

همگرایی بازارهای نفتی بر مبنای قیمت گذاری نفت خام

محمدحسین حسینی*

استادیار و عضو هیات علمی، دانشگاه بیرجند

(دریافت: ۱۳۹۷/۰۸/۲۵ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۷/۰۲)

چکیده

این مقاله تحول بازار جهانی نفت خام و قدرت قیمت گذاری برای تولیدکنندگان اصلی و کشورهای مشتری نفت خام را با استفاده از نظریه گراف مورد بررسی قرار می‌دهد. یک درخت پوشای کمینه برای بازار جهانی نفت خام ساخته شده و برخی نتایج تجربی ارائه شده است. طی این مقاله میزان یکپارچگی و ادغام بازار جهانی نفت خام مورد بازبینی قرار گرفت. علاوه بر این تعیین شد که بازار نفت خام همانند یک ساختار سازمانی و جغرافیایی عمل می‌کند. به این صورت که بازارهای نفت خام نواحی و کشورهای همسایه تمایل دارند به یکدیگر ببینند. نمونه خوب این مساله اوپک است که به خوبی یکپارچه شده است. کاهش طول درخت نرمال نشان دهنده این بود که در سال‌های بین ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۳ درجه جهانی شدن در بازارهای نفت خام رو به افزایش گذاشته است اما در دو سال اخیر این یکپارچگی با کاهش مواجه شد و از این رو کشورها در برابر شوک‌های اقتصادی با آسیب پذیری بیشتری روبه‌رو شده‌اند.

واژه‌های کلیدی: بازار نفت خام، درخت پوشای کمینه، یکپارچگی بازار، روابط نفتی، جهانی شدن

۱- مقدمه

برای تجسم ساختار فعل و انفعال میان بازارهای نفت خام، بازار جهانی نفت خام را به عنوان یک گراف در نظر می‌گیریم طوری که در آن نفت خام مربوط به تولیدکنندگان و مشتریان نفتی به عنوان راس اختیار می‌شوند. بر این اساس یک درخت پوشای کمینه برای بازارهای نفتی ساخته می‌شود. با استفاده از این روش تحول اصولی در بازار نفت خام جهانی را که ترکیبی از ۲۱ کشور تولیدکننده و مشتری هستند مورد بررسی قرار می‌گیرد و رابطه قیمتی میان بازارهای نفتی کشورها و وضعیت آن‌ها در درخت پوشای بازار در دوره‌های مختلف ارزیابی می‌گردد.

این مقاله از دیدگاه کشورها با در نظر گرفتن تفاوت کیفی بین انواع مختلف نفت خام، تحولات ژئوپولوتیک در جهان و اقسام نفت خام اوپک و غیر اوپک انجام می‌دهیم. رفتار جمعی بازارهای نفت خام را می‌توان به خوبی با استفاده از ماتریس همبستگی توصیف کرد که از یک دید توپولوژیکی با استفاده از یک گراف می‌تواند بیان شود.

با این حال واقعیت چنین رویکردی این است که اطلاعات اغلب آنقدر بزرگ هستند که حتی شامل تمام ضرایب همبستگی می‌شوند. بنابراین، ما یک درخت پوشای کمینه می‌سازیم تا ساختار بازار نفت خام جهانی را به طور بهینه تری منعکس سازد و

رابطه نزدیک- پراکنده بین بازارهای نفت منطقه‌ای را مشخص کند. در این روش، بازارهای نفتی راس‌ها را تشکیل می‌دهند و روابط آن‌ها یال‌ها را رقم می‌زنند.

۲- روش تحقیق

قبل از ساختن درخت پوشای کمینه ضرایب همبستگی مربوط به قیمت بازگشتی نفت کشورها را به صورت زیر محاسبه می‌کنیم:

$$C_{ij}^T = \frac{\sum_{t=1}^T (r_{i,t} - \bar{r}_i)(r_{j,t} - \bar{r}_j)}{\sqrt{\sum_{t=1}^T (r_{i,t} - \bar{r}_i)^2 \sum_{t=1}^T (r_{j,t} - \bar{r}_j)^2}} \quad (1)$$

که در آن، C_{ij}^T ضریب همبستگی و i و j برچسب‌های عددی بازارهای نفت خام،

$$r_{i,t} = \ln(P_i(t)) - \ln(P_i(t-1)) \quad (2)$$

که در آن، $P_i(t)$ عبارت است از قیمت بازار نفت خام i ام در زمان t هستند. همچنین \bar{r}_i میانگین برای کل دوره و T طول زمان انجام نمونه است. ضمیمه B ضرایب همبستگی بازارهای نفتی را نشان می‌دهد که در آن $T = 129$ است.

ضریب C_{ij}^T به عنوان یک فاصله d_{ij} نمی‌تواند به کار رود چرا که در آن سه شرط فاصله اقلیدسی برقرار نیست:

$$d_{ij} = 0 \Leftrightarrow i = j \quad (1)$$

خام طراحی کرد. برای این منظور ما یک درخت سلسله مراتبی نفت خام می‌سازیم تا رابطه خوشه‌ای داخلی بازار جهانی نفت خام و اتصالات نزدیک- پراکنده میان بازارهای نفت خام را نمایان سازد و با این کار ما را در به‌دست آوردن ساختار کل و مخاطرات اصلی بازار یاری رساند.

مطابق با تحقیق Hugher درخت پوشای کمینه و فضای فرامتری معادل هستند. فضای فرامتری دقیقاً یک دنباله توپولوژیکی است که به ساختار سلسله مراتبی منحصربه‌فرد مربوط می‌شود. فضای فرامتری یک فضای متری است که متر آن در سه شرط زیر صدق می‌کند.

$$\begin{aligned} d_{ij}^* &\geq 0 & (1) \\ d_{ij}^* = 0 &\Leftrightarrow i = j & (2) \\ d_{ij}^* &= d_{ji}^* & (3) \\ d_{ij}^* &\leq \max\{d_{ik}^*, d_{kj}^*\} & (4) \end{aligned}$$

پس از این ماتریس فرامتری توسط تعریف فاصله فرامتری تبعی d_{ij}^* بین i و j که به‌صورت بیشینه مقدار فاصله اقلیدسی d_{kl} با حرکت در گام‌های تکی از i به j در درخت پوشای کمینه شناسایی می‌شود، تعیین می‌شود. برای مثال هرگاه یک مسیر $v_j \rightarrow v_l \rightarrow v_k \rightarrow v_i$ از i به j در درخت پوشای کمینه موجود باشد آن‌گاه فاصله فرامتری تبعی به‌صورت $d_{ij}^* = \max\{d_{ik}, d_{kl}, d_{lj}\}$ است. در این روش ساختار سلسله مراتبی بازار جهانی نفت خام بدون هیچ فرضی می‌تواند به‌طور منحصربه‌فرد به‌دست آید. ساختار سلسله مراتبی مربوط به قیمت‌گذاری بازارهای جهانی نفت خام در شکل (۲) ارائه شده است.

$$d_{ij} = d_{ji} \quad (2)$$

$$d_{ij} \leq d_{ik} + d_{kj} \quad (3)$$

بنابراین، هر ضریب همبستگی را با رابطه زیر تبدیل به یک فاصله می‌کنیم:

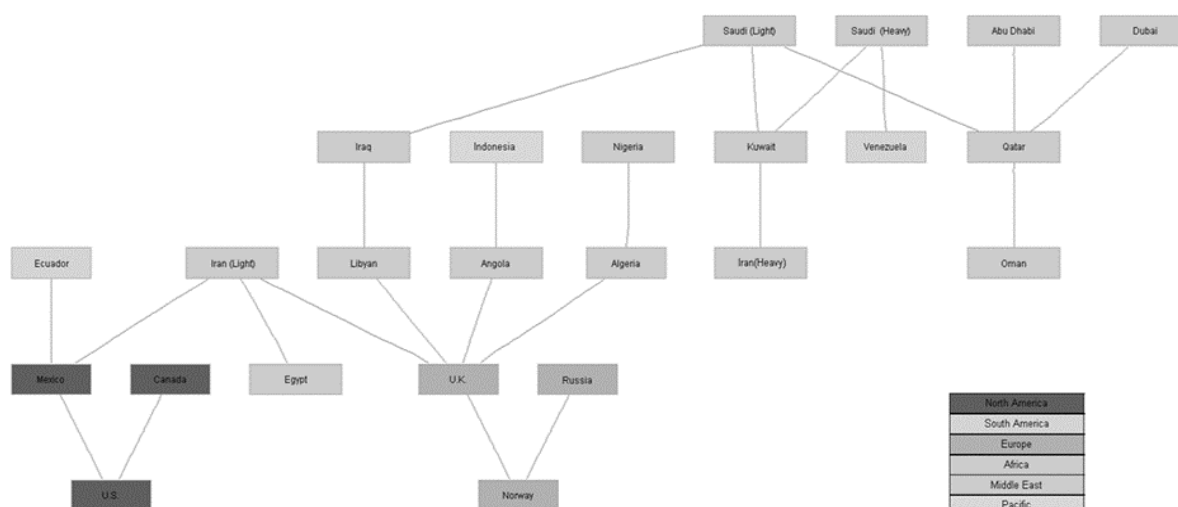
$$d_{ij} = \sqrt{2 * (1 - C_{ij}^T)} \quad (3)$$

که در آن، d_{ij} فاصله بین بازار نفت خام i ام و بازار نفت خام j ام است. میزان پایین d_{ij} نشان‌دهنده همبستگی‌های بالا و فشردگی قوی بین بازارهای نفتی است. اکنون ابزار لازم برای تعریف گراف همبستگی مربوط به بازارهای نفتی را در اختیار داریم. گراف همبستگی یک گراف همبند وزن‌دار بدون جهت است که در آن راس‌ها، بازارهای نفتی مورد مطالعه هستند و وزن مربوط به یال اتصال‌دهنده بازار نفت خام i ام به j ام همان فاصله بین دو بازار در ماتریس همبستگی یعنی d_{ij} می‌باشد.

۱-۲- درخت پوشای کمینه

با توجه به پیچیدگی‌های فراوان گراف همبستگی تحلیل و پردازش اطلاعات مربوط به آن بسیار زمان‌بر و در عین حال مشکل است. درخت پوشای کمینه ابزاری است که ضمن حفظ میزان هم‌گرایی‌های بازار، با محاسبه کمترین فاصله‌های ممکن بین بازارهای نفتی گراف همبستگی را از پیچیدگی رها می‌سازد. شکل (۱) درخت پوشای مینیمال مربوط به گراف همبستگی بازارهای نفتی را که با استفاده از الگوریتم پریم محاسبه شده است، نمایش می‌دهد.

برای یک درخت پوشای کمینه می‌توان به روش مستقیم سازمان سلسله مراتبی تبعی فرامتری را در مورد بازارهای نفت

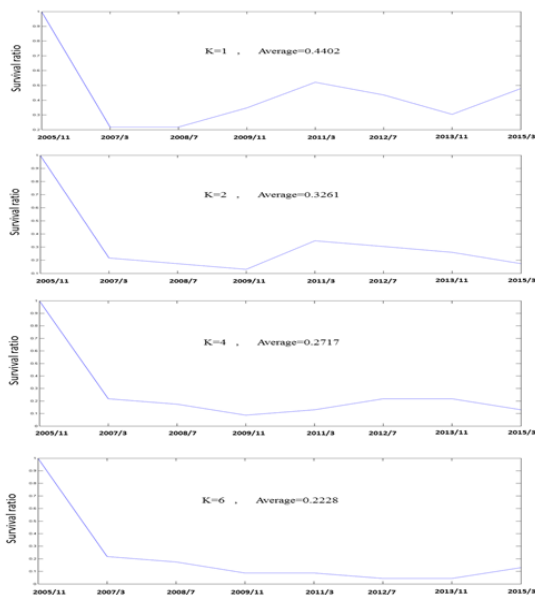


شکل (۱): درخت پوشای مینیمال

رابطه زیر مشخص می‌شود:

$$\sigma(t, k) = 1/(N - 1) |E(t) \cap E(t - 1) \dots E(t - k) + 1 \cap E(t - k)| \quad (5)$$

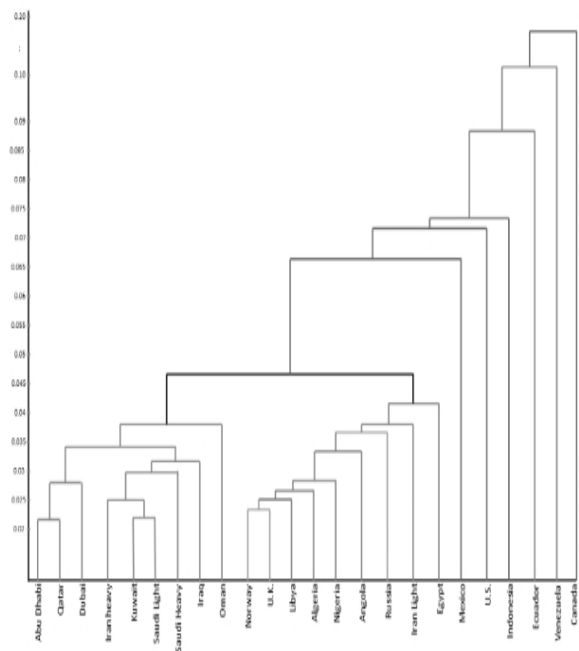
که $\sigma(t, k)$ ضریب تثبیت k مرحله‌ای یال‌ها در درخت پوشای کمینه است. $E(t)$ مجموعه یال‌های MST در زمان t است. \cap عملگر اشتراکی است و $|\dots|$ تعداد عناصر مجموعه را مشخص می‌کند. ضریب تثبیت چند مرحله‌ای یک مقیاس مناسب برای تعیین نیرومندی روابط بین بازارهای نفت خام در جهان در طول زمان است. اندازه بزرگتر k و $\sigma(t, k)$ به معنی نیرومندی بیشتر بازار است.



شکل (۴): نمودار ضریب تثبیت چندمرحله‌ای

۳- نتیجه‌گیری

مطابق با شکل (۱) می‌توان گفت که وضعیت ارتباط بین بازارهای نفتی کشورها بر اساس جغرافیای منطقه‌ای آن‌ها تعیین می‌شود. همان‌طور که دیده می‌شود بازارهای سه کشور آمریکا، کانادا و مکزیک واقع در آمریکای شمالی، روسیه، نروژ و بریتانیا واقع در اروپا و کشورهای حوزه خلیج فارس و خاورمیانه به جز نفت سبک ایران به‌طور گسترده‌ای به هم نزدیک هستند. البته شکل (۱) نشان می‌دهد که کشورهای واقع در قاره آفریقا با یک واسطه، آن هم بریتانیا به یکدیگر مربوط شده‌اند. این مساله را می‌توان با توجه به سابقه طولانی استعمار در این قاره تحلیل کرد. از نظر میدانی به دلیل همسایگی دو کشور کانادا و ایالات متحده مبادلات تجاری دو کشور و از جمله انرژی در سطح بالایی قرار دارد. لذا مجموع نمودارهای مورد بررسی ما در این تحقیق



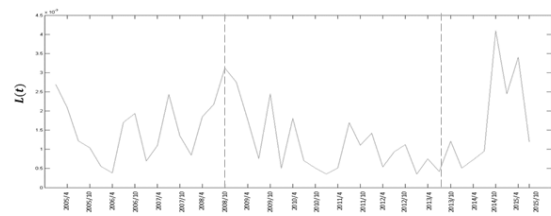
شکل (۲): ساختار سلسله مراتبی فضای فرامتری تبعی مربوط به درخت پوشای کمینه

۲-۲- طول درخت نرمال شده

طول درخت نرمال شده یک شاخص مناسب برای میزان یکپارچگی بازار است. ما آن را به صورت تابعی از زمان محاسبه می‌کنیم تا تغییر کل بازار را بررسی کنیم.

$$L(t) = 1/(N - 1) \sum_{e_{ij} \in MST} e_{ij}(t) \quad (4)$$

که در آن، $L(t)$ طول درخت نرمال شده است. $N - 1$ تعداد یال‌ها در MST است و e_{ij} یک یال در درخت پوشای کمینه است. اگر مقدار $L(t)$ با گذر زمان کوچکتر شود، این نشان می‌دهد که یکپارچگی بازار نفت خام جهانی بیشتر شده است و هماهنگی میان قیمت‌های نفت خام منطقه‌ای ارتقا یافته است. (شکل ۳)



شکل (۳): طول درخت نرمال شده در طی زمان

۲-۳- ضریب تثبیت چند مرحله‌ای یال‌ها:

جنبه مهم دیگری که لازم است تعیین شود پایداری روابط در کل بازار است. دو مقیاس زمان و بزرگی پایداری از طریق یک ضریب تثبیت چند مرحله‌ای تست می‌شوند که این ضریب از

که در بین سایر اعضای اوپک عراق، عربستان، کویت و ایران تمایل بیشتری برای همگرایی در قیمت‌گذاری نفت خام دارند. لازم به یادآوری است که این چهار کشور از اعضای ارشد اوپک و چهار کشور موسس اوپک هستند. پس از این بازار منطقه‌ای شکل (۲) نشان می‌دهد که بازارهای نفتی اروپا تمایل شدیدی به همگرایی با بازارهای غنی نفت خام آفریقا دارند. با مقایسه درخت سلسله مراتبی با درخت پوشای کمینه برخی تفاوت‌ها دیده می‌شود. مثلا شاخه مربوط به کانادا در درخت سلسله مراتبی به دلیل وجود اتصالات با فواصل فرامتری بیشتر، از کشورهای آمریکای شمالی دورافتاده است. این در حالی است که در درخت پوشای کمینه شاهد اتصال کانادا- ایالات متحده هستیم. این اختلاف فاصله فرامتری به چیزی حدود ۰/۱۰۷۶ می‌رسد که نشان‌دهنده تمایل کمتر کانادا به بازار آمریکای شمالی علی‌رغم نزدیکی دو بازار است. برخلاف بازار کانادا به نظر می‌رسد که ونزوئلا علی‌رغم حضور در بین کشورهای عضو اوپک تمایل به همگرایی با بازار منطقه‌ای خود و نیز آمریکای شمالی دارد. نکته‌ای که می‌توان آن را با مقایسه درخت سلسله مراتبی و درخت پوشای کمینه به راحتی مشاهده کرد. همان‌طور که دیده می‌شود این کشور یک فاصله فرامتری نسبتا دور با اعضای اصلی اوپک و بازار خاورمیانه دارد اما در درخت پوشای کمینه تقریبا در قلب این بازار حضور یافته است. اختلاف بین این کشور موسس اوپک با سایر اعضا می‌تواند نقطه فروپاشی اوپک با توجه به اوضاع کنونی آن و شرایط منطقه‌ای باشد. اختلاف دیگر این دو درخت جایگاه اندونزی و اختلاف فاصله فرامتری و فاصله مربوط به ضریب همبستگی است. البته این دو درخت راجع به وضعیت نفت سبک ایران و واسطه ارتباطی بازار آفریقا نسبتا هماهنگ است. بعد از ساخت درخت پوشای کمینه برای بازار جهانی نفت خام تعیین رفتار تک تک بازارهای نفتی کشورها حائز اهمیت است.

همان‌طور که شکل (۳) نشان می‌دهد به‌طور متوسط در طی سال‌های ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۳ نمودار $L(t)$ کاهشی است. یکی از دلایل این امر بحران مالی سال ۲۰۰۸ است. به دلیل این بحران اقتصادی بازار در مناطق مختلف تمایل دارد در برابر شوک‌های اقتصادی کلان خارجی به‌طور یکسان واکنش نشان دهد. لذا اقدامات مختلف صورت‌گرفته در طول این دوره با یک رویکرد یکسان منجر به تقویت یکپارچگی جهانی بازار نفت خام، کم شدن فاصله ی بین بازارها و نزدیکی روابط بین بازارهای نفتی می‌شود.

در شکل (۴) نسبت بقای چند مرحله‌ای به‌منظور بررسی ثبات متوالی بازار محاسبه شد. بدیهی است با برداشتن گام‌های بیشتر با فواصل زمانی کمتر می‌توانستیم ثبات بازار را با توالی بیشتر و دقت بیشتر محاسبه کنیم. در محاسبه تجربی ما مراحل در گام‌های ۱، ۲، ۴ و ۶ انجام گرفت که به ترتیب نشان‌دهنده

همواره حکایت از این ارتباط تنگاتنگ دارد. با توجه به نوع رفتار اندونزی و افزایش سطح همکاری با دومین تولیدکننده نفت خام آفریقا یعنی آنگولا در سال‌های اخیر علی‌رغم ذهنیت موجود مبنی بر نزدیکی روابط انرژی کشورهای آسیای شرقی و خاورمیانه نتایج به‌دست‌آمده از شکل (۱) نشان می‌دهد که این کشور رابطه نزدیک‌تری با آنگولا برقرار کرده است. شکل (۱) تاثیر قیمت‌گذاری نفت خام توسط اوپک را بر نزدیکی روابط کشورهای عضو به خوبی نشان می‌دهد. این تاثیرگذاری حتی از تاثیر روابط استراتژیک و منطقه‌ای نیز بیشتر بوده و مثلا کشوری مانند ونزوئلا علی‌رغم همسایگی قاره‌ای با اکوادور در جمع کشورهای بلوک اوپک در این تحقیق قرار گرفته است. با توجه به اختلافات سیاسی بین عراق و عربستان، شکل (۱) گویای فاصله نسبتا اندک بین بازارهای نفتی دو کشور است. این رابطه شاید بی‌شابهت به نوع رابطه نفتی عراق و ایالات متحده پس از وقایع ۲۱ سپتامبر و به تبع آن حمله آمریکا به عراق آمریکا نباشد. داده‌های آماری مربوط به مرکز انرژی آمریکا بین سال‌های ۲۰۰۳ تا ۲۰۰۵ حاکی از آن است که بالغ بر ۲۰ درصد از کل واردات نفت خام ایالات متحده از طریق عراق صورت گرفته است. لذا روابط کنونی عربستان و کمک‌های گسترده و در سایه این کشور به گروه‌های تروریستی منطقه خاورمیانه، نتایج آماری این تحقیق و تلفیق این دو با تحلیل فوق نشان از نوعی ارتباط بین سوداگری سیاسی و منافع اقتصادی حاصل از این رویکرد برای کشور متهاجم دارد. برای تجسم بهتر ساختار و تقسیم‌بندی بازار جهانی نفت خام یک درخت سلسله مراتبی بر پایه درخت پوشای کمینه به‌صورت شکل (۲) با دستورالعمل ذکر شده تهیه شد. همان‌طور که در شکل (۲) دیده می‌شود درخت از چند خوشه برجسته تشکیل شده است که شامل دو خوشه بزرگ در فاصله ۰/۰۴۵ تا ۰/۰۵۰ و دو شاخه کوچکتر در فاصله ۰/۰۳ تا ۰/۰۴ می‌باشد. در مورد دو خوشه بزرگتر همان‌طور که دیده می‌شود یک خوشه شامل عمده کشورهای نفت خیز خاورمیانه و حوزه خلیج فارس که اعضای اصلی اوپک را تشکیل می‌دهند، است و خوشه دیگر متشکل از تمام کشورهای اروپایی و آفریقایی متغیر تحقیق به انضمام نفت سبک ایران می‌باشد. در مورد خوشه‌های کوچکتر شاهد هستیم که یک خوشه بازارهای نفتی قطر و امارات را در بردارد و خوشه دیگر مربوط به بازارهای نفتی عراق، عربستان، کویت و ایران است.

مطابق با درخت سلسله مراتبی میزان تمایل همگرایی بین دو بازار نفت خام Marine قطر و Murban ابوظبی با ضریب همبستگی ۰/۹۹۹۷ نسبت به سایر متغیرها بیشترین است. نفت خام Fateh دویی با ضریب حدود ۰/۹۹۹۶ به این دو بازار می‌پیوندد. با تحلیل مشابه فوق برای سایر خوشه‌ها می‌توان گفت

فواصل ۱ ماه، ۱۶ ماه، ۴۸ ماه و ۸۰ ماه می‌شود. شکل (۴) نتایج روند نسبت بقای چندمرحله‌ای را نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل دیده می‌شود میانگین نسبت بقا با افزایش گام‌ها کاهش می‌یابد. در گام اول متوسط نسبت بقا به عدد $0/4402$ می‌رسد. لینک‌های بین بازارهای نفتی جهان به اندازه کافی برای پاسخ به زمان سپری شده پایدار هستند طوری که با افزایش طول گام به ۸۰ ماه متوسط نسبت بقا عدد ۲ را نشان می‌دهد. بحران اقتصادی ۲۰۰۸ و بحران بدهی اروپا به خارج در سال‌های ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۰ سبب شد که شوک‌های اقتصادی کلان به عاملی نگران‌کننده برای ثبات بازار نفت خام در شرایط رکود آن دوره تبدیل شود. مساله‌ای که شکل (۴) در گام‌های مختلف با افت در این بازه زمانی نشان می‌دهد.

۵- مراجع

- [1] M. A. Adelman, "International oil agreements," *Energy J.*, vol. 5, no. 1, pp. 1-9, 1984.
- [2] J. Bentzen, "Does OPEC influence crude oil prices? Testing for co-movements and causality between regional crude oil prices," *Appl. Econ.*, vol. 39, no. 11, pp. 1375-1385, 2007.
- [3] V. Bremond, E. Hache, and V. Mignon, "Does OPEC still exist as a cartel? An empirical investigation," *Energy Econ.*, vol. 34, pp. 125-131, 2012.
- [4] C. L. Chang, M. McAleer, and R. Tansuchat, "Analyzing and forecasting volatility spillovers," asymmetries and hedging in major oil markets, *Energy Econ.*, vol. 32, no. 6, pp. 1445-1455, 2010.
- [5] R. Coelho, C.G. Gilmore, B. Lucey, P. Richmond, and S. Hutzler, "The evolution of interdependence in world equity markets-evidence from minimum spanning trees," *Physica A* 376, pp. 455-466, 2007.
- [6] B. Fattouh, "The dynamics of crude oil price differentials," *Energy Econ.*, vol. 32, no. 2, pp. 334-342, 2010.
- [7] J. Gower, "Some distance properties of latent root and vector methods used in multivariate analysis," *Biometrika*, vol. 53 (3/4), pp. 325-338, 1996.
- [8] S. G. Gülen, "Regionalization in the world crude oil market," *Energy J.*, vol. 18, pp. 109-126, 1997.
- [9] S. Hammoudeh and H. Li, "The impact of the Asian crisis on the behavior of US and international petroleum prices," *Energy Econ.*, vol. 26, no. 1, pp. 135-160, 2004.
- [10] B. Hughes, "Trees and ultra metric spaces: a categorical equivalence," *Adv. Math.*, vol. 189, pp. 148-191, 2004.