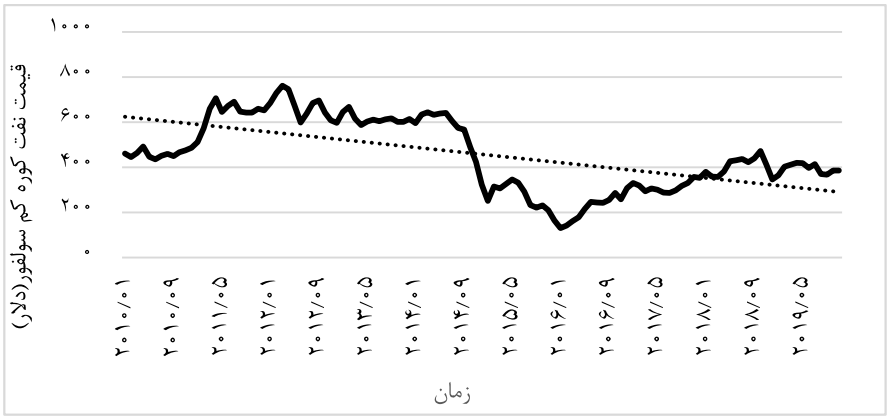
منبع: یافته‌های تحقیق

۱. سوری، ۱۳۹۲، ص۶۲۵-۶۵۵.

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-16]

مفهوم کرک اسپرد همان‌طور که در مبانی نظری به آن اشاره شد در بازار نفت و فراورده نفت اهمیت ویژه‌ای دارد. لذا در این مدل از کرک اسپرد دو فراورده نفت کوره کم سولفور و نفت کوره پرسولفور استفاده شده است. در مدل اقتصاد سنجی پژوهش حاضراز تفاضل نفت‌خام برنت و اورال استفاده شده است. این تفاضل به نفت خام‌های موجود در منطقه سیگنال می‌دهد که با نفت‌خام شیرین رابطه مثبت و نفت خام‌های ترش رابطه منفی دارند. Dummy اثر مستقیم قانون آی ام او که از سال ۲۰۱۶ (سال تصویب قانون اعمال محدودیت سولفور سوخت کشتی برای سال ۲۰۲۰) تا آخر سال ۲۰۱۹ در نظر گرفته شده است.

نمودار (۱) قیمت نفت کوره با درجه سولفور پایین به‌صورت ماهانه در سال‌های ۲۰۱۰ الی ۲۰۱۹ را در بازار مدیترانه نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود در ابتدای سال ۲۰۱۲ با توجه به اعمال دومین قانون آی ام او مبنی بر استفاده از سوخت کم سولفور قیمت نفت کوره کم سولفور افزایش پیدا کرد. پس از آن در سال ۲۰۱۴، عرضه نفت در بازار به دلایل بسیار زیادی افزایش داشته که مهم‌ترین آنها افزایش تولید نفت شیل به علت پیشرفت فناوری‌های آمریکا و کانادا بوده که موجب افت شدید قیمت نفت شده است. از سال ۲۰۱۷ نیز پس از تصویب قانون اجرایی آی ام او برای سال ۲۰۲۰ قیمت این نفت کوره روند صعودی پیدا کرده که این روند تا اواخر سال ۲۰۱۹ ادامه پیدا کرده است.

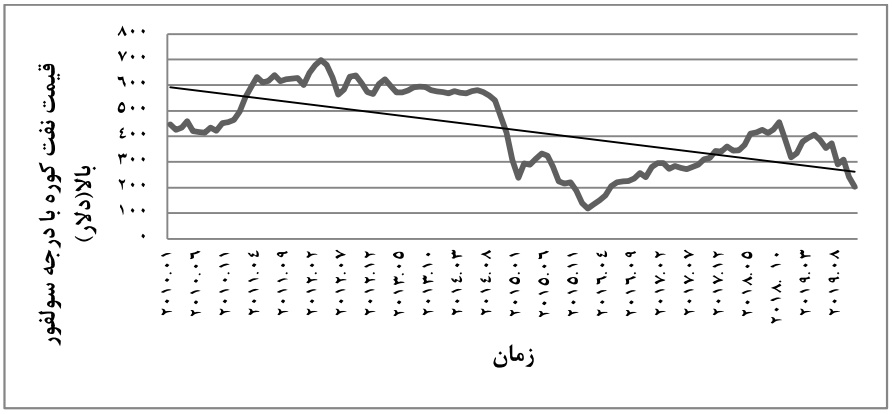


منبع: امور بین‌الملل شرکت ملی نفت ایران

نمودار ۱. قیمت نفت کوره با درجه سولفور پایین

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-16]

نمودار (۲) قیمت نفت کوره با درجه سولفور بالا به‌صورت ماهانه را در سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۹ در بازار مدیترانه نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود روند قیمت این نفت کوره طی سال‌های بیان شده به‌صورت کاهشی بوده که این روند تا آخر سال ۲۰۱۹ نیز ادامه دارد.



منبع: امور بین‌الملل شرکت ملی نفت ایران

نمودار ۲. قیمت نفت کوره با درجه سولفور بالا

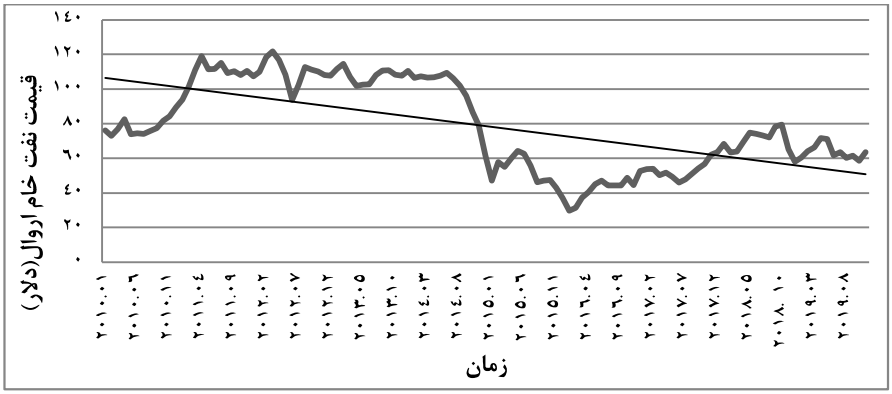
نفت‌خام ایران دارای ۲۹/۶ درجه API و ۲/۲۴ درصد سولفور و در زمره نفت‌خام سنگین و ترش قرار داده است. فرآورده استحصالی از این نفت‌خام نیز دارای درجه سولفور بالا هستند. تبدیل نفت‌خام ترش به نفت‌خام شیرین با درجه سولفور ۱/۴۶ و سولفور زدایی از آن بسیار پر هزینه است و برای پالایشگاه‌ها مقرون به صرفه نیست؛ بنابراین بدیهی است که از سال ۲۰۱۶ و با تصویب قانون آی ام او افت و روند کلی کاهش قیمت نفت‌خام ایران مشاهده شود. نمودار (۳) نوسانات قیمت نفت‌خام ایران را نشان می‌دهد.

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-16]

منبع: امور بین‌الملل شرکت ملی نفت ایران

نمودار ۳. تغییرات قیمت نفت‌خام ایران

یکی از نفت‌های خام شاخص در بازار مدیترانه نفت‌خام اورال است. بر اساس نمودار (۴) در سال ۲۰۱۰ به علت افزایش تقاضای اقتصادهای نو ظهور مثل چین و هند قیمت نفت اورال افزایش یافته و اندکی بعد در سال ۲۰۱۴ به علت کاهش تقاضای این اقتصادها و نیز گسترش فناوری‌های ذکر شده جهت استخراج نفت شیل، افت شدیدی در قیمت نفت‌خام رخ داده است. پس از آن قیمت‌ها به‌صورت متعادل‌تری نوسان کرده‌اند.

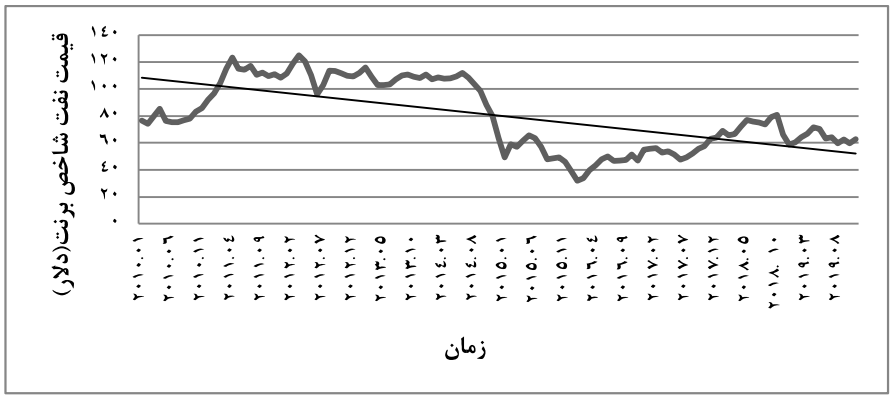


منبع: امور بین‌الملل شرکت ملی نفت ایران

نمودار ۴. تغییرات قیمت نفت‌خام اورال در بازار مدیترانه

نمودار نوسانات قیمت نفت برنت نیز به‌صورت نمودار (۵) است.

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-16]



منبع: امور بین‌الملل شرکت ملی نفت ایران

نمودار ۵. تغییرات قیمت نفت‌خام شاخص برنت در بازار مدیترانه

معادلات مورد پژوهش با استناد بـه مبـانی نظـری بـه‌صـورت زیـر در نظـر گرفتـه شده است:

$$LOG(P_{Brent})=c(1)+c(2)*(LOG(P_{HSFO})-LOG(P_{LSFO}))+c(3)*LOG(P_{Brent}(-3))+c(4)*dummy*(P_{HSFO}-P_{LSFO})+c(5)*log(crakLsfo)+u_0 \quad (۳)$$

$$LOG(P_{ural})=C(6)+C(7)*(LOG(P_{HSFO})-LOG(P_{LSFO}))+c(8)*LOG(P_{Brent})+c(9)*LOG(P_{ural}(-3))=+c(10)*dummy*(P_{HSFO}-P_{LSFO})+c(11)*log(crakHsfo)+u_1 \quad (۴)$$

$$LOG(P_{iran})=c(12)+c(13)*(LOG(P_{Brent})-LOG(P_{ural}))+c(15)*dummy+c(16)*LOG(P_{iran}(-3))+c(17)*LOG(P_{HSFO}(-2))+u_2 \quad (۵)$$

متغیر مجازی (قانون آی ام او) به دو صورت بر قیمت نفت ایران اثرگذار است. اثر غیرمستقیم متغیر مجازی که از طریق اختلاف قیمت نفت کوره پر سولفور و کم سولفور بر قیمت نفت‌خام شاخص برنت و نفت‌خام شاخص اورال، اثرگذار می‌باشد و اثر مستقیم قانون آی ام او که مستقیماً بر قیمت نفت‌خام ایران اثرگذار است. لازم به ذکر است، قیمت نفت‌خام به قیمت چند روز قبل خود وابسته است و با توجه به اینکه داده‌ها روزانه است این موضوع را باید در مدل لحاظ کرد. قبل از انجام هر گونه برازش باید پایایی متغیرها را مورد سنجش قرار داد. در این معادله تمامی متغیرها با استفاده از روش دیکی فولر پایا از سطح I(1) بودند.

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-16]

جدول ۲. نتایج آزمون ریشه واحد در سطح ۰/۹۵

متغیرها	P_{ural}	P_{Brent}	crakHsfo	crakLsfo	P_{HSFO}	P_{LSFO}	P_{iran}
وضعیت	I(1)	I(1)	I(1)	I(1)	I(1)	I(1)	I(1)
مقدار آماره	-۱/۲۰۶۹	-۱/۴۵۶۲	-۱/۱۹۹۷	-۱/۱۹۹۳	-۱/۶۸۴۱	-۱/۱۵۶۷	-۱/۱۸۲۶
مقادیر بحرانی در سطح ۰/۰۵	۰/۶۷۳۷	۰/۵۵۲۳	۰/۶۷۷۰	۰/۶۷۷۰	۰/۷۵۸۳	۰/۶۹۵۰	۰/۶۸۴۲
نتایج	ناپایا	ناپایا	ناپایا	ناپایا	ناپایا	ناپایا	ناپایا

منبع: یافته‌های تحقیق

با توجه به اینکه مرتبه پایایی همه متغیرها یکسان است لذا باید درجه هم انباشتگی بین متغیرهای الگو با استفاده از روش جوهانسون[1] جهت بررسی وجود ارتباط بلندمدت بین متغیرها بررسی شود.

مفهوم هم جمعی، تداعی کننده وجود یک رابطه تعادلی بلندمدت است که سیستم اقتصادی در طول زمان به سمت آن حرکت می‌کند. در تحلیل چند متغیره سری‌های زمانی، ممکن است بیش از یک رابطه هم جمعی بلندمدت بین متغیرها وجود داشته باشد که در این حالت جوهانسون از طریق برآورد کننده‌های حداکثر درسنمایی، دارای توان تشخیص همجمعی چندگانه و بهترین بردار هم جمعی است. این آزمون یکی از کاملترین ابزارها در برآورد الگوهای اقتصادی سری زمانی می‌باشد. اساس این روش بر پایه رابطه بین مرتبه یک ماتریس و ریشه مشخصه آن بنا شده و در این روش دو نوع آزمون برای به دست آوردن تعداد بردارهای همجمعی ارائه شده است.

آزمون اثر $\lambda_{trace} = -n \sum l_n(1-\hat{\lambda}_i)$

آزمون حداکثر مقدار ویژه $\lambda_{max} = -n L_n \sum (1-\lambda_{r+1})$

که در هر دو آزمون k-1 و ..... و ۱ و r=0 است.

جدول ۳. نتایج آزمون هم جمعی جوهانسون

Data Trend:	None	None	Linear	Linear	Quadratic
Test Type	Intercept	No Intercept	Intercept	Intercept	Intercept
	No Trend	No Trend	No Trend	Trend	Trend
Trace	1	0	1	1	1
Max-Eig	1	0	1	1	1

منبع: یافته‌های تحقیق

1. Johanson

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-16]

طبق نتایج آزمون هم جمعی جوهانسون حداقل یک رابطه هم جمعی و همگرایی بین متغیرها برقرار است لذا می‌توان از متغیرها در سطح استفاده نمود و اثرات بلندمدت قانون را بررسی کرد.

به جهت بررسی اثرات قانون آی ام او به‌صورت درصد (کشش) از لگاریتم متغیرها استفاده شده است. پس از براورد روابط (۳)، (۴) و (۵) نتایج زیر قابل استخراج شد:

جدول ۴. نتایج برازش

	متغیر وابسته		
	معادله اول	**معادله دوم**	**معادله سوم**
متغیر مستقل	**$Log(P_{Brent})$**	**$Log(P_{ural})$**	**$Log(P_{iran})$**
c	-۰/۰۳۹۷ (۰/۰۱)	-۰/۱۸۸۶۲۱ (۰/۰۰)	-۰/۰۵۴۸۱۰ (۰/۰۱)
$\log(P_{HSFO}) - \lg(P_{LSFO})$	-۰/۰۸۵۲۶۳ (۰/۰۰)	۰/۱۰۶۷۹۱ (۰/۰۰)	
dummy*(($P_{HSFO)}$-(P_{LSFO}))	۰/۴۹۹۱۹۴ (۰/۰۰)	-۰/۵۰۹۱۰۹ (۰/۰۰)	
Log(crakLsfo)	۰/۱۲۸۲۱۸ (۰/۰۰)		
$Log(P_{Brent}(-3))$	۰/۸۳۵۱۷۰ (۰/۰۰)		
Log(crakHsfo)		۰/۱۰۱۹۹ (۰/۰۰)	
$Log(P_{ural}(-3))$		۰/۱۷۴۷۷۳ (۰/۰۰)	
Dummy			-۴/۵۸۲۴۹۲ (۰/۰۴)
$Log(P_{Brent})$		۰/۷۶۳۰۱۱ (۰/۰۰)	
$Log(P_{Brent})$–$Log(P_{ural})$			-۰/۰۸۱۱۶۷ (۰/۰۴)
$Log(P_{iran}(-3))$			۰/۹۱۷۳۷۴ (۰/۰۰)
$Log(P_{HSFO}(-2))$			۰/۰۶۸۲۵۹ (۰/۰۰)
R^2	۹۹٪	۹۹٪	۹۹٪

منبع: یافته‌های تحقیق

*اعداد داخل پرانتز احتمالات هستند

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-16]

براساس جدول (۴) کلیه ضرایب معادلات از نظر آماری معنادار هستند و همچنین علامت ضرایب مطابق انتظار می‌باشد. همان‌طور که بیان شد قیمت نفت‌خام ایران هنگام اعمال قانون آی ام او از طریق تغییر قیمت فرآورده‌ها و اثرگذاری آنها بر قیمت نفت‌خام شاخص و از طریق اثر مستقیم قانون آی ام او بر قیمت نفت‌خام شاخص متأثر می‌گردد.

بر اساس نتایج به دست آمده به علت افزایش قیمت نفت کوره کم سولفور و کاهش قیمت نفت کوره پر سولفور، یک درصد افزایش اختلاف قیمت این دو فرآورده مطابق انتظار به‌اندازه ۰/۰۹- درصد بر قیمت نفت‌خام شاخص برنت و به میزان ۰/۱۰ درصد بر قیمت نفت‌خام اورال اثرگذار است. از طرفی متغیر دامی که قانون سازمان آی ام او است با توجه به ضرایب اثر غیرمستقیم قانون که از طریق اختلاف قیمت نفت کوره پر سولفور و کم سولفور است منجر به افزایش قیمت نفت‌خام شاخص برنت و همچنین کاهش قیمت نفت‌خام اورال شده و اختلاف قیمت آنها را افزایش داده است. به ازای یک درصد افزایش در اختلاف قیمت این دو نفت‌خام شاخص، قیمت نفت‌خام ایران به میزان ۰/۰۹- درصد کاهش داشته است که به این اثر، اثر غیرمستقیم متغیر مجازی گفته می‌شود. قانون مذکور به‌صورت مستقیم به میزان ۴/۵۸- منجر به کاهش قیمت نفت‌خام ایران نیز شده که این تغییرات مطابق انتظار پژوهش است.

متغیر کرک اسپرد که در پژوهش آمده، طبق مبانی نظری با قیمت نفت‌خام شاخص اثر مستقیم دارد. در صورت افزایش یک درصد در کرک اسپرد نفت کوره کم سولفور به‌میزان ۰/۱۲ درصد بر قیمت نفت‌خام شاخص برنت اثر دارد و در صورت افزایش یک درصد در کرک اسپرد نفت کوره پر سولفور به میزان ۰/۱۰ درصد در قیمت نفت‌خام شاخص اورال اثرگذار است.

لازم به ذکر است قیمت نفت‌خام وابسته به قیمت دوره‌های قبل خود نیز می‌باشد. قیمت برنت، به قیمت برنت در سه روز قبل خود وابسته است و در صورت افزایش یک درصدی در آن به میزان ۰/۸۳ درصد منجر به افزایش قیمت برنت می‌شود. همچنین قیمت اورال نیز به قیمت سه روز قبل خود وابسته است و در صورت افزایش یک درصدی در آن منجر به افزایش به میزان ۰/۱۷ درصد افزایش قیمت اورال را به همراه دارد. همچنین قیمت نفت کوره سنگین دو روز قبل نیز بر قیمت نفت‌خام ایران مؤثر

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-16]

است و درصورتی‌که یک درصد افزایش در قیمت آن رخ دهد منجر به تغییر قیمت نفت‌خام ایران به میزان ۰/۰۶ می‌شود. همچنین قیمت نفت‌خام ایران نیز همانند نفت‌خام برنت و اورال به قیمت سه روز قبل خود وابسته است و در صورت افزایش یک درصدی در آن به میزان ۰/۹۱ درصد منجر به افزایش قیمت نفت‌خام ایران می‌شود. لازم به ذکر است قیمت نفت‌خام برنت به‌عنوان نفت‌خام شاخص بر قیمت اورال نیز به میزان ۰/۷۶ درصد مؤثر است.[۱]

۶- نتیجه‌گیری و توصیه سیاستی

یکی از پر کاربردترین روش‌های حمل و نقل، حمل و نقل دریایی است. سولفور موجود در سوخت کشتی الودگی‌های زیست‌محیطی و تولید گازهای گلخانه‌ای خطرناکی مثل اکسید سولفور را به همراه دارد. لذا سازمان بین‌المللی دریانوردی که سازمانی مختص به مسائل دریایی است قوانینی در راستای کاهش آلودگی حاصل اعمال کرده است. طبق قانون جدید که در سال ۲۰۱۶ تصویب گشت، کشتی‌ها باید از سوخت با سولفور ۰/۰۵ درصد در کل دنیا و در مناطق کنترل انتشار از سوخت ۰/۰۱ درصد استفاده کنند. طبق نتایج به دست امده این قانون منجر به افزایش اختلاف قیمت نفت کوره پر سولفور و کم سولفور می‌شود افزایش اختلاف قیمت این دو به‌عنوان شاخصی منجر به افزایش قیمت نفت‌خام شاخص شیرین (برنت) و کاهش قیمت نفت‌خام ترش (اورال) شده است. قانون مذکور از زمان تصویب قانون (۲۰۱۶) اثرکاهشی بر قیمت نفت‌خام ایران و به‌صورت غیرمستقیم اثر افزایشی بر قیمت نفت‌خام برنت و اثر کاهشی بر قیمت نفت‌خام اورال دارد. حال می‌توان به سوال اول و فرضیه اول که اثرگذاری بر قیمت نفت‌خام اورال و برنت است، پاسخ مثبت داد و نیز می‌توان به سوال دوم که اثرگذاری بر قیمت نفت‌خام ایران بود نیز پاسخ مثبت داد.

با توجه به کاهش قیمت نفت کوره پر سولفور و عدم استفاده از این فرآورده در صنعت کشتیرانی، پیشنهاد می‌گردد استراتژی مناسب برای پیدا کردن بازار مناسب و

۱. در پیوست ۱ در انتهای مقاله درستی برازش‌ها نشان داده شده است.

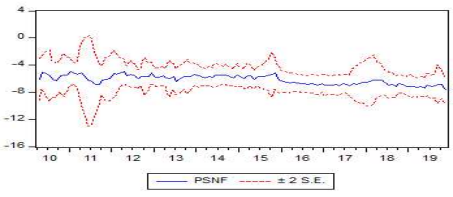
[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-16]

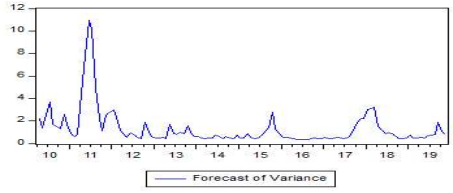
محلی با استفاده از بازاریابی منطقه‌ای جهت یافتن جایگزین بازار فعلی برای نفت کوره پرسولفور صورت گیرد.

ضمن اینکه باید در نظر داشت که عدد نلسون (ضریب پیچیدگی پالایشگاه جهت تولید فراورده‌های با کیفیت) در ایران بسیار پایین است و در حال حاضر توان تولید نفت کوره کم سولفور از نفت کوره پرسولفور وجود ندارد. لذا شرکت ملی پالایش و پخش می‌تواند با شرکت‌هایی قرارداد ببندد که بتوانند بازار صادرات نفت کوره پر سولفور را حفظ کنند و در ازای آن شرکت مذکور بتواند نفت کوره کم سولفور را تولید کند. البته باید توجه داشت با توجه به اینکه تحریم‌ها به‌عنوان موانع در برابر تحویل پول هستند لذا می‌توان این پول را به سهام شرکت‌های پالایشی و به‌طور خاص پالایشگاه‌هایی که در مناطق با مراکز بزرگ حمل و نقل مثل کره، چین، رتردام و همچنین والنسیای اسپانیا وجود دارند، تبدیل کرد. حتی می‌توان استراتژی به روز رسانی پالایشگاه‌ها را به شرکت ملی پالایش و پخش ارائه داد، به‌گونه‌ای که بیشتر به واحدهای هیدرو کراکر توجه گردد تا محصول تولیدی با قوانین و استانداردهای سازمان بین‌الملل دریانوردی مطابقت داشته باشد.

پیوست ۱

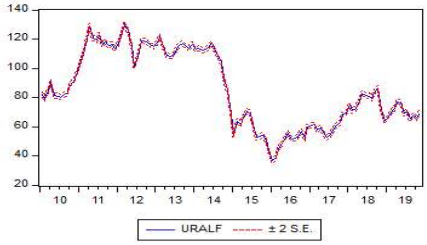
جهت بررسی میزان درستی براورد معادلات در جدول (۴)، در نمودارهای زیر همان‌طور که مشاهده میکنید با استفاده از روش آرچ و براورد سه معادله اصلی پژوهش می‌توان نتیجه گرفت که براورد معادلات و مقادیر متغیر وابسته برنت و اورال و قیمت نفت‌خام ایران درست و بر مبنای میزان واقعی آنها می‌باشد.



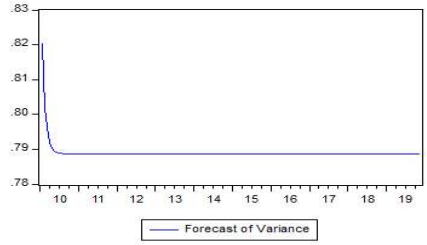


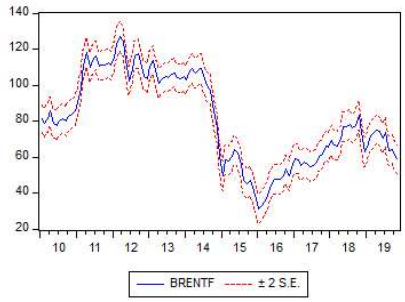
Forecast: PSNF	
Actual: PSN	
Forecast sample: 2010M01 2019M12	
Adjusted sample: 2010M04 2019M11	
Included observations: 116	
Root Mean Squared Error	1.134742
Mean Absolute Error	0.819134
Mean Abs. Percent Error	14.03876
Theil Inequality Coefficient	0.091435
Bias Proportion	0.002547
Variance Proportion	0.246182
Covariance Proportion	0.751271
Theil U2 Coefficient	1.067821
Symmetric MAPE	13.53343

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-16]

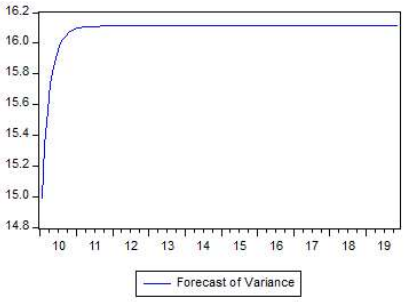


Forecast: URALF	
Actual: URAL	
Forecast sample: 2010M01 2019M12	
Adjusted sample: 2010M01 2019M11	
Included observations: 119	
Root Mean Squared Error	6.954176
Mean Absolute Error	6.893860
Mean Abs. Percent Error	9.944795
Theil Inequality Coefficient	0.040411
Bias Proportion	0.982729
Variance Proportion	0.000017
Covariance Proportion	0.017254
Theil U2 Coefficient	1.385869
Symmetric MAPE	9.402429





Forecast: BRENTF	
Actual: BRENT	
Forecast sample: 2010M01 2019M12	
Adjusted sample: 2010M01 2019M11	
Included observations: 119	
Root Mean Squared Error	3.586433
Mean Absolute Error	3.007337
Mean Abs. Percent Error	4.130288
Theil Inequality Coefficient	0.021281
Bias Proportion	0.013446
Variance Proportion	0.043123
Covariance Proportion	0.943431
Theil U2 Coefficient	0.701120
Symmetric MAPE	4.084277



[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-16]

منابع

احدی‌فر، سعید (۱۳۸۴). یک تحلیل فشرده: شیوه‌های مبادلات نفت‌خام در بازارهای بین‌المللی (۲۰۰۴-۱۹۱۰). راهبرد توسعه، ۵۰۴-۵۱۷.

ترازنامه هیدروکربوری (۱۳۹۶). ترازنامه هیدروکربوری کشور سال ۱۳۹۴، گروه ترازنامه هیدروکربوری مؤسسه مطالعات بین‌المللی انرژی، تهران: ساختمان مرکزی وزارت نفت

چراغی، میترا و محمد نصیری (۱۳۹۳)، بررسی اهداف و کنوانسیون‌های سازمان بین‌المللی دریانوردی، اولین کنفرانس بین‌المللی یافته‌های نوین در علوم کشاورزی، منابع طبیعی و محیط‌زیست، تهران، انجمن توسعه و ترویج علوم و فنون بنیادین

رضوی، سیدعبداله (۱۳۹۷). بررسی اعمال محدودیت درجه سولفور سوخت دریایی توسط IMO بر روی پالایشگاه‌ها و بازار نفت کوره. همایش سراسری محیط‌زیست انرژی و منابع طبیعی پایدار.

سلیمانی دینانی، پرویز، پورصابری، طاهره، غنی‌زاده، فرزانه (۱۳۸۸). سولفور در نفت‌خام و محصولات آن - مشخصات و روش‌های آنالیز. تهران: پژوهشگاه صنعت نفت.

سوری، علی (۱۳۹۴)، اقتصاد سنجی، چاپ سوم، فرهنگ شناسی

شیخ الاسلامی، عبدالرضا، ایلاتی، غلامرضا و افتخاری یگانه، یونس (۱۳۱۴). بررسی روش تعیین مقدار تقاضای سوخت کشتی‌های تجاری و محاسبه میزان تقاضا در منطقه خلیج فارس. پنجمین کنگره ملی مهندسی عمران.

عرشی، علی اصغر (۱۳۹۷). چالش‌ها و فرصت‌های حاصل از قوانین IMO.NITC. ترکیه.

علیمرادی، محمد و مهاجری، سولماز (۱۳۹۵). بررسی ارزیابی کارایی آتی کرک اسپرد در پیش‌بینی قیمت نفت خام. فصلنامه علمی پژوهشی دانش سرمایه‌گذاری، ۱۸۷-۲۰۵.

کارولو، سالواتوره (۱۳۹۳)، کالبد شکافی قیمت نفت در بازارهای جهانی، ترجمه کهن هوش‌نژاد، روح الله، نشر نی.

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-16]

مرتضی‌پور و همکاران (۱۳۹۲) بررسی رکود اقتصاد جهانی و تحریم‌ها در صنعت حمل و نقل دریایی، سایت جامع مدیریت مدییار.

Abdel-Halim, T., Yu, M. (2018). Study evaluates refiners' options to meet 2020 bunker fuel sulfur rules. Oil Gas J PennWell Corporation, Houston, Texas, USA.

Allen, C. H. (2008). Revisiting the Thames Formula: The Evolving Role of the International Maritime Organization and Its Member States in Implementing the 1982 Law of the Sea Convention. San Diego Int'l LJ, 10, 265.

Arshi, Ali Asghar (2018). The IMPACT of The IMO's MARPOL Annex VI regulation with A GLOBAL SULPHUR CAP. Istanbul: Institute for International Energy Studies .

Asche, F., Gjølberg, O., & Völker, T. (2003). Price Relationships in the Petroleum Market: an Analysis of Crude Oil and Refined Product Prices. Energy Economics, *25*(3), 289-301

CONCAWE (2016). Marine Fuel Facts. The Oil Companies International Study Group for Conservation of Clean Air and Water in Europe.

Delft, C. E. (2016). Assessment of Fuel Oil Availability–final Report. Technical report, CE Delft, Strata's Advisors, UMAS, NMRI, Petro market Research Group, and Shinichi Hanayama, July.

EIA. (2019). The Effects of Changes to Marine Fuel Sulfur Limits in 2020 on Energy Markets. United state of America: U.S. Department of Energy.

Gilbert, P., Walsh, C., Traut, M., Kesieme, U., Pazouki, K., Murphy, A. (2018). Assessment of Full life-Cycle Air Emissions of Alternative Shipping Fuels. J. Clean. Prod. 172, 855–866

GMT (2013). Global Marine Trends 2030. Lloyd's Register, QinetiQ and Strathclyde University.

Halffa, Antoine,Younesb, Lara, Boersmaa,Tim (2019). The likely implications of the new IMO standards on the shipping industry. Energy Policy. 20(4), 257-230

IMO, (2016). Marine Environment Protection Committee (MEPC), 70th Session, 24-28 October 2016. IMO, London.

Molloy, N. (2016). The IMO's 2020 Global Sulfur Cap, What a 2020 sulfur constrained world means for shipping lines, refineries and bunker suppliers. S&P Global Platts.

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-16]

Obeid, F., Chu Van, T., Brown, R., Rainey, T., (2019). Nitrogen and Sulphur in Algal Bbiocrude: a Review of the HTL Process, Upgrading, Engine Performance and Emissions. Energy Converse. Manage. 181, 105–119.

Topali, D., &Psaraftis, H. N. (2019). The enforcement of the global sulfur cap in maritime transport. Maritime Business Review.

UNCLOS (1982), United Nations Convention on the Law of the Sea, United Nations.

Vermeire, M.B., (2012). Everything You Need to Know About Marine Fuels. Chevron Global Marine Products.

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-16]

Effect of Ship Fuel Sulfur Reduction Law on Iranian Oil Price (IMO Law)

Vida Varahrami[1], Seyyed Abdolah Razavi[2], Motahareh Hooshmand[3]

1. Assistant Professor in Shahid Beheshti, University, vida.varahrami@gmail.com

2. Assistant Professor, Energy Economics and Management Department, Petroleum Faculty of Tehran, Petroleum University of Technology, srazavi@put.ac.ir

3. Master in Economics, motahharehhooshmand@yahoo.com

Received: 2020/10/19 Accepted: 2020/11/23

Abstract

In recent decades, the increase of pollution from consumption of oil and petroleum products has led to development of many environmental laws. It is important for Iranian policy makers to be informed about the impact of such laws on oil prices, given the dependence of the country's budget on oil revenues. Under a new International Maritime Organization regulation passed in mid-2016, ships are required to use fuel with a maximum of half percent sulfur from the beginning of 2020. The rule reduces the demand for high-sulfur fuel oil products and increases demand for sweet crude oil for the production of low-sulfur products. The present study tested the effects of the rule on the price of benchmark Iranian oil prices, using the method of simultaneous equation system and daily time series data for the period 2010 to 2019. The results show that the rule has had a positive impact on Brent crude oil price and reduced the price of sour (Urals) crude in the Mediterranean market. This reduction in Urals crude price will lead to a reduction in the price of Iranian crude oil, which is among sour crude oils.

JEL Classification: E54

Keywords: Fuel Oil, International Maritime Organization, Simultaneous system equation method

*. Corresponding Author

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-11-16]