پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران
سال هفتم، شماره 26، بهار 1397، صفحات 191-157

تحلیل پویایی‌های ذخایر تجاری نفت خام با توجه به شوک‌های ساختاری و ثمرات رفاهی

عبدالساده نیسی [1]
تیمور محمدی [2]
سارا عظیمی [3]
اکرم محمدی [4]

تاریخ دریافت:1397/02/24 تاریخ پذیرش:1397/06/20

چکیده:

ذخایر تجاری نفت خام یکی از مؤلفه‌های اساسی از مجموعه‌ی درهم‌پیچیده‌ی بازار نفت بوده و بررسی نوسانات آن از اهمیت بسزایی برخوردار است. هدف این پژوهش بررسی علل انباشت بی‌سابقه ذخایر تجاری نفت خام از زمان آغاز افت قیمت نفت با استفاده از دو رویکرد بررسی نقش شوک‌های ساختاری و تحلیل ثمرات رفاهی هست. در این پژوهش تأثیر شوک‌های ساختاری بر نوسانات ذخایر تجاری نفت خام در قالب یک مدل خود رگرسیون برداری ساختاری (SVAR) در دوره‌ی زمانی 2006 تا 2016 به‌دست‌آمده است. همچنین در این پژوهش برای نخستین بار با استفاده از روش مسئله معکوس[5] ثمرات رفاهی محاسبه گردیده است. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که از اواخر سال 2014 به بعد، شوک‌های عرضه نفت خام و پس‌ازآن شوک‌های سفته‌بازی بیشترین سهم را در توضیح علت انباشت بی‌سابقه ذخایر تجاری نفت خام، داشته‌اند. همچنین نتایج نشان می‌دهد که متغیر پایه از ماه اکتبر سال 2014 به بعد با توجه به منفی شدن خالص ثمرات رفاهی[6] در وضعیت پس

1. دانشیار دانشکده علوم ریاضی و یارانه، دانشگاه علامه طباطبائی (نویسنده مسئول)
a_neisy@atu.ac.ir
2. دانشیار گروه اقتصاد نظری، دانشکده اقتصاد، دانشگاه علامه طباطبائی
mohammadi.teimour@gmail.com
3. دانشجوی دکتری اقتصاد نفت و گاز، دانشکده اقتصاد، دانشگاه علامه طباطبائی
s.azimi.t@gmail.com
4. کارشناس ارشد ریاضی مالی، دانشگاه علامه طباطبائی
mohammadiakram66@yahoo.com

5. Inverse problem

6. Net Convenience yield

خالص ثمرات رفاهی مبین کسر هزینه های ذخیره سازی یک دارایی مصرفی از منافعی است که نگهداری آن دارایی نصیب دارنده ی آن می کند.

بهین(کونتانگو)[1] قرارگرفته و از این طریق موجب انباشت بیشتر ذخایر تجاری نفت خام با مقاصد سفته‌بازی گردیده است.

طبقه‌بندی JEL: E31, E32, Q43

کلیدواژه‌ها: ذخایر تجاری نفت خام، مدل خود رگرسیون برداری ساختاری، ثمرات رفاهی، مسئله معکوس

1. مقدمه

نفت‌خام نقش مهمی در اقتصاد جهانی ایفا می‌کند و درک پویایی‌های هر یک از مؤلفه‌های بازار نفت خام از اهمیت بسزایی برخوردار است. در بعد فیزیکی ، علاوه بر بازار اسپات(تک محموله) ، بازاری تحت عنوان "بازار ذخیره‌سازی[2]" برای نفت خام وجود دارد و این دو بازار نیز ارتباط تنگاتنگی با بازار آتی‌های نفت خام دارند. در حقیقت در بازار اسپات ، قیمت نفت خام در هرلحظه مفروض لزوماً برابر عرضه و تقاضای نفت نخواهد بود و هر تغییری در عرضه و تقاضای نفت در تغییرات ذخایر تجاری متبلور شده و بازار اسپات را به بازار ذخیره‌سازی مرتبط می‌کند. (پینداک،2016) [3] در بسیاری از مطالعات برای درک پویایی‌های بازار نفت خام تنها بر دو بازار اسپات و آتی‌ها تمرکز شده است، اما در این پژوهش پویایی بازار ذخیره‌سازی به‌عنوان یکی از لایه‌های مهم فیزیکی بازار نفت خام که تعادل و توازن بازار یا هرگونه عدم توازنی در بازار نفت را منعکس می‌کند ، با دو روش تحلیل تجزیه تاریخی و همچنین محاسبه و تحلیل ثمرات رفاهی، موردبررسی قرارگرفته است.

در رویکرد اول برای بررسی نوسانات ذخایر تجاری نفت خام از یک مدل خود رگرسیون برداری ساختاری در قالب 4 نوع شوک ساختاری استفاده‌شده است. ازآنجاکه برخی از عوامل مهم در توضیح نوسانات ذخایر تجاری نفت خام، عدم تعادل در عرضه و

1. Contango
2. Storage market
3. Pindyck (2016)

تقاضای نفت هست می‌توان در قالب شوک‌های عرضه و شوک‌های تقاضای عمومی نفت این نوسانات را بررسی نمود. همچنین ازآنجاکه نفت خام کالایی قابل ذخیره است سفته‌بازان در بازار اسپات می‌توانند ذخایر تجاری نفت را به‌منظور کسب سود بر اساس انتظاراتی که نسبت به تغییر عوامل بنیادین دارند، نگهداری نمایند و لذا ازاین‌جهت موجب نوساناتی در ذخایر تجاری نفت گردند. در این پژوهش علاوه بر شوک‌های مذکور که تحت عنوان شوک‌های تقاضای موجودی انبار یا شوک‌های سفته‌بازی شناخته می‌شوند ، آن دسته از فعالیت‌هایی که در بازار آتی‌ها انجام پذیرفته و موجب انحراف[1] از شرایط "عدم آربیتراژ" از طریق تأثیرگذاری بر متغیر پایه می‌گردد و تحت عنوان شوک‌های سفته‌بازی مالی شناخته می‌شوند نیز در مدل لحاظ می‌گردد[2]. بنابراین در این پژوهش با لحاظ متغیر اختلاف قیمت آتی‌ها از اسپات (پایه) در مدل خود رگرسیون برداری ساختاری، مدل کیلیان(2009) [3] در بازار نفت بسط داده‌شده است به‌نحوی‌که امکان بررسی تأثیرگذاری شوک‌های سفته‌بازی مالی بر ذخایر تجاری نفت خام نیز فراهم‌شده است.

درواقع وجه تمایز مدل خود رگرسیون برداری ساختاری این پژوهش با مدل مورداستفاده کیلیان(2009) در لحاظ نمودن شوک‌های مالی سفته‌بازی در مدل SVAR هست. بر اساس مبانی نظری که در بخش بعد به آن خواهیم پرداخت، تنها از این طریق امکان بررسی تأثیرگذاری شوک‌های سفته‌بازی مالی در بازار نفت خام، میسر می‌گردد.
شایان‌ذکر است که تاکنون اکثر مطالعات انجام پذیرفته با استفاده از مدل SVAR بر تحلیل علل نوسانات قیمت نفت خام در مقاطع زمانی مختلف متمرکز بوده است و با توجه به

---

1. با توجه به این که معامله گران در بازار آتی ها و بازار فیزیکی نفت خام به مجموعه اطلاعاتی یکسانی دسترسی ندارند، و با توجه به اینکه دسترسی به تسهیلات ذخیره سازی به منظور پاسخگویی به شوک های سفته بازی مالی به سرعت امکان پذیر نمی باشد، احتمال برقرار نبودن شرایط "عدم آربیتراژ" در تئوری ذخیره سازی وجود دارد.(لامبوردی،2011)

2. فعالیت صندوق‌های مبتنی بر شاخص(Index Funds) را به‌عنوان آن دسته از فعالیت‌هایی در بازار آتی‌ها می‌توان معرفی کرد که معاملات آن‌ها بی‌ارتباط به عوامل بنیادین بازار بوده و هدف آن‌ها صرفاً ایجاد موقعیت خرید(long position) برای سرمایه‌گذاران هست تا بدین ترتیب پرتفوی سرمایه‌گذاران با شاخص بازار آتی‌ها انطباق یابد و لذا بر اساس نظر لامبوردی، فعالیت این‌گونه معامله گران در بازار آتی‌ها ممکن است قیمت آتی‌ها را در سطحی بالاتر ازآنچه نیروهای عرضه و تقاضا تعیین می‌کنند، قرار دهد و بر سایر مؤلفه‌های بازار نفت نیز تأثیر بگذارد.

3. Kilian(2009)

یافته‌های ما این نخستین باری است که تحلیل انباشت بی‌سابقه ذخایر تجاری نفت خام به‌عنوان یکی از لایه‌های فیزیکی بازار نفت خام با استفاده از این روش انجام پذیرفته است.

همچنین به‌عنوان رویکرد دوم در تحلیل ذخایر تجاری نفت خام و به‌منظور توضیح علت اهمیت شوک‌های تقاضای موجودی انبار(شوک‌های سفته‌بازی) در انباشت بی‌سابقه‌ی ذخایر تجاری نفت خام ، ثمرات رفاهی[1] با بسط مدل شوارتز(1997)[2] و با استفاده از روش مسئله معکوس محاسبه‌شده است. این روش برای نخستین بار است که در محاسبه ثمرات رفاهی در بازار نفت به کار گرفته‌شده است. برای درک اهمیت ثمرات رفاهی، باید میان دارایی‌های سرمایه‌ای و دارایی‌های مصرفی تمایز قائل شویم. برخلاف دارایی‌های سرمایه‌ای(مانند طلا) که به‌منظور سرمایه‌گذاری نگهداری شده و در هر شرایطی سرمایه‌گذاران به دنبال استفاده و بهره‌برداری از فرصت‌های آربیتراژی می‌باشند، معامله‌گرانی که کالاهای مصرفی(مانند نفت) را در انبار نگهداری می‌کنند، حتی درصورتی‌که فرصت‌های آربیتراژی برای کسب سود داشته باشند، درصورتی‌که سطوح موجودی انبار آن دارایی پائین باشد، تمایل چندانی به فروش آن و استفاده از فرصت آربیتراژی احتمالی را ندارند چراکه معمولاً بر این باورند که مالکیت فیزیکی یک دارایی منافعی دارد که مالکیت قرارداد آتی‌های آن دارایی فاقد آن است چراکه دسترسی به دارایی فیزیکی، آن‌ها را قادر می‌سازد که به‌طور کارآمدتری نسبت به شوک‌های غیرمنتظره عرضه و تقاضا واکنش نشان داده و بتواند از اختلالات هزینه‌بر در فرآیند تولید اجتناب نمایند. به‌طورکلی بنا بر تعریف، منافع حاصل از ذخیره‌سازی یک دارایی مصرفی مانند نفت خام را اصطلاحاً« ثمرات رفاهی » می‌گویند. بنابراین تحلیل و بررسی ثمرات رفاهی به‌عنوان منافع حاصل از ذخیره‌سازی نفت خام اهمیت بسزایی در درک پویایی‌های ذخایر تجاری نفت خام دارد.

1. Convenience Yield
2. Schwartz (1997)

همچنین ازآنجاکه بر اساس تئوری ذخیره‌سازی[1] اطلاعات مربوط به تصمیم‌گیری معامله گران مالی در بازار آتی‌ها و معامله گران تجاری در بازار اسپات هر دو در ثمرات رفاهی منعکس می‌گردد تحلیل آن به‌عنوان حلقه‌ی واسط بازار آتی‌ها و بازار اسپات نفت خام نیز ضرورت دارد.[2] لذا به‌منظور دستیابی به یک تحلیل کامل از پویایی‌های ذخایر تجاری نفت خام ، به محاسبه‌ی ثمرات رفاهی و همچنین بررسی ارتباط میان ثمرات رفاهی و متغیر پایه و ذخایر تجاری نفت خام نیز خواهیم پرداخت.

این پژوهش از دو جهت دارای نوآوری هست. اول آن‌که برای نخستین بار است که ثمرات رفاهی با استفاده از روش مسئله معکوس در بازار نفت خام محاسبه می‌گردد. دوم آن‌که برای نخستین بار است که پویایی‌های ذخایر تجاری نفت خام با بسط مدل خود رگرسیون برداری ساختاری کیلیان(2009) محاسبه و تحلیل می‌گردد.

در بخش دوم ادبیات موضوع که مشتمل بر پیشینه‌ی پژوهش و مبانی نظری است تشریح می‌گردد. مدل‌سازی ثمرات رفاهی و شوک‌های ساختاری در بازار نفت نیز در دو قسمت مجزا و در بخش سوم این پژوهش ارائه می‌گردد. بخش چهارم پژوهش مربوط به تجزیه‌وتحلیل داده‌ها و ارائه‌ی نتایج هست. در بخش انتهایی نیز جمع‌بندی و نتیجه‌گیری ارائه‌شده است.

2. ادبیات موضوع

در بخش اول ادبیات موضوع، پیشینه مطالعات انجام‌گرفته در رابطه با مدل‌های خود رگرسیون برداری ساختاری در بازار نفت تشریح می‌شود. این مدل‌ها عمدتاً بر پویایی‌های قیمت نفت خام متمرکزشده‌اند اما در این پژوهش همان‌طور که در بخش قبل توضیح داده شد ما با استفاده از این مدل‌ها بر پویایی‌های ذخایر تجاری نفت تمرکز نموده‌ایم. همچنین

1.Storage theory

2. بر همین اساس پینداک(2001) نیز ثمرات رفاهی را منعکس‌کننده اطلاعات بازار آتی‌ها و اسپات دانسته و آن را به‌صورت تابعی از سطوح فعلی ذخایر تجاری نفت خام و خالص تقاضای مورد انتظار معامله گران در بازار آتی‌ها تعریف می‌نماید.

در بخش دوم پیشینه‌ی مطالعات ثمرات رفاهی تشریح می‌گردد و در بخش سوم نیز مبانی نظری پژوهش توضیح داده می‌شود.

2-1. پیشینه پژوهش: مدل‌های ساختاری در بازار نفت

به‌طورکلی طی دهه‌های 1970 و 1980 نوسانات قیمت نفت عمدتاً به عوامل برون‌زا مانند مسائل ژئوپلیتیک نسبت داده می‌شدند(همیلتون،1983 [1]) اما ارسال‌های پس‌ازآن به‌خصوص از سال 2000 و پس از آن مطالعات دیگری انجام گرفت که نشان می‌داد منها نوسانات قیمت نفت تنها به عوامل برون‌زا محدود نمی‌شود بلکه عوامل دیگری نیز در این رابطه تأثیرگذارند. در این رابطه،کیلیان (2009) مدل خود رگرسیون برداری ساختاری را در بازار نفت با توجه به عوامل بنیادین بازار معرفی نمود. در این مطالعه کیلیان به این نتیجه رسید که شوک‌های طرف تقاضای نفت نه‌تنها مهم‌ترین عامل در افزایش قیمت‌های نفت از سال 2002 به بعد بوده‌اند بلکه حتی مهم‌ترین مؤلفه در توضیح نوسانات قیمت از سال 1973 به شمار می‌روند. در مطالعه‌ی دیگری کیلیان و مورفی (2010) [2]، با فرض اولیه‌ای مبنی بر برقراری شرایط عدم آربیتراژ علاوه بر شوک‌های ساختاری تقاضا و شوک‌های عرضه‌ی نفت خام، شوک‌های سفته‌بازی را که مبین تغییر انتظارات معامله گران بازار نسبت به عوامل بنیادین هست به‌صورت تغییر تقاضا برای ذخایر تجاری نفت خام شناسایی نمودند و با تأکید بر اینکه ذخایر تجاری، اطلاعات مربوط به انتظارات معامله گران را نیز لحاظ می‌کند به این نتیجه دست یافتند که افزایش قیمت‌های نفت در خلال سال‌های 2003 تا 2008 به نوسانات سیکل تجاری اقتصاد جهانی وقوع شوک‌های تقاضای عمومی نفت مربوط می‌شود، حال‌آنکه در مهروموم‌های ۱۹۷۹،۱۹۸۶ و 1990 شوک‌های تقاضای احتیاطی نفت در توضیح نوسان قیمت نفت مؤثرتر بوده‌اند. برخلاف مفروضات مدل کیلیان مبنی بر برقراری شرایط عدم آربیتراژ در بازار نفت، در مطالعه‌ی همیلتون(2009a) [3]

1. Hamilton(1983)
2. Kilian and Murphy (2010)
1.Hamilton (2009a)

این‌گونه نتیجه‌گیری می‌گردد که وقتی کشش قیمتی تقاضا کم باشد،خرید آتی‌ها با مقاصد سفته‌بازی ممکن است بدون تغییر ذخایر تجاری موجب تغییر قیمت نفت گردد لذا آن بخش از سفته‌بازی که موجب نوسانات قیمت نفت می‌گردد در حالتی که شرایط عدم آربیتراژ برقرار نباشد، در مدل کیلیان(2009) لحاظ نشده است.در مطالعه دیگری لامبوردی و همکاران(2011) با استفاده از یک مدل خود رگرسیون برداری ساختاری با روش محدودیت علائم[1] اهمیت فعالیت‌های مالی را در تعیین نوسانات قیمت اسپات نفت خام نسبت به مؤلفه‌های بنیادین موردبررسی قراردادند همچنین آن‌ها با اشاره به اینکه داده‌های ذخایر تجاری بسیار گسترده هست و داده‌های در دسترس نمی‌تواند اطلاعات شوک‌های مالی در بازار آتی‌ها را به‌طور کامل منعکس نماید، بر این موضوع تأکید می‌کنند که اضافه نمودن قیمت آتی‌ها در مدل خود رگرسیون برداری ساختاری ضروری است. بر این اساس مدل آن‌ها نسبت به مدل کیلیان با واقعیات بازار نفت تطابق بیشتری دارد چراکه امکان برقرار نبودن "شرایط عدم آربیتراژ" را میان بازارهای آتی و اسپات لحاظ می‌نماید اما اضافه نمودن قیمت آتی‌ها با معادلات منتج شده از مدل آن‌ها مطابقت ندارد چراکه بر اساس مبانی نظری شوک‌های سفته‌بازی مالی از طریق متغیر پایه بر سایر متغیرهای بازار نفت خام تأثیر می‌گذارند این در حالی است که لامبوردی بجای وارد نمودن متغیر پایه در مدل، قیمت آتی‌ها را در مدل وارد نموده که این موضوع با مبانی نظری همخوانی ندارد. آن‌ها در این مطالعه به این نتیجه دست یافتند که اگرچه شوک‌های عرضه و تقاضای نفت مهم‌ترین عامل نوسان قیمت نفت می‌باشند اما فعالیت سفته‌بازی معامله گران در بازارهای آتی‌ها نیز در کوتاه‌مدت قادر است قیمت نفت خام را از قیمت تعادلی در رابطه‌ی عدم آربیتراژ منحرف نماید . بر این اساس آن‌ها معتقدند در دهه‌ی اخیر، فعالیت‌های مالی، تلاطم را در بازار نفت تشدید نموده است بر اساس مطالعه‌ی آن‌ها، این موضوع در سال 2008-2007 مشهود بوده است.

2. Sign Restriction

2-2. پیشینه پژوهش: ثمرات رفاهی

مفهوم ثمرات رفاهی در تئوری ذخیره‌سازی توسط کالدور[1](1939)ورکینگ (۱۹۴۸،۱۹۴۹)[2] و تلسر[3](1958) و برنان (1958) [4] معرفی گردید. تئوری ذخیره‌سازی، رفتار ثمرات رفاهی را با مشاهده سطوح موجودی انبار دارایی ها، توضیح می‌دهد. کالدور ورکینگ، مفهوم ثمرات رفاهی را از موجودی انبار اقتباس نموده و آن را تابعی کاهنده از سطوح موجودی انبار معرفی نمودند. به‌نحوی‌که با افزایش موجودی انبار ثمرات رفاهی کاهش می‌یابد. بر این اساس در مواردی که موجودی انبار به‌اندازه کافی بالا باشد، ارزش ثمرات رفاهی صفر یا نزدیک به صفر خواهد بود و بالا بودن ثمرات رفاهی دلالت بر سطوح بسیار پائین موجودی انبار دارد. مطالعات تجربی اولیه درباره‌ی ثمرات رفاهی توسط تلسر(1958) انجام پذیرفت. تلسر ارتباط میان قیمت پایه و موجودی انبار گندم و پنبه را موردبررسی قرارداد. او در مطالعه‌ی خود، فرضیه تئوری ذخیره‌سازی مبنی بر کاهش ثمرات رفاهی در زمان افزایش موجودی انبار را تائید نمود. بر اساس مطالعه‌ی برنان(1991) با توجه به هزینه‌ی فرصت زمانی و هزینه‌ی انتقال دارایی از یک مکان به مکان دیگر ، ثمرات رفاهی نهایی مشتمل بر کاهش هزینه‌های دسترسی به موجودی انبار و ارزش ایجادشده بابت تسهیل دسترسی به موجودی انبار در دوره‌های کمبود دارایی هست. برنان همچنین تئوری ذخیره‌سازی را با توجه به فرض اصلی مطالعه شوارتس(1985) مبنی بر اینکه ثمرات رفاهی تنها تابعی از قیمت اسپات هست، برای چندین فلز باارزش مثل طلا،نقره و مس مورد آزمون قرارداد. سپس توانایی پیش‌بینی این مدل را در مقابل مدل جایگزینی که بر اساس آن ثمرات رفاهی مستقل از قیمت اسپات بوده و از یک فرآیند تصادفی پیروی می‌کند، مورد ارزیابی قرارداد و به این نتیجه رسید که در عین برقراری فرض مطالعه‌ی برنان و شوارتس برای فلزات باارزش، برای سایر دارایی ها مدل دوم کارکرد منطقی‌تری دارد.

1. Kaldor (1939)
2. Working (1949,1948)
3. Telser (1958)
4. Brennan (1958)

سپس او با استفاده از این مدل جایگزین، تئوری کالدور را مورد ارزیابی قرارداد و آن را تائید نمود. پینداک(1994) در مطالعه‌ای با تخمین ثمرات رفاهی چندین دارایی، در شرایط عدم آربیتراژ به بررسی پویایی‌های میان قیمت اسپات و آتی‌های آن دارایی ها پرداخت. مطالعات دیگری نیز در رابطه با آزمون تئوری ذخیره‌سازی و با استفاده از داده‌های موجودی انبار در بازار دارایی‌هایی چون دانه‌های خوراکی، نفت خام،گاز طبیعی و فلزات انجام پذیرفته است به‌عنوان‌مثال در رابطه با بازار نفت می‌توان به مطالعات کاساسوس و کلین(2005) [1]،گیبسون و شوارتز (1990) [2]و لین و دوان(2007) [3] و لیوو تنگ(2010) [4] اشاره کرد. شایان‌ذکر است که اکثر این مطالعات به بررسی رابطه میان ثمرات رفاهی و سطح کمیابی آن دارایی پرداخته‌اند.

3-2. مبانی نظری

برخی از عوامل مهم در توضیح نوسانات قیمت نفت عبارت‌اند از عدم تعادل در عرضه و تقاضای نفت، انباشت یا کاهش موجودی تجاری انبارهای نفت خام و فعالیت‌های سفته‌بازی در بازار آتی‌ها. در اکثر مطالعات بر دو بازار آتی‌ها و بازار اسپات نفت خام تمرکز شده است حال‌آنکه باید توجه نمود که در بعد فیزیکی دارایی‌های قابل ذخیره مانند نفت خام، علاوه بر بازار اسپات ، بازاری تحت عنوان "بازار ذخیره‌سازی[5]" برای دارایی وجود دارد. در بازار اسپات، معاملات برای تحویل فوری در "قیمت اسپات" انجام می‌پذیرد که در اینجا با P نمایش داده می‌شود. قیمت اسپات در هرلحظه مفروض لزوماً از برابری عرضه(X) و تقاضای نفت(Q) به دست نخواهد آمد و هر تغییری در عرضه و

1. Casassus and Collin (2005)
2. Gibson and Schwartz (1990)
3. Lin and Duan (2007)
4. Liu and Tang (2010)
5. Storage market

تقاضا در تغییرات موجودی انبار(ΔN_t) متبلور شده[1] و بازار اسپات را به بازار ذخیره‌سازی بر اساس رابطه‌ی (1) مرتبط می‌کند. (پینداک،2016)[2].

$$\Delta N_t = X(P_t;\ z_{2t}, \varepsilon_{2t}) - Q(P_t;\ z_{1t}, \varepsilon_{1t}) \qquad (1)$$

بنابراین تغییر در موجودی انبار تابعی است از قیمت اسپات و مجموعه متغیرهای بنیادین(z_{2t} و z_{1t}) که بر عرضه و تقاضا[3] تأثیر می‌گذارند و همچنین تابعی است از شوک‌های تصادفی ε_{2t} و ε_{1t}[4] . وقتی $\Delta N_t = 0$ باشد یعنی زمانی که تقاضای خالص برابر عرضه خالص باشد بازار اسپات در تعادل است. می‌توان رابطه (1) را به‌صورت تابع معکوس تقاضای خالص نوشت.(پینداک،2016)[5]

$$P_t = f(\Delta N_t;\ z_{1t}, z_{2t}, \varepsilon_t) \qquad (2)$$

با توجه به رابطه فوق می‌توان گفت تسویه در بازار اسپات با توجه به هر دودسته عوامل تأثیرگذار بر عرضه و تقاضا در بازار اسپات و همچنین تغییر موجودی انبار در بازار ذخیره‌سازی دارایی اتفاق می‌افتد.از طرف دیگر در بازار ذخیره‌سازی، تعادل مبین برابری عرضه ذخیره‌سازی(میزان کل موجودی انبار نگهداری شده توسط تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان و غیره) و تقاضای ذخیره‌سازی است. پینداک تقاضای ذخیره‌سازی را نیز به‌صورت $N(CY_t;\ \sigma, z_3, \varepsilon_{3t})$ توصیف نموده است. تقاضا برای ذخیره‌سازی تابعی است از قیمت ذخیره‌سازی[6] (که با CY_t نشان داده می‌شود)، تلاطم قیمت (σ) و هر متغیر دیگری که بر تقاضای ذخیره‌سازی تأثیر دارد(مانند قیمت اسپات، میزان مصرف و غیره) نهایتاً می‌توان تابع معکوس تقاضای ذخیره‌سازی را بدین‌صورت نوشت:

---

1. می‌توان اختلاف بین عرضه و تقاضا که مبین تغییر در موجودی انبار است را تابع تقاضای خالص نامید.

2. Pindyck(2016)

3. مجموعه متغیرهای بنیادین در رابطه بالا به‌عنوان‌مثال عبارت‌اند از تغییر آب‌وهوا در طرف تقاضا و تغییر درآمد کل و نرخ دستمزدها و هزینه‌های سرمایه‌گذاری در طرف عرضه‌ی نفت خام

4. مانند تغییرات غیرقابل‌پیش‌بینی در تکنولوژی و تقاضا و غیره در منحنی تقاضا و وقوع اعتصابات و جنگ‌ها و رشد عرضه‌ی پیش‌بینی‌نشده در منحنی عرضه

5. Pindyck(2016)

6. قیمت ذخیره‌سازی همان ثمرات رفاهی است و ارزش جریان منافعی است که به نگهداری یک واحد نهایی موجودی انبار آن دارایی نسبت داده می‌شود.

$$CY_t = g(P_t, N;\ \sigma, z_3, \varepsilon_{3t}) \qquad (3)$$

چگونگی تسویه بازار ذخیره‌سازی در رابطه (3) نشان داده‌شده است و بدین معناست که ثمرات رفاهی تابعی است از موجودی انبار، تلاطم قیمت، و تمام مؤلفه‌هایی که بر تقاضای ذخیره‌سازی مؤثرند مانند نرخ عرضه و تقاضای فعلی و آینده دارایی، قیمت دارایی و غیره. در اینجا ذکر این نکته ضروری است که کلیه شوک‌های ساختاری[1] از طریق رابطه (1) در موجودی انبار و از طریق رابطه (2) در قیمت اسپات منعکس می‌گردند. شایان‌ذکر است که ثمرات رفاهی نیز بر اساس رابطه (3) از کلیه شوک‌های ساختاری متأثر می‌گردد. معادلات فوق تعادل را در دو بازار اسپات و بازار ذخیره‌سازی توصیف می‌کنند. بنابراین با سیستمی که بیانگر تعادل در دو بازار فیزیکی مرتبط به هم می‌باشند، مواجه ایم به‌نحوی‌که وقوع شوک‌های عرضه و تقاضای دارایی در بازار اسپات، بر بازار ذخیره‌سازی نیز تأثیر می‌گذارند وقوع شوک‌های عرضه و تقاضای ذخیره‌سازی نیز از طریق ΔN_t بر بازار اسپات تأثیر می‌گذارد، و لذا وقوع هرگونه شوکی به‌طور هم‌زمان بر هر دو بازار تأثیر می‌گذارد.

ازآنجاکه قیمت آتی‌ها اساساً با توجه به قیمت مورد انتظار اسپات در آینده شکل می‌گیرد لذا بازار آتی‌ها نیز از همین طریق کاملاً با دو بازار اسپات و ذخیره‌سازی مرتبط است. با توجه به تئوری ذخیره‌سازی قیمت مورد انتظار اسپات در آینده در رابطه‌ی (4) با توجه به هزینه نرخ بهره، هزینه انبارداری و ثمرات رفاهی تعیین می‌گردد:

$$E_t P_T = P_t + r_{t,T} + C_{t,T} - CY_{t,T} \qquad (4)$$

این رابطه اشاره دارد که بازده خرید یک دارایی در زمان t و فروش آن در زمان انقضاء T، می‌بایست برابر باشد با نرخ بهره ($r_{t,T}$) صرف‌نظر شده در طول دوره انبارداری آن دارایی به‌اضافه هزینه انبارداری ($C_{t,T}$) آن دارایی منهای ثمرات رفاهی ($CY_{t,T}$). از طرف

1. شوک‌های ساختاری عبارت‌اند از:شوک‌های عرضه نفت: وقوع شوک‌های عرضه نفت خام با تأثیر بر نوسانات عرضه قادر است بر ذخایر تجاری نفت نیز تأثیر بگذارد. شوک‌های تقاضای عمومی نفت: این شوک‌ها می‌توانند ناشی از نوسانات غیرمنتظره در سیکل‌های تجاری اقتصاد جهانی باشد به‌نحوی‌که با تغییر سیکل‌های تجاری اقتصاد جهانی، میزان تقاضای نفت خام نیز تغییر نماید. شوک‌های تقاضای موجودی انبار: وقوع شوک‌های مذکور موجب تغییر تقاضای احتیاطی نفت و متعاقباً تغییر تقاضای ذخایر تجاری نفت خام می‌گردد.

دیگر قیمت آتی‌ها ($F_{t,T}$)، در صورت برقراری شرایط "عدم آربیتراژ" منعکس‌کننده عوامل بنیادین دارایی بوده و برابر قیمت مورد انتظار نفت در بازار اسپات در آینده بر اساس رابطه (5) هست.

$$F_{t,T} = E_t P_T \qquad (5)$$

با جایگزینی رابطه(4) در (5) شکل‌گیری قیمت آتی‌ها با توجه به تئوری ذخیره‌سازی در صورت برقراری شرایط "عدم آربیتراژ" که منعکس‌کننده عوامل بنیادین دارایی هست، به دست می‌آید. بنابراین روابط بین قیمت اسپات و قیمت آتی‌ها و قیمت ذخیره‌سازی دارایی بر اساس رابطه (6) به دست می‌آید[1].

$$F_{t,T} = P_t + r_{t,T} + C_{t,T} - CY_{t,T} \qquad (6)$$

بر اساس تئوری ذخیره‌سازی، اختلاف قیمت اسپات از آتی‌ها یعنی پایه[2] به سه عنصر تجزیه می‌گردد: هزینه نرخ بهره، هزینه انبارداری و ثمرات رفاهی. اما برقراری شرایط عدم آربیتراژ همیشه امکان‌پذیر نیست و لذا ممکن است بین قیمت مورد انتظار اسپات در آینده و قیمت نفت در بازار آتی‌ها اختلاف وجود داشته باشد[3]. لذا یک شوک مالی در بازار آتی‌ها که موجب این اختلاف می‌گردد را می‌توان با توجه به رابطه زیر تعریف نمود:

---

1. وقوع وضعیت پیش بهین (پیش بهین) در بازار نفت اشاره به شرایطی دارد که در آن قیمت قرارداد اسپات و یا قرارداد آتی‌ها با سررسید زمانی نزدیک‌تر نسبت به قیمت قرارداد آتی‌ها با سررسید دورتر بالاتر است و این موضوع زمانی اتفاق می‌افتد که سطوح ذخایر تجاری نسبت به شرایط عرضه و تقاضا در بازار نفت پائین محسوب شده و ثمرات رفاهی بالا و خالص ثمرات رفاهی مثبت گردد. در مقابل، وقوع وضعیت پس بهین در بازار نفت اشاره به شرایطی دارد که در آن قیمت اسپات دارایی و یا قرارداد آتی‌ها با سررسید زمانی نزدیک‌تر نسبت به قیمت قرارداد آتی‌ها با سررسید دورتر پائین تر است.

2. Basis

3. برای درک علت این موضوع ابتدا باید تفاوت‌های بین دو بازار آتی‌ها و اسپات را دریافت. معامله گران در بازار اسپات نفت عمدتاً معامله گران" تجاری" هستند اما معامله گران بازار آتی‌ها شامل دو گروه "تجاری" و "غیرتجاری" می‌باشند. معامله گران غیرتجاری موقعیت فیزیکی برای تسویه ندارند و لذا اطلاعات مربوط به هزینه‌های ذخیره‌سازی و مواردی ازاین‌دست در اختیار آن‌ها نیست. چون معامله گران در دو بازار مذکور بر جنبه‌های متفاوتی متمرکز هستند و اطلاعات خود را به اشتراک نمی‌گذارند لذا مجموعه‌ی اطلاعاتی مشابهی در اختیار ندارند و لذا انتظارات آن‌ها از قیمت نفت در بازار اسپات در آینده می‌تواند نسبت به یکدیگر متفاوت باشد که همین تفاوت مبنای اختلاف قیمت آتی‌های قابل‌مشاهده از قیمت مورد انتظار اسپات در آینده هست. پس می‌توان گفت در شرایط عدم آربیتراژ، قیمتی که در بازار آتی‌ها کشف می‌شود قیمت کارای شکل‌گرفته بر اساس عوامل بنیادین بوده و برابر قیمت مورد انتظار اسپات در آینده هست که می‌تواند باقیمت مشاهده‌شده آتی‌ها در هر نقطه زمانی تفاوت داشته باشد

$$F_{t,T}^{0} = F_{t,T} + \varepsilon_t \qquad (7)$$

$F_{t,T}^{0}$ قیمت آتی‌های مشاهده‌شده در هرلحظه زمانی است که باقیمت آتی‌ها $F_{t,T}$ که بر اساس عوامل بنیادین شکل می‌گیرد، تفاوت دارد. ε_t شوک‌های مالی در بازار آتی‌ها هست، این شوک موجب آشفتگی و انحراف قیمت در بازار آتی‌ها می‌گردد به‌نحوی‌که افزایش تقاضای قرارداد آتی‌ها با توجه به این‌گونه فعالیت‌های مالی، قیمت آتی‌ها را از سطح تعیین‌شده توسط عوامل بنیادین دارایی منحرف می‌کند. (لامبوردی[1]، 2011)

با جایگزینی رابطه (6) در رابطه (7) خواهیم داشت:

$$F_{t,T}^{0} = P_t + r_{t,T} + C_{t,T} - CY_{t,T} + \varepsilon_t \qquad (8)$$

رابطه (8) را می‌توان بدین‌صورت بازنویسی نمود:

$$F_{t,T}^{0} - P_t = r_{t,T} + C_{t,T} - CY_{t,T} + \varepsilon_t \qquad (9)$$

در رابطه (9) همان‌طور که ملاحظه می‌شود با وقوع یک شوک مالی در بازار آتی‌ها بدون آنکه به‌طور هم‌زمان تغییری در موجودی انبار و متعاقب آن ثمرات رفاهی رخ دهد، شکاف قیمت آتی‌ها از اسپات(پایه) تغییر می‌کند. این موضوع ما را در نحوه شناسایی این شوک در مدلمان کمک می‌نماید.

3. مدل‌سازی

در این بخش ابتدا مدل خود رگرسیون برداری ساختاری در بازار نفت و روش تجزیه تاریخی و سپس مدل‌سازی ثمرات رفاهی که به‌منظور بررسی پویایی‌های ذخایر تجاری نفت خام در این پژوهش مورداستفاده قرارگرفته‌اند به‌طور خلاصه توضیح داده می‌شوند.

3-1. مدل خود رگرسیون برداری ساختاری

به‌منظور بررسی تأثیر هریک از شوک‌های ساختاری بر نوسانات ذخایر تجاری نفت خام از یک مدل خود رگرسیون برداری ساختاری[2] استفاده نموده و برای شناسایی مدل، با استفاده

1. Lambordi(2011)
2. Structural VAR

از نظریه اقتصادی اقدام به تحمیل قیودی بر ضرایب مدل می نمائیم. معادله زیر فرم کلی یک مدل خود رگرسیون برداری ساختاری[1] را نشان می‌دهد:

$$Ay_t = \sum_{i=1}^{p} A_i y_{t-i} + cD_t + BU_t \quad U : N(0, I_k) \qquad (10)$$

برقرار بودن رابطه $e_t = A^{-1} Bu_t$ نشان می‌دهد که اجزای تصادفی فرم حل‌شده مدل VAR، می‌توانند ترکیبی از شوک‌های تصادفی ساختاری u_t باشند. با توجه به تئوری‌های اقتصادی در بازار نفت، محدودیت‌هایی بر ماتریس A وضع‌شده [2] که با توجه به آن‌ها ارتباط بین جملات خطای فرم حل‌شده (e_t) و فرم ساختاری (u_t) به‌صورت زیر به دست می‌آید. اگر شوک عرضه نفت با اندیس $TOTAL\ P$ و شوک تقاضای عمومی نفت با IPI و شوک تقاضای ذخایر تجاری نفت با $STOCK$ و شوک مالی با $SPREAD$ و سایر شوک‌های وارده به قیمت نفت با P نمایش داده شود.

$$e = A^{-1} U$$

$$\begin{bmatrix} e_{t,TOTAL\ P} \\ e_{t,IPI} \\ e_{t,stock} \\ e_{t,SPREAD} \\ e_{t,P} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} C1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ C2 & C6 & 0 & 0 & 0 \\ C3 & C7 & C10 & 0 & 0 \\ C4 & C8 & C11 & C13 & 0 \\ C5 & C9 & C12 & C14 & C15 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_{t,TOTAL\ P} \\ u_{t,IPI} \\ u_{t,stock} \\ u_{t,SPREAD} \\ u_{t,P} \end{bmatrix}$$

---

2. U_t بردار شوک‌های فرم ساختاری هستند که متقابلاً غیر همبسته و درنتیجه متعامد فرض می‌شوند. ماتریس A، ارتباط هم‌زمان بین متغیرهای موجود در بردار y_t و ماتریس B، ضرایب شوک‌های ساختاری را نشان می‌دهد. در فرم ساختاری مذکور هر متغیر تابعی از مقادیر جاری متغیرها و وقفه‌های خود و سایر متغیرها است.

3. در مدل ما با توجه به مبانی نظری قیودی به این شرح اعمال گردیده‌اند: اول آنکه یک شوک عرضه نفت می‌تواند بر عرضه جهانی نفت در همان دوره تأثیر بگذارد. هرچند دیگر شوک‌ها نمی‌توانند بر عرضه نفت در همان دوره تأثیر بگذارند. درعین‌حال، یک شوک تولید نفت می‌تواند به‌طور هم‌زمان بر ذخایر تجاری و قیمت نفت و همچنین تقاضای نفت تأثیر بگذارد. همچنین یک شوک تقاضای عمومی نفت می‌تواند به‌طور هم‌زمان بر تقاضای جهانی نفت، قیمت نفت و متغیر پایه و ذخایر تجاری نفت تأثیر بگذارد، هرچند سایر شوک‌ها به‌جز شوک عرضه نفت به‌طور هم‌زمان بر تقاضای جهانی نفت تأثیر نمی‌گذارند. از طرف دیگر، یک شوک تقاضای احتیاطی، به‌صورت یک تغییر غیرمنتظره در تقاضای ذخایر تجاری نفت خام تعریف می‌گردد و می‌تواند به‌طور هم‌زمان بر ذخایر تجاری و قیمت نفت و متغیر پایه تأثیر بگذارد. وقوع یک شوک مالی در بازار آتی‌ها نیز به‌صورت یک تغییر غیرمنتظره در پایه تعریف‌شده و به‌طور هم‌زمان بر هیچ‌یک از متغیرهای بازار نفت تأثیر نداشته و تنها بر پایه و قیمت نفت خام به‌طور هم‌زمان تأثیر دارد. در انتها می‌توان گفت قیمت نفت از کلیه شوک‌های مذکور به‌طور هم‌زمان متأثر می‌گردد.

2-3. روش تجزیه تاریخی

اگر معادله (11) یک مدل VAR تقلیل یافته از مرتبه P را نشان دهد. می‌توان این معادله را در فرم میانگین متحرک[1] به شکل معادله‌ی (12) نوشت:

$$y_t = v_0 + A_1 y_{t-1} + \ldots + A_p y_{t-p} + u_t \quad (11)$$

$$y_t = A(L)^{-1} u_t = \Phi(L) u_t = \sum_{j=0}^{\infty} \Phi_j u_{t-j} \quad (12)$$

در معادله (12)، ماتریس Φ_j که یک ماتریس $K \times K$ است نیز به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\Phi_i = \sum_{j=1}^{i} \Phi_{i-j} A_j, \qquad i = 1,2,\ldots \quad (13)$$

که در آن، $\Phi_0 = I_k$ بود و برای $j > p$ ، $A_j = 0$ است.

می‌توان فرم میانگین متحرک را برای حالت عمومی فرم ساختاری معادله (11) نیز بدین‌صورت نوشت:

$$y_t = (\mathrm{A} - A_1^* L - \cdots - A_p^* L^p)^{-1} \mathrm{B} \upsilon_t = \sum_{j=1}^{\infty} \Phi_j \mathrm{A}^{-1} \mathrm{B} \upsilon_{t-j} = \sum_{j=1}^{\infty} \Psi_j \upsilon_{t-j} \quad (14)$$

که در آن، $\Psi_j = \Phi_j \mathrm{A}^{-1} \mathrm{B}$ و υ_t نشان‌دهنده شوک‌های ساختاری است. می‌توان معادله (14) را برای متغیر j ام به شکل زیر نوشت:

$$y_{jt} = \sum_{i=1}^{\infty} (\psi_{j1,i} \upsilon_{1,t-i} + \cdots + \psi_{jK,i} \upsilon_{K,t-i}) \quad (15)$$

1. Moving Average

که در آن $\psi_{jk,i}$، درایه (j,k) ماتریس ضرایب میانگین متحرک ساختاری در معادله (14) یعنی Ψ_i است. بنابراین خواهیم داشت:

$$y_{jt}^{(k)} = \sum_{i=1}^{\infty} \psi_{jk,i} \upsilon_{k,t-i} \tag{16}$$

$y_{jt}^{(k)}$ در معادله (16)، سهم توضیح‌دهندگی شوک ساختاری متغیر kام از متغیر j ام (y_{jt}) است. حالت ایده آل این خواهد بود که $y_{jt}^{(k)}$ را برای همه $k=1,\ldots,K$، در تمام طول نمونه، یعنی برای $t=1,\ldots,T$ رسم نموده و سهم هر شوک ساختاری را از متغیر j ام تحلیل کنیم. اما مسئله‌ای که وجود دارد در عمل چنین «تجزیه تاریخی» امکان‌پذیر نیست؛ به این خاطر که شوک‌های ساختاری در دسترس نیستند. راه‌حل جایگزین این است که ابتدا شوک‌های ساختاری داخل نمونه را تخمین بزنیم و سپس با جایگذاری تکراری تجزیه تاریخی مانند معادله (17) انجام دهیم:

$$\begin{aligned} y_t &= \sum_{i=1}^{t-1} \Phi_i u_{t-i} + A_1^{(t)} y_0 + \cdots + A_p^{(t)} y_{-p+1} \\ &= \sum_{i=1}^{t-1} \Psi_i \upsilon_{t-i} + A_1^{(t)} y_0 + \cdots + A_p^{(t)} y_{-p+1} \end{aligned} \tag{17}$$

در معادله بالا $A_i^{(t)}$ به‌گونه‌ای محاسبه می‌شوند که ماتریس $[A_1^{(t)},\ldots,A_p^{(t)}]$ از K سطر اول ماتریس $PK \times PK$، $\mathbf{A}^{\mathrm{t}}$ تشکیل‌شده است. ماتریس $\mathbf{A}$ نیز به شکل زیر تعریف می‌شود:

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} A_1 & \cdots & A_{p-1} & A_p \\ I_k & & 0 & 0 \\ & \ddots & & \vdots \\ 0 & & I_k & 0 \end{bmatrix}$$

حال می‌توان معادله تجزیه تاریخی را به شکل زیر نوشت:

$$y_{jt}^{(k)} = \sum_{i=1}^{t-1} \psi_{jk,i} \upsilon_{k,t-i} + \alpha_{j1}^{(t)} y_0 + \cdots + \alpha_{jp}^{(t)} y_{-p+1} \tag{18}$$

که در آن $\psi_{jk,i}$، درایه (j,k) ماتریس ضرایب میانگین متحرک ساختاری یعنی Ψ_i است و $\alpha_{ji}^{(t)}$، j امین سطر ماتریس $A_i^{(t)}$ است. در معادله فوق، $y_{jt}^{(k)}$ سهم شوک ساختاری kام از متغیر j ام با فرض مشخص بودن $y_0,\ldots,y_{-p+1}$ است. در عمل، باید همه پارامترهای نامشخص موجود در معادله (18) توسط ضرایب تخمین زده‌شده جایگزین شوند تا بتوان تجزیه تاریخی را انجام داد.

3-3. مدل‌سازی ثمرات رفاهی

همان‌گونه که در مبانی نظری توضیح داده شد ثمرات رفاهی بخش مهم و غیرقابل مشاهده از تئوری ذخیره‌سازی است و درک پویایی‌های بازار ذخیره‌سازی بدون بررسی ثمرات رفاهی غیرممکن است. برای اندازه‌گیری آن تاکنون نقطه نظرات متفاوتی ارائه گردیده است. در این پژوهش ثمرات رفاهی با توجه به قیمت مشتقات[1] و با استفاده از روش مسئله معکوس محاسبه می‌گردد. بر این اساس مدل شوارتز (1990)[2] که یک مدل مبتنی بر قیمت مشتقات هست، به‌خوبی با مبانی نظری بازار نفت خام مطابقت دارد.[3] در این مدل عامل اول قیمت اسپات دارایی و عامل دوم ثمرات رفاهی هم‌زمان، هست. این دو عامل از فرآیند تصادفی مشترکی پیروی می‌نمایند. این مدل در سال 1997 توسط شوارتس به یک مدل سه عاملی تبدیل گشت که مبنای پژوهش کنونی ما هست. در این مدل ، نرخ بهره نیز فرآیندی تصادفی دارد. مدل سه عاملی برای قیمت‌گذاری آتی‌ها شامل سه متغیر وضعیت یا عامل تصادفی هست، قیمت اسپات دارایی، ثمرات رفاهی هم‌زمان و نرخ بهره هم زمان‌که با لحاظ یک فرآیند بازگشت به میانگین ساده برای نرخ بهره قادر خواهیم بود به شکل بسته جواب [4] برای قیمت آتی‌ها دست پیدا کنیم. در این مدل آن‌ها فرض ثابت بودن ثمرات

---

1. Convenience yield filtered from derivative prices
2. Schwartz(1990)
3. چراکه بر اساس این روش قیمت اسپات و ثمرات رفاهی، به‌طور هم‌زمان در دو بازار مرتبط به هم تعیین می‌گردند و لذا با سیستمی متشکل از دو معادله که بیانگر تعادل در دو بازار مرتبط به هم هست، مواجه هستیم، سیستمی که در آن هرگونه تغییر در مؤلفه‌های تأثیرگذار بر هر متغیر بر متغیر دیگر نیز تأثیر می‌گذارد. بر اساس همین تئوری، ثمرات رفاهی باقیمت دارایی در بازار اسپات رابطه‌ی مستقیم دارد
1. Closed Form Solution

رفاهی را بسیار محدودکننده دانسته و درنتیجه یک فرآیند تصادفی بازگشت به میانگین برای حرکت ثمرات رفاهی در نظر گرفتند. این مدل سه عاملی بدین‌صورت قابل‌بیان است:

$$\begin{cases} ds(t) = (\mu - \delta)sdt + \sigma_1 s dz_1 & dz_1, dz_2 = \rho_1 dt \\ d\delta(t) = k(\hat{\alpha} - \delta)dt + \sigma_2 dz_2 & dz_2, dz_3 = 0 \\ dr = \alpha(m^* - r)dt + \sigma_3 dz_3 & dz_1, dz_3 = \rho_2 dt \end{cases} \quad (19)$$

که μ نرخ کلی درآمد عاید شده از نگهداری یک واحد کالا و σ_s تلاطم قیمت دارایی هست. $dz_{s,t}$ حرکت براونی برای لحاظ حرکت تصادفی قیمت هست. همچنین δ_t به ارزش بلندمدت تعادلی $\hat{\alpha}$ با سرعت κ و تلاطم σ بازگشت دارد. در این شرایط ساختار زمانی جمله آتی‌ها در کوتاه‌مدت می‌تواند بسته به فاصله δ_t از تعادل بلندمدت خود و $\hat{\alpha}$ و سرعت بازگشت κ هر شکل متفاوتی به خود بگیرد. هرچند در بلندمدت ساختار جمله آتی‌ها با توجه به ارزش $\hat{\alpha}$ نسبت به نرخ بهره بدون ریسک به شکل واحدی همگرایی دارد. در معادله سوم نیز a و m^* به ترتیب سرعت ضریب تعادلی و ریسک تعادلی متوسط نرخ کوتاه‌مدت در فرآیند نرخ بهره می‌باشند. بنابراین با مراجعه به فرآیند مسئله معکوس و چگونگی مدل‌سازی مسئله مستقیم[1] مدل آتی‌های حاصل از روش مسئله معکوس، به‌صورت زیر خواهد بود:

$$\frac{d\hat{U}}{dt} = k\hat{\alpha}\frac{d\hat{U}}{d\delta} + \frac{1}{2}\sigma_2^2\frac{d^2\hat{U}}{d\delta^2} + F^2\left(\frac{1}{2}\sigma_1^2 + \frac{1}{2}\sigma_3^2 B_r^2(t,T) - \rho_{F,r}\sigma_1\sigma_3 B_r(t,T)\right)\frac{d^2U}{dF^2} + \rho_{F,\delta}\sigma_1\sigma_2\frac{d^2\hat{U}}{dFd\delta} - \delta k\frac{d\hat{V}}{d\delta} \quad (20)$$

با شرط $U(0,\delta,F) = 0$، به ازای تابع معلوم $f(\xi_1\xi_2)$ جواب مسئله به‌صورت زیر خواهد بود:

$$\hat{U}\left(t,\overbrace{F,\delta}^{x}\right) = \int_0^t\int_0^{F_{\max}}\int_0^{\delta_{\max}}\Gamma(\tau,\xi_1,\xi_2)\underbrace{(\hat{\delta}(\tau)k\frac{d\hat{V}(\tau,\xi_1,\xi_2)}{d\xi_2})}_{f(\xi_1,\xi_2)}d\xi d\tau \quad (21)$$

2. در صورت درخواست پژوهشگران مدل‌سازی مسئله مستقیم قابل‌ارائه هست.

آنچه علاوه بر داده‌های اضافی بازار به ازاء هر $(F,\delta)\in[0,F_{\max}]\times[0,\delta_{\max}]$ نیاز داریم $\frac{d\hat{V}(t,x^*)}{dt}$ هست که در رابطه فوق لازم و ضروری بوده است. پس با دیفرانسیل گرفتن از هر دو طرف (21) و یکتایی حل معادله انتگرال داریم:(فریدمن،2008)

$$\delta(t)=\frac{\frac{U_*(t)}{\kappa}}{\frac{dV(t,x_*)}{dt}}+ \qquad (22)$$
$$\int_0^t\left(\int_0^{F_{\max}}\int_0^{\delta_{\max}}\frac{\partial\Gamma(t,F,\delta;\tau,\xi_1,\xi_2)}{\partial t}\kappa\frac{\partial V(\tau,\rho_1,\rho_2)}{\partial\xi_2}d\xi\right/\frac{\partial V(t,x_*)}{d\delta}\delta(\tau)d\tau$$

با توجه به مطالب بیان‌شده می‌توان دریافت مسئله معکوس بیان‌شده دارای جواب تحلیلی نیست بنابراین می‌توان آن را با کمک الگوریتمی که مبتنی بر روش عددی باشد حل کرد. در این قسمت تفاضلت متناهی را برای مسئله معکوس و مستقیم بیان می‌کنیم پس کافی است Ω به ازای هر زمان گسسته $k=0,...,N-1$ به‌صورت زیر مفروض باشد:

$$\Omega=\{(F_i,\delta_j) \quad : \quad 0\le i\le m_1, 0\le j\le m_2\}$$

به‌نحوی که:
$$\{(F_i,\delta_j)\ |F_i=i\Delta\tau,\delta_j=j\Delta\delta,\Delta F=\frac{F_{\max}}{m_1},\Delta\delta=\frac{\delta_{\max}}{m_2}\}$$

حال برای معادله (19) و (20) با گسسته سازی تابع V و نمادگذاری $V_{i,j}^n=V^n(F_i,\delta_i)$ خواهیم داشت و با استفاده از تغییر متغیر $x=e^F$ و $y=e^\delta$ در مسئله مستقیم موجود در پیوست خواهیم داشت:

$$\frac{\hat{V}_{i,j}^{k+1}-\hat{V}_{i,j}^{k}}{\Delta t}=\frac{j}{2}\left(k\hat{\alpha}+\frac{1}{2}\sigma_2^2\right)\left(\hat{V}_{i,j+1}^{k}-\hat{V}_{i,j-1}^{k}\right)+$$
$$\frac{1}{2}\sigma_2^2 j^2\left[\hat{V}_{i,j+1}^{k}-2\hat{V}_{i,j}^{k}+\hat{V}_{i,j-1}^{k}\right]+ \qquad (23)$$
$$i^2F_i\left(\frac{1}{2}\sigma_1^2+\frac{1}{2}\sigma_3^2\left(\frac{1}{a}(e^{-a(T-t)}-1)^2-\right.\right.$$
$$\rho_{13}\sigma_1\sigma_3\left(\frac{1}{a}(e^{-a(T-t)}-1)\right)\left(\hat{V}_{i+1,j}^{k}-2\hat{V}_{i,j}^{k}+\hat{V}_{i,j-1}^{k}\right)+$$
$$\rho_{1,2}\sigma_1\sigma_2F_i ij\left[\frac{\hat{V}_{i+1,j+1}^{k}-\hat{V}_{i-1,j+1}^{k}-\hat{V}_{i+1,j-1}^{k}+\hat{V}_{i-1,j-1}^{k}}{4}\right]$$

با استفاده از مطالب بیان‌شده، معادله حاصل از مسئله معکوس نیز برای $\hat{U}$ مانند فوق خواهد شد. محاسبات عددی را به‌صورت تکراری نسبت به زمان از نقطه k_1 شروع و تا آخرین نقطه ادامه می‌دهیم که تمامی تکرارها منجر به تشکیل مش می‌شود. بعد از حل معادله مسئله مستقیم(19) و تشکیل ماتریس می‌توانیم $\hat{V}$ را در هر نقطه زمانی نسبت به (F,δ) در زمان kام برآورد کنیم و مشابهاً $\hat{U}$ و $\delta(t)$ همراه با داده‌های اضافی $\frac{d\hat{U}(t,x_*)}{dt}$، $x_*\in[0,F_{\max}]\times[0,\delta_{\max}]$ از طریق روابط بیان‌شده به دست آوریم. نتایج تابع عددی حاصل از روابط فوق نشان می‌دهد که برآورد ثمرات رفاهی به‌اندازه کافی دقیق نیستند بنابراین الگوریتم تکراری زیر برای به دست آوردن تقریبی با دقت مطلوب را ارائه می‌دهیم.

(I) برای m=0 قرار می‌دهیم $\delta(t)=0$

(II) با حل مسئله مستقیم، $\hat{V}$ را به دست می‌آوریم

(III) با به دست آوردن $\hat{V}$، $\delta_{m+1}(t)$ را به دست می‌آوریم.

(IV) اگر $\|\delta_{m+1}(t)-\delta_m(t)\|\le\varepsilon$، ε به‌اندازه کافی کوچک باشد تکرار را متوقف می‌کنیم در غیر این صورت اجرای گام V

m=m+1 (V) را قرار می‌دهیم و به گام (II) می‌رویم.

4. تجزیه‌وتحلیل داده‌های پژوهش

4-1. انتخاب متغیرهای مدل

در این پژوهش برای تخمین مدل خود رگرسیون برداری ساختاری از داده‌های ماهانه قیمت اسپات و قیمت آتی‌های WTI استفاده گردیده است. متغیر پایه نیز به‌صورت اختلاف قیمت اسپات و قیمت آتی‌های ماه دوم[1] محاسبه گردیده است. همچنین از داده‌های تولید جهانی نفت و داده‌ی ذخایر تجاری نفت خام آمریکا و کشورهای عضو سازمان همکاری و توسعه‌ی اقتصادی(OECD) و از شاخص تولیدات صنعتی[2] کشورهای عضو سازمان همکاری و توسعه اقتصادی و کشورهای گروه بریکس[3] به‌عنوان مبنای فعالیت اقتصاد جهانی در مدل استفاده نموده‌ایم. داده‌های مربوطه از پایگاه‌های اطلاعاتی OECD DATA و EIA[4] به‌دست‌آمده است.تخمین مدل و روش تجزیه تاریخی با استفاده از نرم‌افزارهای EVIEWS و WINRATS انجام پذیرفته است. برای محاسبه ثمرات رفاهی نیز از داده‌های آتی‌های ماه چهارم و قیمت اسپات نفت خام و متوسط گیری داده‌های نرخ

---

1. قیمت قرارداد آتی‌های WTI نزدیک‌ترین ماه تحویل، اکنون قیمت نفت خام WTI در بازار اسپات را پی‌ریزی می‌کند، سپس با استفاده از یکی از چندین رابطه موجود که رایج‌ترین رابطهCMA و WTI P-PLUS هست، قیمت نهایی نفت خام شاخص WTI در بازار اسپات تعیین می‌گردد. در برخی از پژوهش‌ها از آتی‌های ماه اول برای تخمین متغیر پایه استفاده‌شده است اما ازآنجاکه آتی‌های ماه اول به نحوی همان قیمت اسپات نفت هست و حتی در برخی پژوهش‌ها آن را به‌عنوان یک پروکسی از قیمت اسپات در نظر گرفته‌اند، لذا با توجه به این نکته‌ی بسیار مهم که مستلزم درک فرآیند قیمت‌گذاری نفت خام WTI در بازار اسپات هست، می‌بایست توجه نمود که برای تخمین واقع بینانه متغیر پایه تنها از آتی‌های ماه اول می‌توان به‌عنوان قیمت اسپات استفاده نمود.

2. ازآنجاکه مصرف نفت از عوامل بسیاری نشأت می‌گیرد، نمی‌توان در کار تجربی از داده‌های مربوط به مصرف جهانی نفت برای انعکاس تأثیر تقاضای عمومی نفت خام استفاده نمود بنابراین باید از یک شاخص اقتصادی مناسب برای انعکاس آن بخش از تقاضای جهانی نفت که مربوط به نوسانات فعالیت واقعی اقتصاد جهانی است بهره برد. تولید ناخالص واقعی جهان یکی از شاخص‌های پذیرفته‌شده برای انعکاس فعالیت اقتصاد جهانی است. متأسفانه داده‌های مربوط به این متغیر به‌صورت فصلی منتشرشده و برای این پژوهش که از داده‌های ماهانه استفاده می‌کند، مناسب نیست. اما شاخص بعد که به‌طور گسترده مورداستفاده پژوهشگران قرار می‌گیرد و بر مبنای ماهانه نیز منتشر می‌گردد، شاخص تولیدات صنعتی2 می‌باشد.

3. BRICS

4. Energy Information Administration

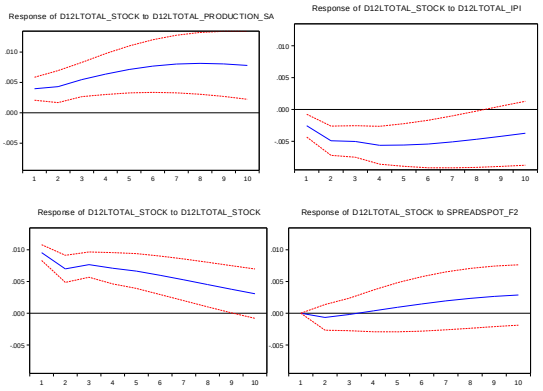
تنزیل یک‌ماهه و سه‌ماهه اوراق خزانه آمریکا[1] به‌عنوان متغیر نرخ بهره استفاده‌شده است. شایان توجه است که در محاسبه‌ی ثمرات رفاهی از نرم‌افزار متلب استفاده‌شده است. شایان‌ذکر است که برای بررسی ایستایی متغیرهای مدل، از آزمون ریشه واحد استفاده و مشخص گردید که همه‌ی متغیرهای مدل انباشته از درجه‌یک می‌باشند و با یک‌بار تفاضل‌گیری مانا می‌شوند[2].

3-4. تخمین مدل واکنش ذخایر تجاری نفت خام به شوک‌های ساختاری

نتیجه تخمین ماتریس A^{-1} و آزمون معناداری ضرایب و خروجی نرم‌افزار در پیوست 1 ارائه گردیده است. با در اختیار داشتن مقادیر ماتریس A^{-1} و جملات پسماند فرم حل‌شده VAR می‌توان شوک‌های ساختاری را استخراج و اثر آن‌ها را بر متغیرها با استفاده از توابع ضربه-واکنش موردبررسی قرارداد. در نمودار (1) با استفاده از این ابزار واکنش ذخایر تجاری نفت نسبت به شوک‌های عرضه، شوک‌های تقاضا و شوک‌های تقاضای احتیاطی و شوک‌های سفته‌بازی مالی ملاحظه می‌گردد.

1. 1 and 3 month T-bills

2. شایان‌ذکر است که تفاضل گیری مرتبه اول کلیه متغیرها به‌صورت سالانه انجام پذیرفته است تا نمودارهای به‌دست‌آمده برای تجزیه تاریخی ذخایر تجاری نفت خام با نوسانات کم‌تری نمایش داده شود و بررسی سهم شوک‌های ساختاری در انباشت بی‌سابقه‌ی ذخایر تجاری نفت خام به نحو بهتری امکان‌پذیر گردد.



نمودار (1): توابع ضربه- واکنش

منبع:محاسبات پژوهش

همان‌گونه که ملاحظه می‌شود ذخایر تجاری نفت خام به‌واسطه وقوع یک شوک مثبت در عرضه‌ی نفت خام، به‌سرعت افزایش می‌یابد اما وقوع یک شوک مثبت تقاضای نفت خام موجب کاهش ذخایر تجاری نفت خام می‌گردد. همچنین وقوع یک شوک مثبت تقاضای احتیاطی نفت موجب افزایش ذخایر تجاری تا ماه هشتم می‌گردد. اما وقوع یک شوک مثبت سفته‌بازی مالی تقریباً تأثیری بر ذخایر تجاری نفت خام در دوره‌ی موردپژوهش ما ندارد. به نظر می‌رسد در دوره‌ی پژوهش ما برخلاف شوک‌های تقاضای موجودی انبار تأثیر معنادار و قابل‌توجهی بر ذخایر تجاری نفت خام دارند، شوک‌های سفته‌بازی مالی تأثیر معناداری بر ذخایر تجاری نفت خام ندارند.[1]

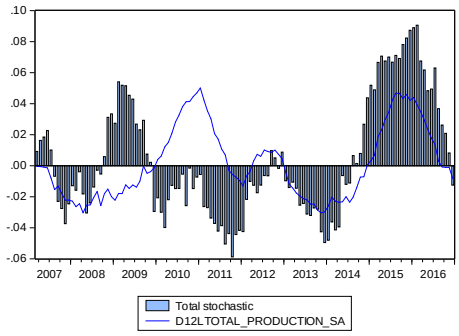
4-4. تحلیل تجزیه تاریخی ذخایر تجاری نفت خام از اواخر سال 2014

می‌توان با تحلیل تجزیه تاریخی ذخایر تجاری نفت خام، سهم هر یک از شوک‌های ساختاری را در انباشت ذخایر تجاری نفت خام از اواخر سال 2014 به بعد و مقارن با

1. بر اساس لامبوردی(2011) اگرچه شوک‌های سفته‌بازی مالی ممکن است بر ذخایر تجاری نفت خام تأثیر قابل‌توجه و معناداری نداشته باشند اما این شوک‌ها می‌توانند به‌طور موقتی بر قیمت نفت خام مؤثر باشند.

کاهش بی‌سابقه‌ی قیمت نفت خام بررسی نمود. بر اساس گزارش اوپک(2014) در اواخر سال 2014 ذخایر نفت خام نسبت به زمان مشابه در سال قبل از آن 0/4 میلیون بشکه در روز افزایش‌یافته و در ماه سپتامبر سال 2014 به بالاترین سطح خود رسیده است. اما همان‌گونه که ملاحظه می‌شود روند فزاینده انباشت ذخایر تجاری نفت خام از اوایل سال 2015 شدت بیشتری گرفته به‌نحوی‌که در اواخر سال 2015 ذخایر نفت خام 0/8 میلیون بشکه در روز نسبت به زمان مشابه در سال 2014 رشد نشان داده است (گزارش سالانه‌ی اوپک،2015) شایان‌ذکر است که تجزیه تاریخی ذخایر تجاری نفت خام با توجه به هر یک از شوک‌های ساختاری از زمان آغاز کاهش قیمت نفت خام در پیوست 2 ارائه گردیده است (این نتایج با استفاده از نرم‌افزار WINRATS به‌دست‌آمده است.) در نمودارهای 1 تا 4 نیز نتایج تجزیه تاریخی ذخایر تجاری نفت خام با توجه به هر یک از شوک‌های ساختاری در نمودارهای مجزا آورده شده است. همان‌گونه که نتایج تجزیه تاریخی ذخایر تجاری نفت خام نشان می‌دهد شوک‌های عرضه‌ی نفت خام از اواخر سال 2014 تا ماه اوت سال 2016 بیشترین سهم را در انباشت ذخایر تجاری نفت خام داشته‌اند. بر اساس نمودار 2 سهم این شوک‌ها از اواخر سال 2014 مداوماً در انباشت ذخایر تجاری نفت خام افزایش‌یافته و در ماه اوت سال 2015 به حداکثر خود رسیده است به‌نحوی‌که در این ماه سهم شوک‌های عرضه در انباشت ذخایر تجاری نفت خام بالغبر 55 درصد بوده است. به نظر می‌رسد تصمیم اوپک مبنی بر حفظ سطوح تولید در حد 30 میلیون بشکه در روز در ماه نوامبر سال 2014، سرآغاز تأثیرگذاری مثبت شوک‌های عرضه به‌عنوان یکی از علل انباشت بی‌سابقه‌ی ذخایر تجاری نفت خام محسوب می‌شود. همچنین باید توجه نمود که در ماه‌های پایانی سال 2014 گزارش‌ها حاکی از رشد خیره‌کننده در تولید نفت غیر اوپک و به‌خصوص رشد غیرمنتظره از منابع نفت غیرمتعارف در امریکا بوده است. به‌عنوان‌مثال بر اساس گزارش EIA تولید نفت خام آمریکا در پایان ماه اکتبر سال 2014 ، به 9 میلیون بشکه در روز بالغ گردید که حدود 1 میلیون بشکه در روز افزایش نسبت به ژانویه 2014 نشان می‌دهد. بر این اساس تحلیل گران نرخ افزایش تولید نفت در آمریکا را

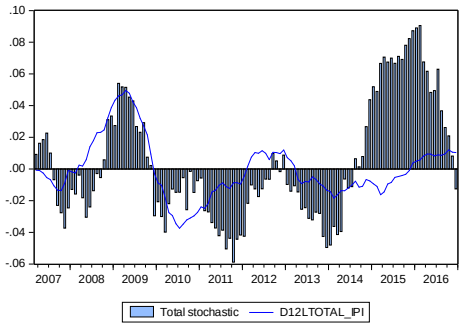
در این برهه زمانی بیش‌تر از پیش‌بینی‌ها دانسته و این موضوع را یکی از مهم‌ترین دلایل ایجاد عدم توازن و مازاد عرضه در بازار نفت در پایان سال 2014 برشمرد. علاوه بر موارد گفته‌شده، طبق گزارش EIA اختلالات در عرضه‌ی نفت اوپک نیز در اواخر سال 2014 به میزان قابل‌توجهی کاهش پیدا کرد.[1] بر اساس گزارش اوپک(2015) در سال 2015 تولید غیر اوپک رشدی معادل 1/47 میلیون بشکه در روز و تولید اوپک نیز 1/07 میلیون بشکه در روزرشد را نشان داده است. و درمجموع در سال 2015 بازار نفت با مازاد عرضه‌ای معادل 2/1 میلیون بشکه در روز مواجه گردیده است.درمجموع روند به وجود آمدن مازاد عرضه‌ی نفت از ماه‌های پایانی سال 2014 به بعد تأثیر فراوانی بر انباشت ذخایر تجاری نفت خام در این برهه‌ی زمانی بر جای گذاشته است. همچنین بر اساس نتایج تنها از اواخر سال 2015 شوک‌های تقاضای عمومی نفت بر انباشت ذخایر تجاری نفت خام تأثیرگذار بوده‌اند که این موضوع با کاهش رشد اقتصادی کشورهای با اقتصاد نوظهور(به‌خصوص چین) از این زمان به بعد مطابقت دارد.



نمودار (2): تجزیه تاریخی ذخایر تجاری نفت با توجه به شوک‌های عرضه

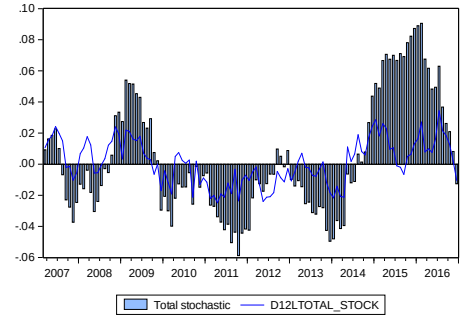
منبع:محاسبات پژوهش

1. اختلالات عرضه اوپک از 2.6 میلیون بشکه در روز در ماه مه سال 2014 به 2 میلیون بشکه در روز در سپتامبر این سال کاهش یافت که این موضوع موجب سرازیر شدن نفت بیشتری به بازارها گردید



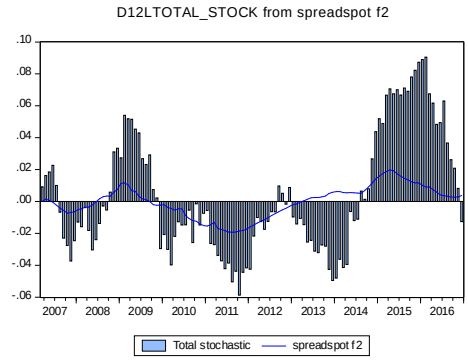
نمودار (3): تجزیه تاریخی ذخایر تجاری نفت با توجه به شوک‌های تقاضا

منبع:محاسبات پژوهش



نمودار (4): تجزیه تاریخی ذخایر تجاری نفت با توجه به شوک‌های تقاضای احتیاطی

منبع:محاسبات پژوهش



نمودار (5):تجزیه تاریخی ذخایر تجاری نفت با توجه به شوک‌های سفته‌بازی مالی

منبع:محاسبات پژوهش

در اینجا باید به این نکته توجه نمود که بر اساس رابطه (1) در مبانی نظری نیز نشان دادیم که اساساً موجودی انبار نفت خام به‌عنوان مؤلفه‌ای که عدم توازن‌های ناشی از شوک‌های دائمی عرضه و تقاضای نفت را جذب نموده و بدین‌وسیله از نوسانات یک‌باره‌ی قیمت نفت ممانعت می‌کند، شناخته می‌شود. اما همان‌طور که نتایج تجزیه تاریخی در نمودار (4) نشان می‌دهد در طول این دوره شوک‌های تقاضای موجودی انبار نیز تأثیر بسزایی بر نوسانات ذخایر تجاری نفت خام داشته‌اند و بنابراین درمجموع انباشت بی‌سابقه‌ی ذخایر تجاری نفت در این برهه صرفاً با تعدیل ناشی از مازاد یا کمبود عرضه‌ی نفت در ارتباط نبوده بلکه با تعدیل ناشی از انتظارات معامله گران نیز مرتبط بوده است. تأثیرگذاری شوک‌های تقاضای موجودی انبار بر انباشت ذخایر تجاری نفت خام ازاین‌جهت حائز اهمیت خواهد بود که ممکن است معامله گران، افزایش ذخایر تجاری نفت خام را تماماً به‌عنوان نشانه‌ای از وجود مازاد عرضه در بازار نفت تفسیر نمایند و بدین ترتیب فشار بر کاهش قیمت اسپات به‌منظور برقراری مجدد توازن افزایش یابد.[1] این در حالی است که بخشی از انباشت ذخایر تجاری نفت خام به علت تصمیم معامله گران برای ذخیره‌سازی نفت خام به‌منظور بهره‌برداری از فرصت‌های آربیتراژی به وجود آمده براثر شکاف قیمت آتی‌ها از اسپات در طول این دوره بوده است که این موضوع در بخش بعد و در ارتباط با مفهوم ثمرات رفاهی تشریح می‌گردد.در ادامه با استفاده از مفهوم ثمرات رفاهی، علت افزایش سهم شوک‌های تقاضای موجودی انبار نفت خام در انباشت ذخایر تجاری نفت خام به‌خصوص از اواخر سال 2014 به بعد را توضیح خواهیم داد.

1. درمجموع درصورتی‌که بازار توانایی مجزا نمودن آن بخش از انباشت ذخایر تجاری نفت خام را که براثر مازاد عرضه در بازار به وقوع پیوسته از آن بخش که به علت فعالیت‌های سفته‌بازی رخ‌داده است را نداشته باشد، این موضوع می‌تواند فشار کاهشی بیشتری بر قیمت نفت خام وارد آورد.

5-4. نتایج تخمین ثمرات رفاهی در ارتباط با ذخایر تجاری نفت خام

بر اساس تئوری ذخیره‌سازی انتظارات معامله‌گرانی که در بازار اسپات و آتی‌ها فعالیت می‌کنند، در خالص ثمرات رفاهی و متناظر آن در متغیر پایه منعکس می‌گردد. از طرف دیگر سطوح ذخایر تجاری نفت خام نسبت به ارتباط میان قیمت فعلی نفت و انتظارات از قیمت آینده نفت خام(متغیر پایه) حساسیت دارد و با تغییر متغیر پایه نوسان می‌کند و لذا تحلیل وضعیت متغیر پایه (شکاف قیمت آتی‌ها از اسپات) با توجه به خالص ثمرات رفاهی در تحلیل پویایی‌های موجودی انبار نفت خام و درک علت اهمیت شوک‌های تقاضای موجودی انبار نفت خام در انباشت بی‌سابقه‌ی ذخایر نفت خام از اهمیت بسزایی برخوردار است. با توجه به نتایج، ثمرات رفاهی از اواخر سال 2014 به بعد تقریباً ارقامی نزدیک صفر را نشان می‌دهد که مبین بالا بودن سطوح ذخایر تجاری نفت خام هست. (نتایج تخمین در پیوست 3 فراوان هست). ازآنجاکه بر اساس مبانی نظری، در سطوح بالای ذخایر تجاری، ثمرات رفاهی به‌شدت کاهش پیدا می‌کند بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که نتایج به‌دست‌آمده برای ثمرات رفاهی منطقی و مطابق با واقعیت است. این موضوع با روند ایجاد مازاد عرضه در بازار نفت از اواسط سال 2014 میلادی به بعد نیز مطابقت دارد چراکه مازاد عرضه در بازار نفت خود یکی از دلایل آغاز انباشت ذخایر تجاری نفت و لذا کاهش ثمرات رفاهی در این برهه به‌حساب می‌آید تشدید روند انباشت ذخایر تجاری نفت خام، با ورود بازار به شرایط پس بهین(کونتانگو) از ماه نوامبر سال 2014 به بعد قابل توضیح است که این موضوع با افزایش اهمیت شوک‌های تقاضای موجودی انبار(شوک‌های سفته‌بازی) در این برهه نیز تائید می‌گردد. بر اساس تئوری ذخیره‌سازی، پس بهین(کونتانگو) با سطوح ثمرات رفاهی بسیار پایین در ارتباط هست. بر اساس فتوح و همکاران(2013)[1] ثمرات رفاهی می‌تواند بر متغیر پایه از طریق آربیتراژ تأثیر بگذارد. بدین‌صورت که وقتی ثمرات رفاهی پائین باشد جذابیت نگهداری قرارداد آتی‌ها نسبت به ذخایر فیزیکی آن دارایی افزایش می‌یابد چراکه نگهداری ذخایر فیزیکی آن دارایی هیچ

1. Fattoh et al.(2013)

منفعتی ندارد. این موضوع قیمت آتی‌ها را افزایش و قیمت اسپات را کاهش می‌دهد . برای توضیح این موضوع می‌بایست به مفهوم خالص ثمرات رفاهی که از کسر هزینه‌های ذخیره‌سازی از مقادیر ثمرات رفاهی به دست می‌آید نیز توجه نمود.[1] بر اساس تئوری ذخیره‌سازی، پس بهین(کونتانگو) شرایطی است که در آن متغیر پایه صرفاً با توجه به هزینه‌های ذخیره‌سازی تغییر می‌کند(چراکه ثمرات رفاهی در این شرایط نزدیک به صفر است و هزینه‌های ذخیره‌سازی تنها مؤلفه‌ای است که بر تغییرات متغیر پایه تأثیرگذار است) بنابراین به علت پائین بودن سطوح ثمرات رفاهی(منافع حاصل از ذخیره‌سازی نفت خام) اگر میزان شکاف قیمت آتی‌ها از اسپات(کونتانگو) به‌اندازه کافی بزرگ باشد که هزینه‌های ذخیره‌سازی نفت را پوشش دهد، معامله گران در بازار اسپات می‌توانند منافع بیشتری از فروش دارایی در زمان آینده به دست آورند لذا آن‌ها به‌جای فروش فوری دارایی آن را ذخیره می‌کنند تا بتوانند درزمانی در آینده آن را به قیمت بالاتری بفروشند[2] این عمل موجب افزایش تقاضای موجودی انبار با مقاصد سفته‌بازی و انباشت بیشتر موجودی انبار تا زمان سررسید قرارداد آتی‌ها می‌گردد.همان‌گونه که در نمودار (4)

1. بر اساس گزارش EIA نرخ استفاده از تسهیلات ذخیره‌سازی نفت خام1 در کوشینگ که نقطه‌ی تحویل قرارداد آتی‌های نفت خام WTI هست و بهینه‌ترین نقطه‌ی ذخیره‌سازی نفت خام به لحاظ کسب سود از وضعیت پس بهین است1 ، از 25 درصد در سپتامبر سال 2014 به 71 درصد در سپتامبر سال 2015 و 79 درصد در سپتامبر سال 2016 افزایش‌یافته است. نکته‌ی قابل‌توجه آن است که زمانی که ظرفیت تسهیلات ذخیره‌سازی رو به اتمام باشد گزینه‌های ذخیره‌سازی پرهزینه‌تر موردنیاز خواهد بود که موجب افزایش هزینه‌های ذخیره‌سازی و فشار بر کاهش بیشتر قیمت نفت خام در بازار اسپات نسبت به قیمت قرارداد آتی‌های آن و تعمیق شرایط پس بهین(کونتانگو) می‌گردد. بنابراین با توجه به افزایش نرخ استفاده از تسهیلات ذخیره‌سازی در کوشینگ از اواخر سال 2014 تا پایان سال 2016 می‌توان استدلال نمود که هزینه‌ی ذخیره‌سازی نفت خام با پر شدن تسهیلات ذخیره‌سازی در نقطه‌ی تحویل قرارداد آتی‌های WTI افزایش‌یافته است و با توجه به پائین بودن سطوح ثمرات رفاهی بر اساس نتایج این پژوهش، شکاف قیمت آتی‌ها از اسپات نیز به‌تدریج تا اوایل سال 2016 عمیق‌تر گردیده است و بدین ترتیب ملاحظه می‌شود که چگونه انباشت بیش‌ازحد ذخایر تجاری نفت خام و منفی شدن خالص ثمرات رفاهی توانسته است بر تعمیق پس بهین(کونتانگو) و کاهش قیمت اسپات نسبت به قیمت قرارداد آتی‌های نفت خام(منفی شدن پایه) تأثیر بگذارد. دلیل این اتفاق این است که بر طبق تعریف ثمرات رفاهی منفعتی است که به نگهداری فیزیکی یک دارایی نسبت داده می‌شود و لذا بدیهی است وقتی ثمرات رفاهی نگهداری یک دارایی کاهش یابد منافع نگهداری آن دارایی کاهش می‌یابد که این موضوع قیمت اسپات دارایی را نسبت به قیمت آتی‌های آن با افت بیشتری مواجه می‌کند و موجب ورود بازار به شرایط پس بهین(کونتانگو) می‌گردد.

2. بنابراین معامله گران نفت خام را در بازار اسپات خریداری نموده و آن را ذخیره می‌نمایند و نفت خام را تحت قرارداد آتی‌های ماه‌های دورتر به فروش می‌رسانند و با این اقدام از فرصت‌های آربیتراژی استفاده می‌نمایند.

ملاحظه می‌شود شوک‌های تقاضای موجودی انبار در انباشت بی‌سابقه‌ی نفت خام در طول این دوره نقش بسزایی داشته‌اند. در حقیقت از اواخر سال 2014 به بعد با به صفر رسیدن ثمرات رفاهی و منفی شدن خالص ثمرات رفاهی ساختار بازار آتی‌های WTI تغییر نمود و شرایط پس بهین(کونتانگو) بر بازار حاکم و به‌تدریج میزان آن بیشتر گردید، بر اساس نتایج ما نیز سهم شوک‌های تقاضای موجودی انبار در انباشت بیشتر ذخایر تجاری نفت خام با تعمیق میزان پس بهین(کونتانگو) بیشتر شده است.[1] شایان‌ذکر است که کم شدن سهم شوک‌های تقاضای موجودی انبار با توجه به نتایج تجزیه تاریخی، در اواسط سال 2015 و نیز از اواسط سال 2016 به بعد، با کاهش میزان عمق پس بهین(کونتانگو) مرتبط هست. درمجموع ساختار پس بهین(کونتانگو) که به اثر منفی شدن خالص ثمرات رفاهی به وجود آمده است، خود عامل مهمی در جهت انباشت بیشتر ذخایر تجاری نفت خام از اواخر سال 2014 به بعد به شمار می‌رود.

5.جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

در این پژوهش نوسانات ذخایر تجاری نفت خام با شناسایی 4 نوع شوک ساختاری (شوک‌های عرضه، شوک‌های تقاضای عمومی نفت، شوک‌های تقاضای احتیاطی نفت و شوک‌های مالی) بررسی گردیده است. در حالت کلی ذخایر تجاری نفت خام بر اساس تغییراتی که در تعادل میان عرضه و تقاضای نفت رخ می‌دهد تعدیل گردیده و زمانی که عرضه‌ی نفت بیش از تقاضا باشد طبیعتاً ذخایر تجاری نفت خام انباشت و در حالتی که تقاضا بیش از عرضه نفت باشد ذخایر تجاری به‌منظور پاسخگویی به تقاضا کاهش می‌یابند اما همان‌گونه که پیش‌ازاین بیان شد نقش انتظارات در تحولات ذخایر تجاری نفت خام نیز حائز اهمیت است بدین منظور در این پژوهش تأثیر شوک‌های سفته‌بازی در انباشت ذخایر تجاری نفت خام نیز موردتوجه قرارگرفته است. همچنین برای درک تکامل

1. بر اساس گزارش اوپک در ماه فوریه سال 2015 تنها موجودی انبار نفت خام آمریکا به 444 میلیون بشکه رسید که بالاترین میزان انباشت ذخایر از سال 1982 محسوب می‌شد.

تاریخی ذخایر تجاری نفت خام به‌خصوص به دنبال وقوع شوک‌های برون‌زا از ابزار تجزیه تاریخی استفاده گردیده است. درمجموع نتایج نشان می‌دهد که از اواخر سال 2014 به بعد که بازار نفت با انباشت بی‌سابقه‌ی ذخایر تجاری نفت مواجه گردیده است عمدتاً ترکیبی از شوک‌های ساختاری در توضیح نوسانات ذخایر تجاری نفت خام، سهم داشته‌اند هرچند شوک‌های عرضه‌ی نفت خام در این برهه بیشترین سهم را در انباشت ذخایر تجاری نفت خام داشته‌اند .همچنین در این پژوهش با محاسبه‌ی ثمرات رفاهی نشان دادیم ثمرات رفاهی از اواخر سال 2014 به بعد ارقام بسیار پائینی را نشان می‌دهد که نشان‌دهنده‌ی وجود مازاد عرضه در بازار نفت و یا به عبارتی دال بر سطوح بالای ذخایر تجاری نفت خام است. از مبانی نظری نیز با توجه به تئوری ذخیره‌سازی می‌توان گفت وقتی خالص ثمرات رفاهی منفی گردد، وقوع وضعیت پس بهین(کونتانگو) در بازار نفت حتمی است. اما وقوع پس بهین(کونتانگو) اگر به میزانی باشد که هزینه‌های ذخیره‌سازی نفت خام را پوشش دهد، خود به انباشت بیشتر سطوح ذخایر تجاری نفت با مقاصد سفته‌بازی دامن می‌زند. چراکه در این شرایط معامله گران احساس می‌کنند که می‌توانند منافع بیشتری از فروش دارایی در زمان آینده به دست آورند لذا آن‌ها به‌جای فروش فوری دارایی آن را در انبار نگهداری می‌کنند تا بتوانند درزمانی در آینده آن را به قیمت بالاتری بفروشند. بنابراین ساختار پس بهین(کونتانگو) موجب انباشت بیشتر ذخایر تجاری با مقاصد سفته‌بازی می‌گردد. نتایج تجزیه تاریخی در این پژوهش اهمیت شوک‌های سفته‌بازی بر انباشت بی‌سابقه‌ی ذخایر تجاری نفت در این برهه را تائید می‌کند. درمجموع با تجزیه‌وتحلیل علل انباشت بی‌سابقه‌ی ذخایر تجاری نفت خام در چارچوب این پژوهش تأثیر هر یک از شوک‌های ساختاری در انباشت بی‌سابقه‌ی ذخایر تجاری نفت خام مشخص گردید و این موضوع ازآن‌جهت حائز اهمیت است که نشان می‌دهد انباشت ذخایر تجاری نفت خام در این برهه‌ی زمانی که مقارن با افت شدید قیمت نفت خام است صرفاً به دلیل مازاد عرضه در بازار نفت خام نبوده بلکه شوک‌های سفته‌بازی نیز در این برهه حائز اهمیت بوده‌اند و این موضوعی است که به لحاظ سیاست‌گذاری به‌خصوص برای کشورهای عضو اوپک

می‌تواند حائز اهمیت بسیاری باشد. در حقیقت ممانعت از تداوم سطوح پائین قیمت نفت خام در صورتی امکان‌پذیر خواهد بود که ساختار بازار نفت خام از وضعیت پس بهین (کونتانگو) به وضعیت پیش بهین(بکواردیشن)تغییر وضعیت دهد و بدین ترتیب انباشت ذخایر تجاری نفت خام با مقاصد سفته‌بازی متوقف گردد که این خود متناظر با افت سطوح ذخایر تجاری نفت خام و مثبت شدن خالص ثمرات رفاهی خواهد بود و تنها با کاهش شدید عرضه‌ی نفت خام از سوی کشورهای عضو اوپک و یا سایر کشورهای تولیدکننده‌ی نفت خام امکان‌پذیر خواهد بود.

6. منابع

Brennan, M.J. (1958). The Supply of Storage, *American Economic Review*, Vol.48, PP.50-72

Casassus J. and Collin, P. (2005). Stochastic Convenience Yield Implied from Commodity Futures and Interest Rates. *Finance*, Vol.5, pp.2283–331.

Fattouh, B., Kilian, L., and Mahadeva, L.(2013). The Role Of Speculation In Oil Markets: What Have We Learned So Far?, *The Energy Journal*, Vol.34, Issue.3, PP. 7-33.

Friedman, A. (2008). *Partial Differential Equations of Parabolic Type*. Courier Dover Publications.

Gibson, R., Schwartz, E., (1990). Stochastic Convenience Yield and the Pricing of Oil Contingent Claims. *J. Finance*, Vol.45, pp.959–976.

Guo, Shimin, Lech A. Grzelak, and Cornelis W. Oosterlee. (2013). Analysis of an Affine Version of the Heston–Hull–White Option Pricing Partial Differential Equation. *Applied Numerical Mathematics*, Vol.72, pp.143-159.

Hamilton, J. D. (1983). Oil and the Macroeconomic Since World War II. *Journal of Political Economy*, Vol.91, pp. 228-248.

Hamilton, James D. (2009a) .Understanding Crude Oil Price. *The Energy Journal*, Vol.30, pp.179-206

Kaldor, N.(1939). Speculation and Economic Stability. *Rev. Review of Economic Studies*,Vol.7, pp. 1–27.

Kilian, L. (2009). Not All Oil Price Shocks Are Alike: Disentangling Demand and Supply Shocks in the Crude Oil Market. *The American Economic Review*, Vol.99, Issue.3, pp.1053-1069.

Kilian, L., and Murphy, D. (2010). The Role of Inventories and Speculative Trading in the Global Market for Crude Oil. *Journal of Applied Econometrics*, Vol.29, Issue.3, pp. 454-478.

Lin, W.T. and Duan, C.W. (2007). Oil Convenience Yields Estimated Under Demand/Supply Shock. *Review of Quantitative Finance and Accounting*, Vol.28, pp. 203-225.

Liu, P., and Tang, K. (2010). The Stochastic Behavior of Commodity Prices with Heteroscedasticity in the Convenience Yield. *Journal of Empirical Finance*, Vol.18, PP. 211-224.

Lombardi, J. (2011). Do Financial Investors Destabilize the Oil Price?. Working paper series of the European Central Bank (ECB), No.1346.

Pindyck. R. (2001). The Dynamics of Commodity Spot and Futures Markets: A Primer. *The Energy Journal*, Vol.22, pp. 1-29

Pindyck,R. (2016). The Simple Economics of Commodity Price Speculation. *American Economic Journal: Macroeconomics*,Vol.8, Issue.2, pp.85–110

Schwartz, E. (1997). The Stochastic Behavior of Commodity Prices: Implications for Valuation and Hedging. *Journal of Finance*, Vol.52, Issue 3, pp. 923-73

Telser, L.G. (1958). Futures Trading and the Storage of Cotton and Wheat. *Journal of Political Economy*, Vol.66, Issue.3. pp.233-255.

Working, H. (1948). Theory of the Inverse Carrying Charge in Futures Markets. *Journal of Farm Economics*, Vol.30, pp.1-28.

Working, H. (1949). The Theory of Price of Storage. *American Economic Review*, Vol.39, Issue.6, pp.1254-1262.

پیوست 1. خروجی تخمین مدل خود رگرسیون برداری ساختاری

Structural VAR Estimates
Date: 07/02/18 Time: 17:24
Sample (adjusted): 2007M03 2016M12
Included observations: 118 after adjustments
Estimation method: Maximum likelihood via Newton-Raphson (analytic derivatives)
Convergence achieved after 23 iterations
Structural VAR is just-identified

Model: e = Su where E[uu']=I
S =

C(1)	0	0	0	0
C(2)	C(6)	0	0	0
C(3)	C(7)	C(10)	0	0
C(4)	C(8)	C(11)	C(13)	0
C(5)	C(9)	C(12)	C(14)	C(15)

	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C(1)	0.007808	0.000508	15.36229	0.0000
C(2)	8.88E-05	0.001096	0.080985	0.9355
C(3)	0.003965	0.000946	4.190029	0.0000
C(4)	-0.005550	0.064180	-0.086481	0.9311
C(5)	-0.021176	0.009699	-2.183247	0.0290
C(6)	0.011908	0.000775	15.36229	0.0000
C(7)	-0.002543	0.000895	-2.840561	0.0045
C(8)	0.050470	0.064095	0.787427	0.4310
C(9)	0.017042	0.009537	1.786992	0.0739
C(10)	0.009556	0.000622	15.36229	0.0000
C(11)	0.028006	0.063984	0.437697	0.6616
C(12)	-0.027415	0.009302	-2.947122	0.0032
C(13)	0.694765	0.045225	15.36229	0.0000
C(14)	0.020030	0.009036	2.216725	0.0266
C(15)	0.097128	0.006322	15.36229	0.0000

Log likelihood 1125.127

پیوست2. خروجی نرم‌افزار WINRATS (تجزیه تاریخی ذخایر تجاری نفت خام با توجه به هر یک از شوک‌های ساختاری از زمان آغاز کاهش قیمت نفت خام)

DATE	ACTUAL	FORCAST	H DEC-PRODUCTIN	H DEC-IPI	H DEC STOCK	H DEC SPREAD
2014:10:00	0/020195	0/012302	-0/00738	-0/0109	0/00593	0/009084
2014:11:00	0/039018	0/012299	-0/00713	-0/00668	0/017221	0/011441
2014:12:00	0/056064	0/012295	0/000594	-0/00757	0/024379	0/014086
2015:01:00	0/064196	0/012291	0/003218	-0/00931	0/02855	0/015855
2015:02:00	0/061206	0/012287	0/006744	-0/01103	0/018163	0/01755
2015:03:00	0/078912	0/012283	0/018839	-0/01625	0/026003	0/018827
2015:04:00	0/082926	0/012279	0/023186	-0/01446	0/022961	0/01977
2015:05:00	0/079802	0/012276	0/02975	-0/00947	0/009503	0/019252
2015:06:00	0/082309	0/012272	0/034556	-0/00848	0/010575	0/01732
2015:07:00	0/07901	0/012269	0/04228	-0/00528	-0/00104	0/015794
2015:08:00	0/083382	0/012266	0/04665	-0/00471	-0/00197	0/014578
2015:09:00	0/081419	0/012263	0/046682	-0/00414	-0/00656	0/013563
2015:10:00	0/090358	0/01226	0/043201	-0/00338	0/004971	0/012318
2015:11:00	0/09455	0/012258	0/045926	-0/001	0/006382	0/01163
2015:12:00	0/099564	0/012256	0/041986	0/003734	0/013193	0/01164
2016:01:00	0/101258	0/012255	0/043971	0/004971	0/016368	0/010149
2016:02:00	0/102826	0/012253	0/039119	0/005732	0/027071	0/009119
2016:03:00	0/079803	0/012252	0/03473	0/008141	0/007884	0/009095
2016:04:00	0/073948	0/012252	0/029445	0/009459	0/009936	0/007342
2016:05:00	0/060594	0/012251	0/023322	0/009373	0/00756	0/005877
2016:06:00	0/061711	0/01225	0/017654	0/008213	0/016244	0/004181
2016:07:00	0/075252	0/01225	0/013749	0/008942	0/034334	0/003667
2016:08:00	0/048989	0/01225	0/002941	0/008632	0/021497	0/003354
2016:09:00	0/038464	0/01225	-0/00081	0/009613	0/018325	0/002766
2016:10:00	0/033155	0/01225	-0/00109	0/012057	0/012856	0/002631
2016:11:00	0/020428	0/012251	-0/0011	0/010637	0/001951	0/002879

H DEC مخفف Historical decomposition هست. توضیحات مربوط به چگونگی برآورد نتایج فوق در بخش روش تجزیه تاریخی به تفصیل آمده است.

پیوست 3. خروجی تخمین ثمرات رفاهی

Date	FCO1	spot	Delta
20141003	89.2	91.44	9.35189756879499e-118
20141010	85.99	87.63	-1.36169799756167e-42
20141017	81.36	82.88	4.89537050307987e-104
20141024	80.74	82.12	-6.13254320189325e-54
20141031	80.76	81.29	1.85685988609761e-90
20141107	78.19	78.24	-2.21108032918945e-56
20141114	76.46	76.5	5.56570060406196e-77
20141121	75.52	75.38	-6.52935694198742e-79
20141128	72.75	72.36	1.25565782968786e-63
20141205	67.61	67.18	-1.61460888520668e-21
20141212	61.85	61.14	2.04187003641639e-50
20141219	56.85	55.89	-3.48931242508625e-20
20141226	57.01	55.58	-9.88320793420337e-37

Date	FCO1	spot	Delta
20160101	39.76	36.99	-1.34785965958336e-37
20160108	37.9	34.65	-1.97452056794467e-11
20160115	32.63	30.59	1.87073531113802e-144
20160122	32.76	29.19	2.07356211603982e-24
20160129	36.14	31.81	1.54619821504955e-128
20160205	35.95	31.26	9.63583906806762e-38
20160212	33.61	28.14	4.87312919403068e-113
20160219	35.06	30.02	2.518124559826662-53
20160226	36.43	31.32	4.69214221850931e-98
20160304	38.46	34.43	4.21098312240682e-67
20160311	41.38	37.69	-5.22469335520799e-83
20160318	41.48	38.32	4.88971886423596e-81
20160325	42.72	39.45	-1.62392926614023e-67
20160401	41.03	36.82	4.1711870529179e-95
20160408	39.99	36.72	-2.12946121986096e-52
20160415	43.87	41.23	2.72413139735172e-109
20160422	44.42	41.86	-2.06310260982438e-27
20160429	46.54	44.3	1.40562673273661e-123
20160506	45.72	44.22	-1.11454305814729e-22
20160513	47.03	45.44	5.8741957769457e-136
20160520	49.43	47.99	-0.04938097370995581
20160527	50.12	48.72	2.027030326427398e-150
20160603	50.13	49	-4.6947321205596Se-32
20160610	51.63	50.18	-0.01453350886913354
20160617	49.41	47.89	1.2473022814444Se-46
20160624	50.72	48.71	-9.5078409871103Se-72
20160701	50.09	48.17	-4.3787562744651Se-69
20160708	48.07	46.17	1.525630779092245e-53
20160715	47.65	45.6	1.3003071561317le-39
20160722	46.89	44.44	8.167667858967870-26
20160729	44.33	41.83	3.173668096872470-12
20160805	43.15	40.82	8.628425112282140-09
20160812	45.29	43.11	-1.84653688725030-149
20160819	49.16	47.16	-1.32143825840322e-128
20160826	49.29	47.05	-2.41731381411585e-135
20160902	46.97	45.11	-1.29353194621539e-28
20160909	47.87	45.96	-1.86105325613144e-121
20160916	46.25	44.34	-8.792280586459e-40
20160923	46.4	44.59	-1.04926431385305e-107
20160930	48.44	46.55	-4.39037356891176e-53
20161007	51.25	49.48	-4.08193599244231e-94
20161014	51.86	50.29	-1.67329385444455e-66
20161021	51.99	50.56	-8.41490585433594e-81
20161028	51.43	49.36	-5.06945410804181e-78
20161104	47.32	45.51	-1.19267711399301e-67
20161111	47	44.61	-1.24019580837695e-91
20161118	47.16	45.15	-2.41835741238558e-54
20161125	50.25	47.25	-2.50695747955343e-103
20161202	51.36	48.63	-5.61089964453194e-41
20161209	53.65	50.97	-0.04249728713357782
20161216	54.52	51.91	-6.70392882311772e-28
20161223	54.91	51.95	-6.05297955582236e-152
20161230	56.12	53.6	9.1112654e-158

Date	FCO1	spot	Delta
20150102	55.05	53.44	7.56948303954311e-33
20150109	50.74	48.77	2.99603278958747e-18
20150116	49.14	47.07	0.0028492399813439
20150123	48.8	46.46	0.121316404605305
20150130	48.67	45.32	1.20104788160519e-139
20150206	52.87	50.58	-2.32635152041014e-96
20150213	54.56	51.14	2.32728368731223e-124
20150220	54.91	51.69	-2.50859192860413e-100
20150227	54.55	49.16	2.31246769315135e-109
20150306	55.03	50.38	-1.73101489693815e-74
20150313	52.42	47.69	1.33266020960756e-94
20150320	49.45	44.39	-8.29403242519438e-67
20150327	52.88	48.68	4.72129942236267e-80
20150403	52.83	48.91	-2.91948502405362e-78
20150410	55.14	51.78	1.09613058321342e-65
20150417	58.13	54.78	-7.86757601876883e-60
20150424	59.74	56.14	1.85112568729848e-51
20150501	60.9	57.98	-1.67517711545968e-18
20150508	61.75	59.72	2.23866509487817e-37
20150515	61.84	60.01	-2.88933155128118e-15
20150522	60.41	58.95	1.76395929923477e-23
20150529	59.14	58.19	-4.12047602284888e-13
20150605	60.36	59.66	-0.00044640401307560
20150612	61.1	60.07	-4.59740142524738e-07
20150619	60.96	59.89	-8.99794736271139e-32
20150626	61.07	60.01	-4.09692675495147e-27
20150703	58.97	57.92	1.540366427731010-32
20150710	53.62	52.38	2.625550916117360-17
20150717	52.02	51.68	0.016143032967620
20150724	50.92	49.21	4.268228666939070-16
20150731	49.67	47.91	1.559867605901680-139
20150807	46.69	44.94	-5.170159691385510-26
20150814	45.87	43.2	2.222485833298850-124
20150821	43.58	41.34	-3.524180818836610-40
20150828	43.12	40.73	1.536964318069920-109
20150904	48.74	46.73	-1.537192192913440-54
20150911	47.07	45.16	6.408750550588350-95
20150918	46.89	45.48	-4.655778521564620-67
20150925	47.29	45.57	1.863942922123690-80
20151002	46.64	45	-1.035933851765110-38
20151009	50.19	48.36	3.800995332746450-66
20151016	48.7	46.82	-1.764680737258440-39
20151023	47.46	45.16	5.741446645896950-52
20151030	47.52	44.99	-2.375148715485910-17
20151106	48.51	45.98	6.247524634919490-38
20151113	45.66	42.7	-2.589975340112640-12
20151120	44.08	40.62	5.126515662727130-24
20151127	45.73	40.49	-2.338424751601960-10
20151204	44.21	40.4	2.326500126326180-05
20151211	40.79	36.93	-1.797237067555690-06
20151218	39.1	35.78	5.151637059437720-26
20151225	39.17	36.26	-7.182341398009270-12