



فصلنامه علمی پژوهشی دانش سرمایه‌گذاری
سال پنجم / شماره هفدهم / بهار ۱۳۹۵

بررسی و ارزیابی کارایی آتی کرک اسپرد در پیش بینی قیمت نفت خام

محمد علیمرادی

دانشجوی دکتری اقتصاد نفت و گاز دانشگاه علامه طباطبائی
mdalimoradi@yahoo.com

سولماز مهاجری

کارشناسی ارشد ریاضیات مالی دانشگاه علامه طباطبائی: (عهده دار مکاتبات)
solmaz.mohajeri@gmail.com

تاریخ دریافت: ۹۴/۶/۱۸ تاریخ پذیرش: ۹۴/۹/۲۴

چکیده

در بازارهای نفت، به رابطه قیمتی نفت خام و فرآورده های حاصل از آن در عملیات تقطیر «کرک اسپرد» اطلاق می گردد. پالایشگاه ها از فعالان اصلی بازار نفت، عمدتاً در معرض ریسک کرک اسپرد قرار دارند. فعالیت پالایشگاه با هدف حداکثر کردن کرک اسپرد صورت می گیرد. به هر روی، مصرف کنندگان نفت همواره در معرض ریسک کرک اسپرد هستند. صندوق های سرمایه گذاری به طور عمده جهت سفته بازی و کسب سود در بازار نفت از کرک اسپرد استفاده می کنند. با توجه به حجم بالای معاملات آتی کرک اسپرد در بازار های نفت، این سوال مطرح می شود که آیا آتی کرک اسپرد می تواند یک پیش بینی کننده کارا از تغییرات قیمت نفت خام باشد. ما در ابتدا در قالب یک مدل تصحیح خطای برداری بررسی می کنیم که آیا رابطه معناداری بین آتی کرک اسپرد و بازار نقدی نفت خام وجود دارد یا خیر. یافته ها نشان می دهد که در ادواری که قیمت نفت خام با افزایش همراه است رابطه علی دو طرفه بین آتی کرک اسپرد و قیمت نقدی نفت خام وجود دارد اما در بازار با ثبات یا کاهشی رابطه علی دو متغیر ضعیف تر می شود. در انتها نیز کارآمدی آتی کرک اسپرد را در مقایسه با آتی نفت خام در پیش بینی قیمت نفت مورد بررسی قرار می دهیم. نتایج نشان می دهد که آتی کرک اسپرد قدرت بالایی در پیش بینی قیمت نفت خام دارد.

واژه های کلیدی: قیمت نفت، آتی نفت، کرک اسپرد.

۱- مقدمه

اهمیت نفت و نوسانات قیمت آن، تقاضا را برای پوشش و مدیریت ریسک های آن افزایش داده است. حاضران در بازار صنعت نفت در طی بیست سال گذشته از مشتقات برای کاهش خطر مواجهه با نوسانات بالای قیمت نفت استفاده کرده اند. این امر منجر به توسعه و تعمیق مقالاتی با موضوع رابطه بین آتی نفت خام و قیمت ها در بازار نقدی شده است. در تئوری رابطه بین قیمت‌های آتی و نقدی با «هزینه های انبارداری»^۱، «نرخ بهره» و «ثمرات رفاهی»^۲ توضیح داده می شود. این رابطه نظری را می توان همچنین در ارزیابی کارایی بازار نفت و کشف قیمت نفت خام مورد استفاده قرار داد.

در برخی مقالات خصوصیات هم انباشتگی بازارهای آتی و نقدی، شواهدی از کارایی در بازار نفت خام ارائه می دهد. «موسی و سیلوپوله»^۳ رابطه بین قیمت‌های آتی و نقدی نفت خام وست تگزاس اینترمدیت را با استفاده از یک نمونه آمار روزانه مورد بررسی قرار دادند. آنها دریافتند که جهت علیت بین این دو، بستگی به این دارد که رابطه خطی باشد یا غیرخطی. در رابطه خطی آزمون علیت نشان داد که جهت علیت از آتی به سمت نقدی است اما در رابطه غیرخطی، این رسیدند که بازارهای نفت در بلندمدت کارا و در کوتاهمدت ناکارا هستند. این امر منجر به آن شد که سایر روش ها جهت پیش بینی در بازار نفت خام توسعه یابد. از جمله این روش ها می توان به روش پیش بینی ناپارامتریک اشاره کرد که توسط «مورانا»^۴ مورد استفاده قرار گرفت. در سال های اخیر نیز «کوپولا»^۵ شواهدی از هم انباشتگی بین قیمت نقدی نفت و قراردادهای آتی پیدا کرد. وی با استفاده از مدل تصحیح خطای برداری دریافت که اطلاعات بازار آتی نفت خام می تواند قسمت عمده تغییرات قیمت نفت را توضیح دهد.

در مقایسه رابطه بین بازارهای آتی نفت خام و بازار نقدی آن، مطالعات اندکی به رابطه بین بازار نفت خام و بازار فرآورده های نفت اختصاص یافته است. از جمله این مطالعات می توان به مطالعه «گریما و پولسون»^۶ و «گولبرگ و جانسون»^۷ اشاره کرد. در هر دو مقاله به بررسی حرکت‌های قیمت نفت خام و فرآورده های پالایشی آن پرداخته شده و وجود یک رابطه قیمتی بلندمدت بین آنها بررسی شده است.

در تحقیق حاضر هدف بر آن است که ارتباط بین قیمت نفت خام و قیمت فرآورده های پالایشی نفت خام مورد بررسی بیشتر قرار گیرد. لذا در این راستا، رابطه پویای بین قیمت نفت خام و قیمت آتی کرک اسپرد و همین طور قیمت آتی نفت خام مورد بررسی قرار می گیرد. به تفاوت بین نفت خام و فرآورده های پایه آن «کرک اسپرد» گفته می شود. ابزارهای مالی کرک اسپرد به فعالان بازار کمک می کند تا ریسک قیمت خود را در بازار انرژی مدیریت کنند. در صنعت نفت، پالایشگاه ها کمتر توجهی به سطح قیمت محصولات خود داشته و بیشتر نگران تفاوت بین قیمت نهاده ها و محصولات خود هستند. سود پالایشگاه ها به طور مستقیم به کرک اسپرد بستگی دارد زیرا پالایشگاه ها می توانند با اطمینان بالا هزینه های سربار خود را پیش بینی کنند اما قادر به پیش بینی دقیق قیمت نفت خام و قیمت فرآورده ها نیستند. لذا اسپرد، نا اطمینانی اصلی شرکت می باشد. پالایشگاه می تواند از طریق بکارگیری و معامله آتی یا اختیار کرک اسپرد در بازار مالی، ریسک اسپرد خود را پوشش دهد.

فرآورده های نفت خام از قبیل بنزین و نفت سفید از طریق تصفیه نفت خام بدست می آیند. تحلیل گران بازار نفت عمدتاً اعتقاد دارند که قیمت این فرآورده های نفتی اطلاعات مفیدی درباره پیش بینی قیمت نفت خام در خود دارند. به خصوص تغییرات در قیمت کرک اسپرد - به عنوان اختلاف قیمت فرآورده های اصلی نفت یعنی بنزین و نفت سفید و قیمت نفت خام - می تواند الگویی برای تغییرات قیمت نفت خام ارائه دهد. به عنوان مثال در آوریل سال ۲۰۱۳ گلدمن ساکس^۱، به دنبال کاهش شدید در کرک اسپرد، پیش بینی خود را از قیمت نفت کاهش داد زیرا کاهش کرک اسپرد به معنی کاهش تقاضا برای محصولات نهایی بود. همچنین در سال ۲۰۱۱ نهاد تحلیل گر و مشاوره حوزه انرژی، کنت مورس^۲ با تکیه بر اینکه قیمت کرک اسپرد افزایش یافته بود پیش بینی نمودند که قیمت نفت خام افزایش می یابد.

اقتصاددانان انرژی در سال های اخیر در حوزه پیش بینی قیمت نفت خام مطالعات زیادی انجام داده اند اما در این مطالعات قدرت کرک اسپرد در پیش بینی قیمت نفت خام نادیده گرفته شده است. ما در این مقاله به این سوال پاسخ خواهیم داد که آیا اقتصاددانان عنصر مهمی را در پیش بینی های خود از قیمت نفت نادیده گرفته اند یا خیر.

در ادامه ابتدا به تعریف و تشریح مفهوم کرک اسپرد و معامله آن در بازارهای مالی می پردازیم. در بخش سوم به فرضیه ورلگر اشاره می شود که مبنای نظری کار ما را فراهم می کند ورلگر ادعان دارد که تقاضای نفت خام تقاضای مشتقه از تقاضای محصولات نفت خام می باشد و لذا می توان از قیمت محصولات نفت خام برای توضیح قیمت نفت خام استفاده کرد. در قسمتهای باقیمانده هم نحوه گردآوری داده ها، روش تحقیق و نتایج برآوردها و در نهایت هم نتیجه گیری ارائه می شود.

۲- مبانی نظری و مروری بر پیشینه پژوهش

اکثر مقالات جدید در حوزه کرک اسپرد بر مدل سازی استراتژی های پوشش ریسک با استفاده از مشتقات کرک اسپرد تاکید دارند و کمتر به پیش بینی پذیر بودن بازار نفت خام با استفاده از مشتقات کرک اسپرد توجه شده است. در این مقاله ما سعی داریم که به بررسی رابطه بین قیمت نفت خام در بازار نقدی و قیمت آتی کرک اسپرد بپردازیم و ضمن بررسی میزان کارایی مشتقات کرک اسپرد در پیش بینی قیمت نفت خام، آن را با کارایی مشتقات نفت خام در پیش بینی ها مقایسه کنیم.

پیش بینی قیمت نفت چشم انداز اقتصادی کشورهای وارد کننده و صادر کننده نفت را تحت تأثیر خود قرار می دهد. لذا توجه به این پیش بینی ها ضروری است. رویکرد مهمی در زمینه پیش بینی قیمت نفت که تا امروز به آن توجه چندانی نشده است بر اساس این فرض استوار است که تقاضا برای نفت خام از تقاضا برای محصولات پالایش شده نظیر بنزین و نفت سفید ناشی می شود.

همان طور که پیش تر بدان اشاره شد در صنعت نفت، پالایشگاه ها عمدتاً نگران تفاوت بین هزینه نهاده های خود و قیمت محصولاتشان هستند لذا همواره به دنبال پوشش ریسک تفاوت بین این دو قیمت هستند. سود پالایشگاه مستقیماً به این تفاوت (اسپرد) یعنی تفاوت قیمت نفت خام و قیمت محصولات پالایشی مانند

بنزین، گازوییل، نفت سفید و سوخت جت می باشد. به این تفاوت قیمت «کرک اسپرد» گفته می شود. به این دلیل به آن کرک اسپرد گفته می شود که در واقع در پالایشگاه و در فرآیند پالایش نفت خام، نفت خام «کرک (تجزیه)» می شود تا محصولات نهایی حاصل شود. یک پالایشگاه نفت، با دو بازار مختلف سر و کار دارد. یکی بازار مواد خام (نفت خام) که پالایشگاه نفت خام مورد نیاز خود را از این بازار تهیه می کند و دوم بازار فرآورده های نهایی که پالایشگاه تولیدات خود را در این بازار به فروش می رساند. قیمت نفت خام و قیمت فرآورده های پالایش شده اصلی آن، نفت سفید و بنزین بدون سرب، معمولاً به صورت مستقلی در معرض تغییرات عرضه، تقاضا، تولیدات اقتصادی، مقررات زیست محیطی و دیگر فاکتورها هستند. در واقع، پالایشگاه ها و بازارهایی که یکپارچه نیستند بخصوص زمانی که قیمت نفت خام افزایش یابد، در معرض ریسک های فراوانی قرار می گیرند. اما زمانی که قیمت های محصولات نهایی ثابت بماند و یا کم شود، در چنین وضعیتی کرک اسپرد پالایشگاه کاهش پیدا می کند. از آنجا که پالایشگاه در هر دو بازار حضور دارد ریسک به مراتب بیشتری نسبت به کسانی دارد که فقط در یکی از دو بازار نفت خام و فرآورده های نفتی حضور دارند. لذا ابزاری در بازارهای مالی دنیا تحت عنوان آتی و اختیارات کرک اسپرد ایجاد شده است که به پالایشگاه این امکان را می دهد با استفاده از آن ریسک نوسانات خود را حداقل کند.

فعالان بازار با استفاده از قراردادهای مشتقه کرک اسپرد (آتی و اختیار) در بورس کالای نیویورک بیش از یک دهه است که نفت سفید، بنزین و آتی های نفت خام را مورد معامله قرار می دهند. در سال های اخیر استفاده از قراردادهای آتی کرک اسپرد، در پاسخ به نوسانات ناگهانی قیمت که در نتیجه تغییرات ناگهانی آب و هوا یا بحران های سیاسی بوجود آمده، کاربرد وسیعی پیدا کرده است.

سایر تغییرات شرایط بازار با اینکه ممکن است کم اهمیت باشند، می تواند تأثیرات چشمگیری روی قیمت ها بگذارد. بحث های اخیر در خصوص قوانین محیط زیستی حاکم بر فرموله کردن بنزین و نیز محتویات گوگردی سوخت های تقطیری در بازار، تأثیرات قابل ملاحظه ای داشته اند. هر پالایشگاهی باید دارای موقعیت ویژه خود باشد و استراتژی بازار آتی های قراردادهای کرک اسپرد را متناسب با عملکرد بازار معاملات نقدی ویژه خود تعیین کند.

در فرآیند تصفیه نفت، تولید بنزین تقریباً دو برابر «فرآورده های سوختی برج تقطیر»^۱ است. فرآورده های سوختی مشتمل بر نفت سفید و بنزین می باشد که از نظر شیمیایی شبیه به هم هستند. این نسبت بسیاری از فعالان بازار را به سمت الگوی قراردادهای کرک اسپرد ۳:۲:۱ هدایت می کند. سه قرارداد آتی نفت خام در مقابل دو قرارداد بنزین و یک قرارداد نفت سفید. معمولاً پالایشگاهی که بازده کمتر در تولید بنزین نسبت به فرآورده های تقطیری دارد، ممکن است دیگر انواع اسپردها مانند ۵:۳:۲ را امتحان کند.

کرک اسپرد با واحد دلار به ازای هر بشکه شناسایی می شود. برای بدست آوردن آن ابتدا باید ارزش ترکیبی بنزین و نفت سفید بدست آید، این مقدار سپس با قیمت نفت خام مقایسه می گردد. با توجه به اینکه نفت خام به صورت دلار در هر بشکه بیان می شود اما فرآورده های آن به صورت سنت در هر گالن بیان می شوند، برای بیان قیمت های بنزین و نفت سفید به صورت دلار در هر بشکه، از طریق ضرب کردن قیمت سنت بر گالن در

عدد ۴۲ بدست آید. اگر ارزش ترکیبی محصولات بالاتر از قیمت نفت خام باشد حاشیه کرک ناخالص^{۱۱} مثبت است. برعکس، اگر ارزش ترکیبی از محصولات کمتر از نفت خام باشد، حاشیه کرک ناخالص منفی است.

۲-۱- معاملات کرک اسپرد

در بازارهای مالی نوین امروزی، انواع مختلف ابزارهای مالی توسعه یافته و مورد استفاده قرار می‌گیرند. یکی از کارکردهای مهم این ابزار، پوشش ریسک نوسانات قیمت تولیدکنندگان ریسک‌گریز می‌باشد. صنایع نفت و گاز از جمله صنایعی محسوب می‌شود که علاوه بر سرمایه‌بری بسیار بالا، از ریسک‌های زیادی نیز برخوردارند. از این رو مشاهده می‌شود که ابزارهای متنوعی مالی در این صنعت طراحی شده است که امکان حداقل کردن ریسک را به سرمایه‌گذار داده است. از جمله مهمترین بخش‌های صنعت نفت و گاز می‌توان به پالایشگاه‌ها اشاره کرد که علاوه بر ریسک‌های جریان تولید در عرصه بازارهای خرید مواد اولیه و فروش محصولات، از ریسک بسیار بالایی برخوردار هستند. پالایشگاه‌ها همواره در معرض ریسک افزایش قیمت نفت خام و کاهش قیمت فرآورده‌های تولیدی هستند. روش‌های مختلفی برای مدیریت ریسک قیمت در پالایشگاه وجود دارد اما ابداع کرک اسپرد در بازارهای مالی راهی مناسب برای پوشش ریسک قیمت پالایشگاه‌ها گشوده است. زمانی که خروجی یک پالایشگاه تغییر می‌یابد و باید با متغیرهای فصلی عرضه/تقاضا سازگار شود، انواع مختلف کرک اسپرد برای پوشش نسبت‌های مختلف نفت خام به فرآورده‌های پالایشی وجود دارد که در ادامه به برخی از آنها اشاره می‌شود.

۲-۲- کرک اسپرد ساده ۱:۱

یکی از انواع رایج کرک اسپرد نوع ساده آن یا کرک اسپرد ۱:۱ می‌باشد که در اصل حاشیه سود پالایشگاه بین نفت خام و محصولات پالایش شده می‌باشد. این قرارداد از طریق فروش آتی‌های محصولات پالایش شده (بنزین و نفت سفید) و خرید آتی‌های نفت خام، اجرا می‌شود. بنابراین اگر ارزش محصولات پالایش شده بیشتر از ارزش مواد خام شود، کرک اسپرد مثبت می‌شود (با واحد دلار در هر بشکه). شایان ذکر است که قیمت‌های «نفت سفید» و «بنزین» به صورت سنت به ازای هر گالن بیان می‌شود، پس برای اینکه قابل محاسبه باشند باید به صورت بشکه بیان شوند.

با توجه به این که پالایشگاه‌ها بطور پیوسته در حال خرید نفت خام و فروش محصولات پالایش شده برای حفظ عملیات خود هستند معمولاً در موقعیت خرید کرک اسپرد قرار می‌گیرند. اگر آن‌ها انتظار داشته باشند قیمت‌های نفت خام ثابت می‌ماند یا تا حدودی افزایش خواهد یافت و قیمت‌های فرآورده‌های پالایش شده کاهش می‌یابند (نفت خام بالا رود و نفت سفید و بنزین پایین بیاید) آن‌ها کرک را خواهند فروخت. در واقع آن‌ها آتی‌های بنزین و نفت سفید را خواهند فروخت و آتی‌های نفت خام را خواهند خرید.

۲-۳- کرک اسپردهای ۳:۲:۱ و ۵:۳:۲

استراتژی های پوششی مختلفی وجود دارند که می تواند برای پوشش ریسک پالایشگاه ها مناسب باشد، این بحث یکی از کارکردهای جالب کرک اسپردها است. بنابراین برای اینکه ریسک پالایشگاه به صورت مناسبی پوشش داده شود نیاز است که نسبت درستی در کرک اسپرد محاسبه شود.

همانند ترازنامه، کرک اسپرد نیز نیاز به تراز شدن دارد. بنابراین اگر پالایشگاه به تولیدات بنزین دو برابری نسبت به فرآورده های سوختی تقطیر داشته باشد، باید کرک اسپرد ۳:۲:۱ را به کار ببرد. خرید سه آتی نفت خام فروش دو آتی بنزین و فروش یک آتی نفت سفید (۳=۲+۱). یا ممکن است پالایشگاه نفت خام را در نسبت گاز کمتری نسبت به بازده نفت سفید به کار ببرد. در اینصورت نسبت ۵:۳:۲ برای ریسک پالایشگاه مناسب تر است.

۲-۴- معاملات کرک با استفاده از اختیارات

اختیارات کرک اسپرد در بازار بورس معمولاً از نسبت ۱:۱ هستند، این اختیارات ممکن است کاملاً متناسب با ریسک پالایشگاه نباشند، با این وجود دارای مزایای زیادی هستند.

(۱) یک اختیار خرید به فعالان بازار این امکان را می دهد که خود را در مقابل تغییرات اسپرد و قیمت

محافظت کنند. این اختیار می تواند به عنوان یک سیاست بیمه ای در نظر گرفته شود.

(۲) یک اختیار فروش به پالایشگاه این امکان را می دهد تغییرات حاشیه سود خود را محدود کنند بدون

اینکه از شناسایی سود های بازاری اضافی جلوگیری نمایند.

(۳) فروش یک اختیار به معامله گران و پالایشگاه ها این امکان را می دهد که درآمدهای بیشتری را

تضمین نمایند.

(۴) به صورت طبیعی، اختیارات این "حق" را و نه اجبار به دارنده آن می دهد تا به حاشیه سود دست

یابد. پوشش بوسیله آتی ها رسیدن به سود را تضمین می کند.

۲-۵- پیشینه پژوهش

مقاله ما مبتنی بر این فرضیه است که قیمت نفت خام را می توان بر اساس میانگین قیمت وزنی فرآورده های آن بیان نمود. این فرضیه در اقتصاد انرژی از قدمت طولانی برخوردار است. پالایشگاه ها، تنها در صورتی نفت خام را خریداری می کنند که با توجه به قیمت فرآورده های آن بتوانند به یک سود معقول دست یابند.

ایده تقاضای مشتق شده، از گذشته مورد مطالعه در بازارهای نفت بوده است. بعنوان مثال ورلگر (۱۹۸۲) ادعا

کرد قیمت های نقدی بازار برای محصولات نفتی، از مشخصه های اولیه قیمت های نفت خام هستند، با این فرض

که قیمت نفت خام بعنوان میانگین وزنی قیمت های محصولات نفت خام است. دیدگاه مشترک در این زمینه

این است که پالایشگاه ها در بازارهای محصول خود را قیمت پذیر می بینند و حجم تولیداتشان وقتی که قیمت

نفت خام در قیمت متناسب با قیمت محصولاتشان نیست، کاهش می دهند. در این زمان، کاهش در تقاضای

نفت خام، قیمت نفت خام و کاهش متناظر با عرضه محصولات، باعث افزایش قیمت‌ها خواهد شد (ورلگر ۲۰۱۱). این استدلال پیشنهاد می‌دهد که تفاوت بین قیمت‌های بازار محصولات پالایش شده و قیمت خرید نفت خام باید دارای قدرت پیشگویی برای قیمت نفت خام باشد. این فرضیه با نام فرضیه ورلگر شناخته می‌شود که در کارهای ورلگر اولویت دارد، اما به یاد داشته باشید این دیدگاه در میان تحلیلگران صنعت بطور وسیعی مورد استفاده است.

استدلال مشابهی در بازارهای مالی مورد توجه است. مرسوم است که قراردادهای آتی و اختیارات بر اساس کرک اسپرید معامله شود. در واقع کرک اسپرید بیانگر نسبت تقریبی است که در آن محصولات پالایش شده مانند بنزین یا نفت سفید از نفت خام تولید می‌شود. انواع مختلف کرک اسپرید در پالایشگاه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد، نمونه رایجی که به کار برده می‌شود نسبت ۳:۲:۱ است که به توانایی پالایشگاه برای تولید دو بشکه نفت و یک بشکه نفت سفید و سه بشکه نفت خام اشاره دارد. به دلیل این که اسپرید بین قیمت‌های نفت خام و قیمت‌های محصول پالایش شده مهمترین انگیزه حاشیه سود پالایشگاه است، قراردادهای آتی و اختیاراتی ایجاد شده اند که به شرکت‌های پالایشگاهی این امکان را می‌دهند که ریسک قیمت را متناسب با کرک اسپرید کاهش دهند.

معامله‌گران کرک اسپرید را در قالب قراردادهای آتی با سررسید h بصورت زیر تعریف می‌کنند.

$$\frac{2}{3} F_{t+h,t}^{gasoline} + \frac{1}{3} F_{t+h,t}^{heatingoil} - 1 F_{t+h,t}^{crudeoil}$$

سوال اساسی که پیش می‌آید این است که آیا اطلاعات اسپرید قیمت محصولات (حاشیه‌های تولید) برای بهبود پیش‌بینی تغییر ناپذیر قیمت نفت خام کاربرد دارد. بعنوان مثال اوانس ۱۲ (۲۰۰۹) با استفاده از نظریه ورلگر کاهش قیمت نفت را بر اساس ضعیف شدن کرک اسپرید ۳:۲:۱ در بورس نایمکش پیش‌بینی کرد. همان‌طور که اشاره شد ایده استفاده از قیمت‌های محصولات نفتی برای توضیح قیمت نفت خام به ورلگر (۱۹۸۲) بر می‌گردد که اظهار داشت ارزش یک بشکه نفت خام V در زمان t را می‌توان به صورت

میانگین وزنی از قیمت‌های اسمی بازار محصولات اصلی یک پالایشگاه P_t^i توصیف کرد:

$$V_t = \sum_{i=1}^n w_i P_t^i \quad (1)$$

که در آن وزن‌های w_i ، نشان‌دهنده محدودیت‌های فنی و تکنولوژیکی هستند. در یک بازار رقابتی قیمت نقدی نفت خام P_t^{oil} که پالایشگاه حاضر است با در نظر گرفتن هزینه انتقال S_t و هزینه‌های پالایشگاه C_t در رابطه زیر صدق می‌کند.

$$P_t^{oil} = V_t - S_t - C_t$$

که هزینه‌ها ثابت در نظر گرفته می‌شوند، در این صورت می‌توان استنباط کرد:

$$P_t^{oil} = \sum_{i=1}^n w_i P_t^i \quad (2)$$

و در نتیجه خواهیم داشت:

$$P_{t+h}^{oil} = \sum_{i=1}^n w_i P_{t+h}^i \quad (3)$$

که P_{t+h}^{oil} بیانگر قیمت نقدی محصول i در لحظه $t+h$ است.

ورلگر (۲۰۱۱) نشان داد که چگونه مدل آماری معادله (۳) قیمت نفت را پیش بینی می‌کند. هدف ما استخراج مدل پیش بینی مناسبی از تجزیه ورلگر است که می‌تواند در دنیای واقعی برای پیش بینی‌های خارج از نمونه به کار رود. همانگونه که در ادامه نشان می‌دهیم از معادله (۳) نتایج مختلفی می‌توان گرفت.

۳-۱- استفاده از تفاوت قیمت آتی و نقدی

با استفاده از اطلاعات در روز t ام امید شرطی معادله (۳) به صورت زیر خواهد بود:

$$EP_{t+h|t}^{oil} = \sum_{i=1}^n w_i EP_{t+h|t}^i \quad (4)$$

در حالی که صرف ریسک^{۱۳} نداشته باشیم، آربیتراژ تضمین می‌کند که امید قیمت‌های نقدی بازار برای محصول i برابر قیمت آتی‌های جاری محصول i است.

$$EP_{t+h|t}^i = F_{t+h,t}^i \quad (5)$$

ترکیب معادلات (۴) و (۵) نتیجه می‌دهد:

$$EP_{t+h|t}^{oil} = \sum_{i=1}^n w_i F_{t+h,t}^i \quad (6)$$

که در آن $F_{t+h,t}^i$ قیمت آتی‌های محصول i در لحظه t با سررسید دوره‌های h است. با تقسیم طرفین معادله (۶) بر P_t^{oil} و لگاریتم گرفتن از دو طرف رابطه داریم:

$$\log\left(\frac{EP_{t+h|t}^{oil}}{P_t^{oil}}\right) = \log\left(\sum_{i=1}^n w_i F_{t+h,t}^i\right) - \log(P_t^{oil}) \quad (7)$$

با استفاده از تقریب رابطه فوق را به صورت زیر می‌توان نوشت:

$$E(p_{t+h|t}^{oil} - p_t^{oil}) = \log\left(\sum_{i=1}^n w_i F_{t+h,t}^i\right) - p_t^{oil} \quad (8)$$

که در آن حروف کوچک نشان‌دهنده لگاریتم طبیعی قیمت‌ها است.

$$E(p) = \sum p f(p) \quad \text{و} \quad E(\Delta) = \Delta(E)$$

معادله (8) یک مدل رگرسیونی را نشان می‌دهد:

$$\Delta p_{t+h|t}^{oil} = \alpha + \beta \left[\log\left(\sum_{i=1}^n w_i F_{t+h,t}^i\right) - p_t^{oil} \right] + \varepsilon_{t+h} \quad (9)$$

که در آن α, β به صورت بازگشتی از روش حداقل مربعات بدست آمده است و

$$\Delta p_{t+h|t}^{oil} = p_{t+h|t}^{oil} - p_t^{oil}$$

۳-۱-۱- مدل اسپرد آتی ساده

این مدل را برای تنها یک محصول i وقتی بنزین یا نفت سفید است داریم: از معادله (9) در حالتی که w_i می‌تواند مقادیر صفر یا یک اختیار کند داریم:

$$\Delta p_{t+h|t}^{oil} = \alpha + \beta [f_{t+h,t}^i - p_t^{oil}] + \varepsilon_{t+h} \quad (10)$$

که در آن $f_{t+h,t}^i$ لگاریتم قیمت آتی‌های محصول i ام در لحظه t با سررسید های h است.

۴- مدل پژوهش

تشخیص اینکه محصول‌های پالایش شده تقریباً چه نسبت ثابتی از یک بشکه نفت خام را تشکیل می‌دهند حائز اهمیت است. در توصیف فرآیند پالایش، معمولاً محصولات پالایش شده‌ای که کمتر مهم هستند مانند سوخت جت نادیده گرفته می‌شود و به جای آن بنزین و نفت سفید مورد توجه قرار می‌گیرد. همان‌طور که اشاره شد پالایش نفت خام معمولاً تشکیل شده از تولید دو بشکه بنزین و یک بشکه نفت سفید از تعداد سه بشکه نفت خام که به صورت تبدیل نفت خام به فرآورده (crack spread) ۳:۲:۱، شناخته می‌شود. معمولاً تبدیل نفت خام به فرآورده (crack spread) ها در بازرگانی به صورت قیمت‌های آتی در لحظه t و با سررسید های h در نظر گرفته می‌شوند، که به صورت زیر نمایش می‌دهیم:

$$F_{t+h,t}^{CS} = \frac{2}{3} F_{t+h,t}^{gas} + \frac{1}{3} F_{t+h,t}^{heat} - F_{t+h,t}^{oil} \quad (11)$$

و همه قیمت‌ها به صورت دلار به ازای هر بشکه است. $F_{t+h,t}^{gas}$ به قیمت آتی‌های بنزین در لحظه t با سررسید h اشاره دارد و $F_{t+h,t}^{heat}$ به قیمت آتی‌های نفت سفید در لحظه t با سررسید h اشاره می‌کند. این اسپردها با اسپردهای معادله (۱۰) تفاوت دارد. در حقیقت در یک حالت ما نسبت به قیمت نقدی جاری نرمال کردیم و در حالتی دیگر نسبت به قیمت آتی‌های جاری.

دیدگاه کلی که در بازارهای مالی نسبت به کرک اسپرد وجود دارد تغییرات مورد انتظار در قیمت نفت خام است. این دیدگاه توسط ورلگر (۲۰۱۱) بیان شده است. ورلگر مدلی را در نظر گرفت که در آن پالایشگاه‌ها خودشان را به عنوان قیمت‌پذیران در بازارهای تولید می‌دیدند و وقتی نفت خام را در یک قیمت مورد انتظار متناسب با قیمت‌های محصول مورد انتظار نمی‌دیدند حجم تولیدشان را متوقف می‌کردند. همانگونه که ورلگر بیان می‌کند، در این زمان، این کاهش تقاضا برای نفت خام، قیمت نقدی نفت خام را کاهش می‌دهد و نیز کاهش متناسب در عرضه محصولات باعث افزایش قیمت‌ها خواهد شد. این استدلال پیشنهاد می‌کند که تفاوت بین قیمت‌های آتی‌های بازار محصول پالایش شده و قیمت خرید نفت خام برای تحویل در آینده باید دارای قدرت پیشگویی برای قیمت نقدی نفت خام باشد و مدل پیش‌بینی زیر را نتیجه می‌دهد:

$$\Delta p_{t+h,t}^{oil} = \alpha + \beta \left[\frac{2}{3} F_{t+h,t}^{gas} + \frac{1}{3} F_{t+h,t}^{heat} - F_{t+h,t}^{oil} - p_t^{oil} \right] + \varepsilon_{t+h} \quad (12)$$

لذا در این مقاله نیز ما به دنبال تبیین، برآورد و تحلیل معادله شماره (۱۲) هستیم. در واقع رابطه (۱۲) مبنای نظری تحلیل ما را نشان می‌دهد.

۵- روش شناسی پژوهش

داده‌ها مشتمل بر سری زمانی هفتگی قیمت قراردادهای آتی کرک اسپرد ۳:۲:۱ بورس نایمکس و داده‌های هفتگی قیمت‌های نقدی نفت وست تگزاس اینترمدیت می‌باشد. برای بدست آوردن قیمت کرک اسپرد از قیمت‌های قراردادهای آتی نفت خام سبک، نفت سفید و بنزین معامله شده در بورس نایمکس استفاده شده است. در یک کرک اسپرد مرسوم نهاده نفت خام و محصولات عمده بنزین و نفت سفید هستند. همچنین ما از نسبت معمول یعنی ۳:۲:۱ استفاده کرده ایم. بنزین و نفت سفید به عنوان محصولات پالایشگاه، با هم در قالب یک محصول و با قیمتی وزنی بر اساس وزن هر کدام در ترکیب محصول ترکیب می‌شوند. لذا قیمت نهایی کرک اسپرد نشان‌دهنده تفاوت بین قیمت محصول یعنی دو سوم قیمت بنزین و یک سوم قیمت نفت سفید و قیمت نهاده یعنی یک واحد نفت خام می‌باشد. داده‌ها از پایگاه‌های اطلاعاتی بوس نایمکس و اداره اطلاعات انرژی آمریکا استخراج شده است. دوره نمونه مورد نظر هم بین سال‌های ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۴ در نظر گرفته شده است. از

آنجا که استاندارد قراردادهای آتی بنزین و نفت سفید در سال ۲۰۰۸ دستخوش تغییر شده است لذا از داده‌های همگن پس از آن استفاده شده است.

هدف تحقیق حاضر این است که بررسی شود آیا می‌توان اطلاعاتی از بازار آتی‌ها اعم از آتی نفت خام یا آتی کرک اسپرد استخراج کرد که قیمت نفت خام را توضیح داده و پیش‌بینی نماید. روش تحقیقی ما، یک فرآیند دو مرحله‌ای است. در ابتدا رابطه تعادلی بلندمدت بین قیمت نقدی نفت خام، قیمت آتی نفت خام و آتی کرک اسپرد را استخراج کرده و سپس آزمون‌های علیت چند متغیره برای بررسی اثرات کوتاه مدت که متغیرها بر روی همدیگر دارند به کار گرفته می‌شود. به طور مشخص ما تاثیر آتی کرک اسپرد را بر قیمت نفت خام در بازار نقدی دنبال می‌کنیم.

برای ساده‌سازی از این پس قیمت نقدی نفت خام را با $crude_t$ و کرک اسپرد را با $crack_t$ نشان می‌دهیم. ساده‌ترین روش برای برآورد رابطه بین دو متغیر روش حداقل مربعات معمولی یا OLS می‌باشد. اما برای استفاده کامل از تمام اطلاعات موجود در تخمین رابطه بین دو متغیر، روش خودرگرسیون برداری یا VAR مقایسه با روش OLS، روش مناسبتری است. این مدل بر پایه روند تاریخی قیمت‌ها بنا می‌شود از این رو اطلاعات بیشتری در مدل وارد می‌شود. مدل خودرگرسیون برداری به صورت زیر قابل نمایش است:

$$\Delta crude_t = \alpha_{crude} + \sum_{i=1}^n \alpha_{11}(i) \Delta crude_{t-i} + \sum_{i=1}^n \alpha_{12}(i) \Delta crack_{t-i} + \varepsilon_{crude,t} \quad (13)$$

$$\Delta crack_t = \alpha_{crack} + \sum_{i=1}^n \alpha_{21}(i) \Delta crude_{t-i} + \sum_{i=1}^n \alpha_{22}(i) \Delta crack_{t-i} + \varepsilon_{crack,t} \quad (14)$$

در این دو معادله ε_{crack} و $\varepsilon_{crude,t}$ اجزای اخلال بوده که مستقل از هم هستند. اجزای اخلال در معادلات (۱۳) و (۱۴) بیانگر میزان تغییراتی از قیمت‌های نقدی نفت خام و آتی کرک اسپرد هستند که توضیح داده نشده باقیمانده‌اند.

معمولاً قیمت‌های آتی و نقدی نامانا و انباشته از مرتبه یک هستند. در معادلات بالا تفاضل مرتبه اول سری‌های زمانی استفاده شده بنابراین هر دو مانا بوده و برای تحلیل سری زمانی باکس-جنکینز^{۱۴} مناسب هستند. بنابراین معادلات بالا تصریح درستی دارند اما اگر قیمت نقطه‌ای و آتی‌ها هم‌انباشتگی داشته باشند آنگاه اجزای اخلال در معادلات VAR کارایی خود را از دست خواهند داد. با توجه به معادله انگل گرنجر^{۱۵} اگر لگاریتم هر دو متغیر قیمت نفت خام یعنی $crude_t$ و قیمت آتی کرک اسپرد یعنی $crack_t$ انباشته از درجه یک باشند و جزء خطای تصادفی مانا باشد، آنگاه گفته می‌شود دو متغیر $crude_t$ و $crack_t$ هم‌انباشته هستند. در این حالت قسمتی از تغییرات قیمت‌های نقدی نفت خام و آتی کرک اسپرد از طریق یک رابطه خطی بین دو متغیر قابل توضیح است. از این رو این جزء را باید به معادلات اضافه کرد تا در اجزای اخلال اطلاعات اضافی باقی‌مانده باشد. بنابراین مدل صحیح‌تر، مدل تصحیح خطا است. که به صورت زیر خواهد بود:

$$\Delta crude_t = \alpha_{crude} + \lambda_{crude} \hat{e}_{t-1} + \sum_{i=1}^n \alpha_{11}(i) \Delta crude_{t-i} + \sum_{i=1}^n \alpha_{12}(i) \Delta crack_{t-i} + \varepsilon_{crude,t}$$

$$\Delta crack_t = \alpha_{crack} + \lambda_{crack} \hat{e}_{t-1} + \sum_{i=1}^n \alpha_{21}(i) \Delta crude_{t-i} + \sum_{i=1}^n \alpha_{22}(i) \Delta crack_{t-i} + \varepsilon_{crack,t}$$

در این معادلات ε_t ، جزء اخلاص مانا است و \hat{e}_{t-1} جزء تصحیح خطا است. در این چارچوب ضرایب تخمین زده شده جزء خطاهای بلندمدت λ_{crack} و λ_{crude} هستند که نشان دهنده فرآیندی هستند که در آن دو متغیر $crude_t$ و $crack_t$ در کوتاهمدت در مسیرهای تعادلی بلندمدت خود چگونگی و با چه سرعتی تغییر می‌کنند. در این چارچوب، پویایی‌های کوتاهمدت به وسیله مقادیر وقفه‌ها نشان داده می‌شود. در حالتی که $\lambda_i = 0$ باشد به معنی عدم انباشتگی و نشان دهنده یک مدل VAR با متغیرهای تفاضلی مرتبه اول می‌باشد.

برای کل دوره زمانی داده‌ها، پایداری پارامترها مورد بررسی قرار می‌گیرد چرا که ممکن است به دلیل شوک‌های سیاسی یا اقتصادی رابطه پویایی بین پارامترهای مدل تغییر نماید. اگر یک شکست ساختاری در دوره زمانی نمونه ما وجود داشته باشد تخمین مدل با کل نمونه، نتایج قابل اعتماد در بر نخواهد داشت و آزمون فرضیه معتبر نخواهد بود. مطالعات و مقالات گذشته نشان می‌دهد که عدم موفقیت پیش‌بینی‌های اقتصادی عمدتاً به دلیل شکست‌های ساختاری بوده است که در ناپایداری پارامترهای مدل خود را نشان می‌دهد. برای به حساب آوردن این تغییرات در محیط مالی، ضرایب مدل باید انعطاف لازم را برای تغییر در طی دوره زمانی نمونه داشته باشد.

در این تحقیق برای بررسی شکست ساختاری از روش اندروز^{۱۴} استفاده می‌شود. اندروز با استفاده از مدل سری زمانی زیر، شکست ساختاری را مورد آزمون قرار می‌دهد تا نقطه شکست را پیدا کند.

$$y_t = \beta_t \chi_t + \delta D_t \chi_t + \varepsilon_t \quad (t = 1..T)$$

$$D_t = 1 \quad \text{if } t > T$$

$$= 0 \quad \text{if } t \leq T$$

و T^* نقطه شکست محتمل می‌باشد.

لذا در این آزمون، فرضیه صفر به صورت $H_0: \delta = 0$ است:

در صورتی که فرضیه صفر رد نشود به این معنی است که مدل دارای شکست ساختاری در نقطه مورد نظر است. این آزمون را در مورد همه نقاط محتمل شکست ساختاری انجام داده و نقاط شکست را استخراج خواهیم نمود. در صورتی که شکست ساختاری وجود داشته باشد استفاده از تحلیل تصحیح خطای برداری برای هر زیرمجموعه از داده‌های نمونه رابطه ساختاری دقیقتری را بین قیمت نفت خام و بازار آتی کرک اسپرد فراهم خواهد نمود.

۶- نتایج پژوهش

در بدو امر ضروری است مانا یا نامانا بودن متغیرها مورد بررسی قرار بگیرد. از این رو آزمون ریشه واحد بر اساس آزمون دیکی-فولر در مورد متغیرها صورت گرفته است که بر اساس نتایج آن که در جدول (۱) آمده است، همه متغیرها یعنی قیمت نقطه ای و آتی نفت خام و قیمت آتی کرک اسپرد در سطح اطمینان ۹۵ درصدی نامانا و از مرتبه یک هستند از این رو تفاضل مرتبه اول آنها مانا خواهد بود.

با توجه به این که متغیرهای موجود در معادله VAR به صورت تفاضلی هستند از این رو اگر بین متغیرها هم‌انباشتگی وجود داشته باشد این نوع تصریح معادله صحیح نخواهد بود و باید جزء تصحیح خطا به معادله افزوده شود. از این رو در ادامه به بررسی و آزمون هم‌انباشتگی بین متغیرها پرداخته شده است. آزمون مورد نظر با استفاده از آزمون جوهانسون بررسی شده است که نتایج آن در جدول (۲) آمده است که بر اساس آن حداقل یک رابطه هم‌انباشتگی بین متغیرها قابل تصور است. به عبارتی فرضیه صفر عدم وجود هم‌انباشتگی در سطح ۵ درصد رد می‌شود. بر این اساس می‌توان نتیجه گرفت که قیمت‌ها در هر دو بازار در بلندمدت با هم ارتباط دارند. با رد فرض عدم وجود رابطه هم‌انباشتگی بین متغیرها ضروری است که جزء تصحیح خطا به معادله افزوده شود. از این رو در ادامه تخمین VECM صورت گرفته است. نتایج حاصل از تخمین مدل تصحیح خطای برداری در جدول شماره (۳) نشان داده شده است. رابطه تعادلی بلندمدت برآورد شده برای کل نمونه هم به شکل زیر است:

$$\hat{e}_{t-1} = crack_{t-1} - 2.87crude_{t-1} + 10.05$$

همان‌طور که در جدول شماره (۳) مشخص است ضریب جز خطای تصحیح \hat{e}_{t-1} معنی‌دار است که این بدان معنی است که بازار آتی کرک اسپرد در بلندمدت به سطح تعادلی خود میل می‌کند. ضریب \hat{e}_{t-1} نشان دهنده سرعت و جهت حرکت تعدیل کوتاه مدت، برای رسیدن به تعادل بلندمدت می‌باشد. یک افزایش مثبت در \hat{e}_{t-1} به معنی فزونی یافتن کرک اسپرد بر قیمت نفت خام است که با توجه به منفی بودن ضریب \hat{e}_{t-1} در بلندمدت این فزونی تعدیل یافته و تعادل بلندمدت برقرار می‌گردد. در مرحله بعد به آزمون علیت گرنجری پرداخته شده است که در واقع معنی داری ضرایب وقفه‌های موجود در تخمین‌ها را برآورد می‌کند. نتایج آزمون علیت گرنجری در جدول شماره (۴) خلاصه شده است. همان‌طور که از نتایج مشخص است در هر سه مدل علیت از نفت خام به کرک اسپرد تایید شده است اما جهت علیت از کرک اسپرد به نفت خام فقط برای دوره زمانی قبل از شکست ساختاری تایید شده است و بعد از آن این علیت تایید نشده است.

با توجه به روش توضیح داده شده یک نقطه شکست ساختاری در ژانویه ۲۰۰۹ شناسایی شد. شوک قیمتی بزرگی در این برهه به قیمت نفت وارد شد قیمت نفت که تا قبل از آن به بیش از ۱۴۰ دلار رسیده بود با کاهش چشمگیر در اوایل ۲۰۰۹ به زیر ۴۰ دلار سقوط کرد. دلیل اصلی کاهش قیمت نفت در آن مقطع، تشدید رکود اقتصاد جهانی بود که تقاضای نفت خام را با کاهش زیادی مواجه نمود. این تغییرات شدید خود را به صورت یک

شکست ساختاری در مدل ما نشان داده است. بر اساس نتیجه حاصل از شکست ساختاری، نمونه به دو قسمت تقسیم شده و تخمین‌ها به صورت جداگانه صورت گرفته است.

آنچه که از نتایج کاملاً مشخص می‌باشد این است که با رخداد شکست ساختاری ابتدای سال ۲۰۰۹، رابطه ساختاری بین دو بازار تغییر چشمگیری نموده است. قبل از سال ۲۰۰۹ ارتباط قوی دو طرفه بین دو بازار برقرار بوده است و علیت دو طرفه بین دو بازار از نتایج برآوردها آشکار شده است. اما پس از سال ۲۰۰۹ این ارتباط دو طرفه به یک ارتباط یک طرفه تغییر کرده است. پس از نقطه شکست ساختاری سال ۲۰۰۹ رابطه علیت تنها از سمت قیمت نفت خام به سمت قیمت آتی کرک اسپرد می‌باشد و عکس آن تایید نشده است. این رفتار قیمتی از اهمیت بالایی برخوردار است. به نظر می‌رسد زمانی که قیمت‌های نفت خام رو به افزایش است پالایشگاه‌ها بیشتر تحت فشار افزایش هزینه هستند و به دلیل رقابت تنگاتنگ بین آنها برای خرید نفت، کاملاً قیمت‌پذیر هستند لذا در این حالت تورمی در بازار نفت باعث می‌شود پالایشگاه‌ها در حداقل سود قرار گرفته و حاشیه سود آنها (کرک اسپرد) متناسب با بازار نفت حرکت کند اما در رکود بازار نفت و کاهش پیوسته قیمت نفت خام، پالایشگاه‌ها در بازار نفت کمتر قیمت‌پذیر هستند و حتی در کوتاه مدت منتفع می‌شوند چرا که قیمت محصولات از چسبندگی بالاتری برخوردار است لذا در کاهش‌های شدید قیمت نفت، ارتباط بین کرک اسپرد و بازار نفت کمتر می‌شود. همچنین می‌توان گفت این نتایج با انتظارات ما نیز منطبق است چرا که در افزایش‌های شدید قیمت نفت خام که قبل از شکست ساختاری مدل ما اتفاق افتاده است پالایشگاه‌ها برای پوشش ریسک نوسانات قیمت خود به بازارهای مالی و استفاده از ابزار پوشش ریسک یعنی آتی کرک اسپرد روی می‌آورند لذا دو بازار به هم نزدیک می‌شوند اما در کاهش قیمت نفت خام (به طور مشخص در کوتاه‌مدت) پالایشگاه‌ها کمتر خود را نیازمند استفاده از ابزار پوشش ریسک می‌بینند لذا ارتباط دو بازار کم‌رنگتر می‌شود. البته این امر مربوط به کوتاه مدت است اما در بلندمدت تعادل بین دو بازار در نهایت برقرار می‌گردد اما زمانی که شوکی به یک بازار وارد شود معمولاً مدت زمانی طول می‌کشد تا بازار دیگر نیز متاثر از آن حرکت کند.

پس از تحلیل و برآورد مدل VAR و VECM در ادامه به بررسی توانایی مدل برای توضیح تغییرات قیمت نفت با بهره‌گیری از شاخص مقایسه‌ای «مدل گام تصادفی» می‌پردازیم. برای تحقق این امر ابتدا پیش‌بینی پویای درون نمونه را بدست آورده و آن را با مقدار واقعی آن بر اساس روشی که ارائه می‌دهیم مقایسه کرده و در نهایت قدرت پیش‌بینی‌ها را با پیش‌بینی‌های قیمت آتی نفت خام مقایسه می‌کنیم. پیش‌بینی‌های مدل بر اساس «مجذور میانگین مربعات انحرافات»^{۱۷} و «ضریب نابرابری تیل»^{۱۸} مورد ارزیابی قرار می‌گیرند. این دو روش به صورت زیر ارائه می‌شوند:

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

$$TIC = \frac{\sqrt{\sum_{t=T+1}^{T+h} (\hat{y}_t - y_t)^2 / h}}{\sqrt{\sum_{t=T+1}^{T+h} (\hat{y}_t)^2 / h} + \sqrt{\sum_{t=T+1}^{T+h} (y_t)^2 / h}}$$

RMSE به مقیاس متغیر وابسته بستگی دارد و به عنوان یک معیار نسبی مقایسه پیش‌بینی از مدل‌های مختلف صورت می‌گیرد. TIC یک مقیاس متغیر است که همواره بین صفر و یک قرار می‌گیرد که صفر نشان دهنده انطباق کامل است.

جدول (۵) نتایج حاصل از معیارهای فوق را نشان می‌دهد. همان‌طور که نتایج نشان می‌دهد قدرت پیش‌بینی کرک اسپرد بسیار بالا است و اگر مبنای پیش‌بینی را داده‌های پس از شکست ساختاری در نظر بگیریم قدرت پیش‌بینی کرک اسپرد به آتی نفت خام نزدیک می‌شود. این یافته نشان می‌دهد که تحلیل گران در بازارهای انرژی برای پیش‌بینی و تحلیل بازار نفت، به درستی به تحولات و تغییرات در بازار کرک اسپرد می‌پردازند. یافته‌های ما نشان می‌دهد که کرک اسپرد و تغییرات آن راهنمای مناسبی برای تحلیل بازار نفت می‌باشد.

۷- نتیجه‌گیری و بحث

برخی مطالعات رابطه بین قیمت‌های آتی و نقدی نفت خام را در بازار نفت خام مورد بررسی قرار داده‌اند. در این مقاله ما به بررسی ابزار جدیدی به نام کرک اسپرد و بکارگیری آن در تحلیل و پیش‌بینی بازار نفت پرداختیم. ما در این مقاله قدرت پیش‌بینی کرک اسپرد را با قدرت پیش‌بینی آتی نفت خام بررسی کردیم و یافته‌ها نشان از قدرت نسبی بالای کرک اسپرد در پیش‌بینی بازار نفت خام داشت. یافته‌ها به نوعی فرضیه ورلگر را که بر مشتقه بودن تقاضای پالایشگاه مبتنی است مورد تایید قرار می‌دهد. یافته‌ها نشان می‌دهد که پالایشگاه‌ها در شوک‌های به سمت بالای قیمتی نفت بیشتر به استفاده از بازارهای مالی برای پوشش ریسک روی آورده و لذا کرک اسپرد رابطه نسبتاً قوی با قیمت نقدی نفت خام پیدا می‌کند. اما در شوک‌های منفی و به سمت پایین قیمت نفت خام، اتکای پالایشگاه‌ها به بهره‌گیری از ابزار مالی برای پوشش ریسک کم می‌شود چرا که معمولاً در این حالت رقابت کمتری بین پالایشگاه‌ها در می‌گیرد و قیمت‌پذیری پالایشگاه‌ها نیز کاسته می‌شود. اما این امر مربوط به کوتاه مدت است چرا که در بلندمدت مجدداً تعادل برقرار می‌گردد.

در این مقاله به شکست ساختاری در سال ۲۰۰۹ برخوردیم که مربوط به کاهش شدید قیمت نفت خام در آن سال به دلیل تشدید رکود اقتصادی است. این رکود ساختار ارتباطی بازارهای نفت خام و بازار کرک اسپرد را تغییر می‌دهد که همان‌طور که گفته شد کاملاً قابل انتظار نیز هست. نتایج و یافته‌ها نشان می‌دهد که در دوره قبل از شکست ارتباط بین دو بازار نسبت به پس از آن بسیار نزدیک تر است. از آنجا که دوره قبل از شکست همزمان با افزایش‌های چشمگیر قیمت نفت خام است رابطه علیت دو طرفه بین دو بازار نفت خام و کرک اسپرد ایجاد شده است اما پس از رکود و کاهش قیمت رابطه علی دو بازار کاهش یافته و تاکنون هم هنوز رابطه علی قبل از شکست برنگشته است. که دلیل آن ثبات نسبی بازار در سال‌های اخیر می‌باشد. به عنوان جمع‌بندی می‌توان اشاره کرد که اطلاعات موجود در آتی کرک اسپرد به حدی است که می‌تواند قدرت کافی را برای پیش‌بینی بازار نفت برای آن ایجاد نماید.

جدول ۱. نتایج آزمون ریشه واحد

قیمت نقدی نفت خام	قیمت آتی کرک اسپرد	قیمت آتی نفت خام		
-۲/۲۸	-۱/۷۸	-۲/۳۲	آماره t	ریشه واحد
۰/۱۸	۰/۳۹	۰/۱۶	احتمال	
نامانا	نامانا	نامانا	نتیجه آزمون	

منبع: یافته‌های تحقیق

جدول ۲. نتایج آزمون هم‌انباشتگی

۵,۸۷	آماره	هم‌انباشتگی آتی نفت خام و قیمت نقدی نفت خام
۰,۰۱۵	احتمال	
نتیجه آزمون		
۴,۷۸	آماره	هم‌انباشتگی آتی نفت خام با قیمت آتی کرک اسپرد
۰,۰۳	احتمال	
نتیجه آزمون		
۴,۵۵	آماره	هم‌انباشتگی قیمت نفت خام با قیمت آتی کرک اسپرد
۰,۰۳۲	احتمال	
نتیجه آزمون		
۲۰,۴	آماره	هم‌انباشتگی قیمت نقدی و آتی نفت خام و قیمت کرک اسپرد
۰,۰۰۸	احتمال	
نتیجه آزمون		

منبع: یافته‌های تحقیق

جدول ۳. نتایج برآورد مدل تصحیح خطای برداری

	مدل ۱: کل نمونه		مدل ۲: قبل از شکست ساختاری ۲۰۰۹:۲		مدل ۳: بعد از شکست ساختاری ۲۰۰۹:۲	
	$\Delta crack_t$	$\Delta crude_t$	$\Delta crack_t$	$\Delta crude_t$	$\Delta crack_t$	$\Delta crude_t$
\hat{e}_{t-1}	-۰,۰۱ (۰,۰۱)	۰,۰۱ (۰,۰۰۴)	-۰,۱۳ (۰,۰۴)	۰,۰۴ (۰,۰۲)	-۰,۰۰۳ (۰,۰۰۶)	۰,۰۰۶ (۰,۰۰۲)
$\Delta crude_{t-1}$	۰,۷ (۰,۱۳)	۰,۱۶ (۰,۰۵)	۱۳,۱ (۰,۲)	۰,۰۹ (۰,۰۸)	۰,۴۸ (۰,۱۶)	۰,۱۷ (۰,۰۵)
$\Delta crude_{t-2}$	-۰,۱۵ (۰,۱۳)	-۰,۰۶ (۰,۰۵)	-۰,۲۸ (۰,۲۵)	۰,۰۹ (۰,۱۰)	-۰,۰۰۶ (۰,۱۶)	-۰,۱۴ (۰,۰۵)

	مدل ۱: کل نمونه		مدل ۲: قبل از شکست ساختاری ۲۰۰۹:۲		مدل ۳: بعد از شکست ساختاری ۲۰۰۹:۲	
	$\Delta crack_t$	$\Delta crude_t$	$\Delta crack_t$	$\Delta crude_t$	$\Delta crack_t$	$\Delta crude_t$
$\Delta crude_{t-3}$	-۰,۲۳ (۰,۱۳)	۰,۱۵ (۰,۰۵)	-۰,۲۲ (۰,۲۶)	۰,۰۲ (۰,۱)	-۰,۴۲ (۰,۱۶)	۰,۱۱ (۰,۰۵)
$\Delta crude_{t-4}$	-۰,۲۱ (۰,۱۳)	-۰,۰۲ (۰,۰۵)	۰,۳۱ (۰,۲۶)	-۰,۰۳ (۰,۱)	-۰,۳۱ (۰,۱۶)	-۰,۰۹ (۰,۰۵)
$\Delta crack_{t-1}$	-۰,۰۷ (۰,۰۵)	-۰,۰۲ (۰,۰۲)	۰,۱۳ (۰,۰۹)	-۰,۰۳ (۰,۰۴)	-۰,۰۸ (۰,۰۶)	-۰,۰۳ (۰,۰۲)
$\Delta crack_{t-2}$	-۰,۰۴ (۰,۰۵)	۰,۰۲ (۰,۰۲)	-۰,۰۲ (۰,۰۹)	۰,۰۲ (۰,۰۴)	-۰,۰۲ (۰,۰۶)	۰,۰۲ (۰,۰۲)
$\Delta crack_{t-3}$	-۰,۰۴ (۰,۰۵)	۰,۰۲ (۰,۰۲)	-۰,۰۴ (۰,۰۸)	-۰,۰۲ (۰,۰۳)	-۰,۰۱ (۰,۰۶)	۰,۰۲ (۰,۰۲)
$\Delta crack_{t-4}$	۰,۰۴ (۰,۰۵)	۰,۰۲ (۰,۰۲)	۰,۱۲ (۰,۰۸)	۰,۱۱ (۰,۰۳)	۰,۰۰۵ (۰,۰۶)	-۰,۰۳ (۰,۰۲)
c	۰,۰۰۰۰۴ (۰,۰۰۰۵)	۰,۰۰۰۰۶ (۰,۰۰۰۲)	-۰,۰۰۰۰۳ ,۰,۰۱	-۰,۰۰۰۰۲ ,۰,۰۰۰۴	۰,۰۰۰۰۵ (۰,۰۰۰۶)	۰,۰۰۰۰۳ (۰,۰۰۰۲)

منبع: یافته‌های تحقیق

جدول ۴: نتایج آزمون علیت گرنجری

جهت علیت	مدل ۱: کل نمونه		مدل ۲: قبل از شکست ساختاری		مدل ۳: بعد از شکست ساختاری	
	آماره	احتمال	آماره	احتمال	آماره	احتمال
$\Delta crack \rightarrow \Delta crude$	۴,۸	۰,۳۱	۱۲,۲۷	۰,۰۱۵	۷,۲	۰,۱۳
$\Delta crude \rightarrow \Delta crack$	۳۴,۹۸	۰	۳۵,۶	۰	۲۳,۷۳	۰,۰۰۰۱

منبع: یافته‌های تحقیق

جدول ۵: مقایسه قدرت پیش بینی

	مدل ۱: کل نمونه	مدل ۲: قبل از شکست ساختاری	مدل ۳: بعد از شکست ساختاری	آبی نفت
RMSE	۰,۱۵۳	۰,۶۳	۰,۰۷۷۶	۰,۰۲۲۶
TIC	۰,۰۰۷۶	۰,۰۳۴	۰,۰۰۳۷	۰,۰۰۱۱

منبع: یافته‌های تحقیق

فهرست منابع

- * Alquist, R., and L. Kilian (2010), "What Do We Learn from the Price of Crude Oil Futures?" *Journal of Applied Econometrics*, 25, 539-573.
- * Alquist, R., Kilian, L., and R.J. Vigfusson (2013), "Forecasting the Price of Oil," in: G. Elliott and A. Timmermann (eds.), *Handbook of Economic Forecasting*, 2, Amsterdam: North-Holland, 427-507.
- * Andrews, D., 1993. Tests for parameter instability and structural change with unknown change point. *Econometrica* 61 (4), 821-856.
- * Baumeister, C., and L. Kilian (2012a), "Real-Time Forecasts of the Real Price of Oil," *Journal of Business and Economic Statistics*, 30, 326-336.
- * Baumeister, CH., Kilian, L.,. Are product spreads useful for forecasting? An empirical evaluation of the Verleger hypothesis. 2014, April.
- * 6)Coppola, A., 2008. Forecasting oil price movements: exploiting the information in the futures market. *Journal of Futures Market* 28, 34-56.
- * Evans, B. (2009), "Oil market 'teetering on the edge', warns Verleger",
- * Girma, P.B., Paulson, A.S., 1999. Risk arbitrage opportunities in petroleum futures spreads. *Journal of Futures Markets* 19, 931-955.
- * Gjolberg, O., Johnsen, T., 1999. Risk management in the oil industry: can information on long-run equilibrium prices be utilized? *Energy Economics* 21, 517-527.
- * 10)Morana, C., 2001. A semiparametric approach to short-term oil price forecasting. *Energy Economics* 23, 325-338.
- * 11) Murat, A, Tokat, E, Forecasting oil price movements with crack spread features. *Energy Economics* 31(2009) 85-90.
- * 12) Silvapulle, P., Moosa, I.A., 1999. The relationship between spot and futures prices:evidence from the crude oil market. *Journal Futures Markets* 19, 157-193.
- * 13)Verleger, P.K. (2011), "The Margin, Currency, and the Price of Oil," *Business Economics*, 46,71-82.
- * 14) Verleger, P K (1982), "The Determinants of Official OPEC Crude Oil Prices", *Review of Economics and Statistics*, 64, 177-183

یادداشت‌ها

¹. Warehousing costs

². Convenience yield

³. Silvapulle and Moosa (1999)

⁴. Morana, (2001)

⁵. Coppola (2008)

⁶. Girma and Paulson (1999)

⁷. Gjolberg and Johnsen (1999)

⁸. Goldman Sachs

⁹. Kent Moors

¹⁰. Distillated Fuel Oil

¹¹. Gross Cracking Margin حاشیه کرک ناخالص در واقع پالایشگاه‌ها را از حرکات قیمتی نامطلوب بین هزینه‌های خرید نفت خام و قیمت‌های عمده‌فروشی برای بنزین و نفت سفید محافظت می‌کند. بعنوان مثال یک بشکه نفت خام برابر نصف بشکه گاز و نصف بشکه نفت سفید است، سرمایه‌گذاران می‌توانند از رابطه بین قراردادهای آتی نفت خام و قیمت قراردادهای آتی نفت سفید و بنزین سود ببرند.

¹² Evans

^{۱۳}. برای داشتن یک دارایی ریسکی باید انتظار بازدهی بیشتر از نرخ بارده بدون ریسک داشته باشیم که به آن صرف ریسک یا ریسک پرمیوم می‌گویند.

^{۱۴}. Box-Jenkins

^{۱۵}. Engle and Granger (1987)

^{۱۶}. Andrews (1993)

^{۱۷}. root mean squared error (RMSE)

^{۱۸}. Theil Inequality Coefficient (TIC)