

## واکنش قیمت گاز طبیعی نسبت به تغییرات قیمت نفت خام در بازار منطقه‌ای اروپا و آسیا: رهیافت انتقال رژیم مارکف برداری\*

تیمور محمدی<sup>1</sup>

عبدالرسول قاسمی<sup>2</sup>

امیر نکونام<sup>3</sup>

تاریخ دریافت: 1396/08/28

تاریخ پذیرش: 1397/06/20

### چکیده

این مقاله به بررسی واکنش قیمت گاز طبیعی نسبت به قیمت نفت خام در بازارهای منطقه‌ای اروپا و آسیا می‌پردازد. متغیرهای اقتصادی از جمله قیمت نفت خام و گاز طبیعی در طول زمان، دچار التهابات و نوسانات شدیدی شده که رگرسیون‌های متعارف خطی پاسخگوی بررسی این نوسانات نمی‌باشد. مدل انتقال رژیم چارچوب انعطاف پذیر و پویایی را برای مدل‌های غیرخطی و انتقال‌های ناگهانی و برگشتی فراهم می‌نماید. در این مقاله در قالب مدل انتقال رژیم مارکف برداری، میزان اثرپذیری قیمت گاز طبیعی از قیمت نفت خام در دوره زمانی ماه اول 1992 تا ماه ششم 2017 مورد سنجش قرار گرفته است. نتایج نشان می‌دهد که قیمت نفت خام، در برخی رژیم‌ها اثر مستقیم بر قیمت گاز طبیعی داشته و در برخی رژیم‌های دیگر اثر معکوس دارد. در اروپا وقفه اول قیمت نفت خام یک ماه اثر معکوس و 18 ماه اثر مستقیم و وقفه دوم نفت خام در هر دو رژیم اثر مستقیم بر قیمت گاز طبیعی دارد. در آسیا در هر دو رژیم اثر قیمت نفت خام بر گاز طبیعی، مستقیم و قیمت‌ها 28 ماه در رژیم یک و 26 ماه در رژیم دو قرار می‌گیرد.

طبقه‌بندی JEL: Q30، C32، C14

کلیدواژه‌ها: قیمت گاز، قیمت نفت، مدل انتقال رژیم مارکف برداری

\* این مقاله مستخرج از پایان نامه دکتری آقای امیر نکونام با عنوان «واکنش قیمت گاز طبیعی نسبت به تغییرات قیمت نفت خام در بازارهای گاز منطقه‌ای: رهیافت انتقال رژیم مارکف برداری» به راهنمایی آقای دکتر تیمور محمدی در دانشگاه علامه طباطبائی و با حمایت شرکت مهندسی و توسعه گاز ایران می‌باشد.

1. دانشیار گروه اقتصاد نظری، دانشکده اقتصاد، دانشگاه علامه طباطبائی (نویسنده مسئول)

atmahmadi@gmail.com

2. دانشیار گروه اقتصاد انرژی، دانشکده اقتصاد، دانشگاه علامه طباطبائی

ghasemi.a@hotmail.com

3. دانشجوی دکتری اقتصاد نفت و گاز، دانشکده اقتصاد، دانشگاه علامه طباطبائی

amir\_nekounam@yahoo.com

## 1. مقدمه

ایران به عنوان اولین کشور جهان به لحاظ ذخایر گاز طبیعی و سومین کشور از نظر تولید گاز در سال 2016، دارای مزیت ویژه در این صنعت بوده و می‌تواند نقش قابل توجهی در بازارهای بین‌المللی داشته باشد؛ اما به لحاظ تجارت گاز از جایگاه ویژه‌ای برخوردار نمی‌باشد<sup>1</sup>. لازمه بهره‌مندی از جایگاهی مناسب در بازار جهانی، شناخت کافی بازارها و نحوه تعیین قیمت در آن بازارها می‌باشد. مهمترین موضوعی که در خصوص قیمت گاز طبیعی مورد توجه قرار می‌گیرد رابطه بین قیمت گاز و نفت خام می‌باشد (بهبودی و همکاران، 1395)<sup>2</sup>. علت آن امکان جایگزینی و جانشینی بین این دو منبع انرژی در مصرف و نیز مکمل بودن در تولید مشترک می‌باشد (ویلار و جوتز، 2006)<sup>3</sup>. درجه جانشینی بین این دو منبع انرژی متفاوت و اثر قیمت جهانی نفت بر گاز طبیعی نامتقارن است و افزایش و یا کاهش قیمت نفت در قیمت‌های پایین و یا بالا می‌تواند اثرات متفاوتی بر قیمت گاز طبیعی داشته باشد (جی و همکاران، 2014)<sup>4</sup>. هدف از انجام این پژوهش، شناخت نحوه اثرپذیری قیمت گاز طبیعی از نفت خام در رژیم‌های مختلف می‌باشد و سوال اصلی اینست که آیا قیمت نفت خام بر قیمت گاز طبیعی در رژیم‌های مختلف اثرگذار می‌باشد؟

منابع انرژی را می‌توان بر اساس طبیعت منابع، به منابع تجدیدپذیر و منابع پایان‌پذیر طبقه‌بندی نمود که نفت و گاز جزء منابع پایان‌پذیر می‌باشند. مصرف منابع تجدیدناپذیر موجب کاهش سریع ظرفیت ذخایر آن می‌شود که طبیعت به هیچ وجه نمی‌تواند آنها را مجدداً جایگزین و یا جبران نماید. بدلیل ویژگی خاص و تخلیه<sup>5</sup> این منابع، قیمت‌گذاری این منابع متفاوت از قیمت‌گذاری کالاهای رایج اقتصادی بوده و باعث بوجود آمدن شاخه‌ای از علم اقتصاد با عنوان اقتصاد منابع پایان‌پذیر گردیده است. نرخ کمیابی در قیمت

---

1. BP (2017)

2. بهبودی و همکاران (1395)

3. Villar and Joutz (2006)

4. Ji et al. (2014)

5. Depletion

واکنش قیمت گاز طبیعی نسبت به تغییرات قیمت... 3

منابع پایان پذیر نقش اساسی داشته و اولین بار این موضوع توسط هتلینگ<sup>1</sup> در سال 1931 مطرح که به قانون هتلینگ معروف گردید. این قانون بیان می نماید در بازار رقابتی، قیمت یک منبع تجدیدناپذیر با نرخ برابر با نرخ بهره، رشد می نماید (دیوارجان و فیشر، 1981)<sup>2</sup>. در خصوص نحوه تعیین قیمت نفت مطالعات گسترده ای انجام گردیده که همیلتون<sup>3</sup> (2008) از دکتورین اقتصاد انرژی در مقاله شناخت قیمت نفت خام بیان می نماید که قیمت نفت خام در بلندمدت با نرخ کمیابی آن (نرخ بهره) رشد می نماید. در خصوص گاز طبیعی عمدتاً بیان می گردد قیمت آن بر اساس ارزش حرارتی یکسان، رابطه ای بلندمدت با قیمت نفت خام دارد. قیمت گاز طبیعی و نفت خام با هم رابطه دارند (ویلاز و جوتز، 2006)<sup>4</sup> اما این رابطه در زمان ها و مکان های مختلف، همگن و یکسان نمی باشد. گاز طبیعی و نفت خام در مصرف جانشین و در تولید مکمل یکدیگر می باشند؛ همچنان که مشاهدات این تئوری را تایید می نماید (همان، 2006). رفتار بازار نشان می دهد که تغییرات گذشته قیمت نفت خام، قیمت گاز طبیعی را تغییر می دهد اما قیمت گاز طبیعی خیلی موثر بر قیمت نفت خام نمی باشد (لین و لی، 2015)<sup>5</sup>. یکی از دلایل این ارتباط نامتقارن می تواند اندازه نسبی این دو بازار باشد. قیمت نفت خام در بازار جهانی تعیین می گردد در حالیکه بازارهای گاز طبیعی بصورت منطقه ای از یکدیگر تفکیک شده اند.

متغیرهای اقتصاد کلان و بازارهای مالی در زمان ها و رژیم های مختلف، دچار التهابات و نوسانات ناگهانی می گردند که در این حالت استفاده از مدل های غیر خطی بر مدل های خطی ارجح می باشد. مدل انتقال رژیم مارکوف، چارچوب انعطاف پذیری برای سری های غیرخطی و انتقال های ناگهانی فراهم می نماید (همیلتون، 1989)<sup>6</sup>. لذا در این پژوهش به بررسی واکنش قیمت گاز طبیعی نسبت به قیمت نفت خام در قالب مدل اقتصاد سنجی

---

1. Hotelling

2. Devarajan and Fisher (1981)

3. Hamilton (2008)

4. Villar and Joutz (2006)

5. Lin and Li (2015)

6. Hamilton (1989)

انتقال رژیم مارکف برداری پرداخته می‌شود و فرضیه مورد آزمون اینست که قیمت گاز طبیعی نسبت به قیمت نفت خام در رژیم‌های مختلف، واکنش نشان می‌دهد. این مقاله در پنج بخش تدوین گردیده است. در ادامه و بخش دوم، ادبیات نظری موضوع و پیشینه تحقیق ارائه گردیده است. در بخش سوم، روش تحقیق و در بخش چهارم نتایج تخمین مدل‌ها آورده شده است. در نهایت در بخش پنجم نتیجه‌گیری و پیشنهادات ارائه گردیده است.

## 2. مروری بر ادبیات نظری موضوع و پیشینه پژوهش

نفت و گاز جزء منابع پایان‌پذیر بوده و نرخ یا رانت کمیابی نیز در قیمت منابع تجدیدناپذیر اهمیت دارد. قیمت این منابع در تابع عرضه می‌تواند تابع میزان ذخایر باشد. با عرضه این منابع بدلیل تهی‌شوندگی منبع، ذخایر کاهش یافته و لذا در صورت عدم کشف منابع جدید، افزایش تولید می‌تواند باعث افزایش قیمت آن گردد. از طرف تقاضا قیمت می‌تواند متأثر از قیمت کالاهای جایگزین، دمای هوا، درآمد ملی و ... باشد. در کوتاه‌مدت و میان‌مدت معمولاً تغییر در تکنولوژی تولید منابع تجدیدناپذیر ایجاد نمی‌شود و لذا عرضه کم‌کشش بوده و اثر مسلط در تعیین قیمت می‌تواند تقاضا باشد. گاز طبیعی و نفت خام در مصرف جانشین یکدیگر و در تولید می‌توانند مکمل یکدیگر باشند. عواملی که باعث ایجاد رابطه بین قیمت‌های نفت خام و گاز طبیعی می‌گردند؛ عبارتند از (ویلار و جوتز، 2006)<sup>1</sup>:

الف) در بخش تقاضا گاز طبیعی و نفت خام، جانشین رقابتی و نزدیک یکدیگر در بخش - های صنعتی و مصرفی اقتصاد می‌باشند و در بلندمدت درجه جانشینی این دو کالا زیاد می‌باشد. افزایش قیمت نفت می‌تواند باعث انگیزش مصرف‌کنندگان گردد که گاز طبیعی را جانشین محصولات نفتی نمایند؛ لذا افزایش قیمت نفت خام منجر به افزایش تقاضای گاز طبیعی و قیمت آن می‌گردد.

---

1. Villar and Joutz (2006)

واکنش قیمت گاز طبیعی نسبت به تغییرات قیمت... 5

ب) در بخش عرضه افزایش قیمت نفت و تاثیر بر عرضه گاز طبیعی سه نوع اثر متفاوت می تواند داشته باشد:

ب-1) گاز طبیعی به دو شکل گازهای همراه<sup>1</sup> و غیر همراه استخراج می گردد. گاز همراه، گازی است که در ذخایر نفت خام به صورت گاز آزاد (همراه) و یا گاز در محلول نفت خام (گاز حل شده) وجود دارد. گاز غیر همراه گازی است که ذخایر آن با ذخایر نفت خام اشتراکی ندارند. افزایش تقاضای نفت خام که باعث افزایش قیمت آن می گردد سبب افزایش عرضه نفت و گاز طبیعی به عنوان تولید مشترک نفت<sup>2</sup> می گردد؛ لذا با افزایش عرضه گاز طبیعی، قیمت آن تمایل به کاهش خواهد داشت. بنابراین در این حالت با افزایش قیمت نفت خام، قیمت گاز طبیعی کاهش می یابد.

ب-2) عوامل تولید نفت خام و گاز طبیعی می توانند یکسان باشند مانند نیروی کار متخصص و چاههای حفاری. افزایش قیمت نفت خام که بدلیل افزایش تقاضای نفت بوجود آمده باعث افزایش فعالیتهای اکتشاف، حفاری، تولید و توسعهای نفت خام می گردد و افزایش هزینههای تولید می تواند منجر به کاهش عرضه نفت گردد. به دلیل عوامل تولید مشترک نفت خام و گاز طبیعی (مانند چاههای حفاری)، هزینههای تولید و توسعه گاز طبیعی افزایش می یابد لذا عرضه گاز طبیعی کاهش و از اینرو افزایش قیمت گاز طبیعی متصور خواهد بود. بنابراین در این حالت با افزایش قیمت نفت خام بدلیل افزایش هزینههای تولید، قیمت گاز طبیعی افزایش می یابد.

ب-3) افزایش قیمت نفت خام باعث افزایش نقدینگی و منابع مالی جهت اجرای پروژه های حفاری و توسعه نفت خام می گردد و انتظار می رود فعالیتهای حفاری و توسعهای در صنعت گاز نیز افزایش یابد. لذا با افزایش قیمت نفت خام بدلیل افزایش تقاضای آن، پروژههای حفاری و توسعه گاز طبیعی افزایش و عرضه گاز طبیعی افزایش می یابد. بنابراین در این حالت با افزایش قیمت نفت خام، کاهش قیمت گاز طبیعی متصور خواهد بود.

---

1. Associated Gas  
2. Co-product of Oil

در نتیجه اثر تغییر قیمت نفت خام بر عرضه و قیمت گاز طبیعی بسته به اینکه میزان اثر کدام حالت غالب خواهد بود متفاوت می‌باشد. از اینرو به لحاظ نظری ارتباط بین قیمت نفت خام و قیمت گاز طبیعی وجود دارد و مطالعات تجربی نیز موید این مطلب می‌باشد؛ اما میزان و نحوه اثرگذاری در زمان و بازارهای مختلف، متفاوت می‌باشد.

مطالعات تجربی متفاوتی در خصوص نحوه تعیین قیمت گاز طبیعی در بازارهای بین المللی منطقه‌ای و اثرپذیری آن از قیمت نفت خام انجام شده است. عمده این مطالعات تمرکز بر تعامل و واکنش بین قیمت گاز و قیمت سایر سوخت‌ها داشته است. هارتلی و همکاران<sup>1</sup> (2008) و برون و یوسل<sup>2</sup> (2008) در چارچوب همگرایی و استفاده از مدل‌های تصحیح خطای برداری، مکانیزم تعامل بین بازارهای گاز طبیعی و نفت خام را در کوتاه-مدت و بلندمدت بررسی نموده‌اند. هر دو مطالعه از داده‌های ذخایر گاز طبیعی، تعداد روزهای گرم و تولید گاز در مدل استفاده کردند و نشان دادند که قیمت گاز طبیعی و نفت خام در آمریکا با هم ارتباط دارند؛ گرچه رمبرگ و پارسن<sup>3</sup> (2012) نشان دادند که ارتباط بین گاز و نفت قطع شده است. اردس<sup>4</sup> (2012) نشان داد که رابطه همگرایی بین قیمت‌های نفت خام و گاز طبیعی در آمریکا تنها تا سال 2009 ادامه داشته است و با افزایش تولید گاز شیل<sup>5</sup> این ارتباط قطع شده است. در این مطالعه تولید گاز، ذخایر گاز و آب و هوا به عنوان متغیر برونزا در نظر گرفته شده‌اند.

پاناگیوتیدس و راتلج<sup>6</sup> (2008) همگرایی بین قیمت نفت برنت و گاز طبیعی را در بریتانیا بدون در نظر گرفتن سایر متغیرها تحلیل نمودند. آنها یافتند که یک رابطه تعادلی بلندمدت بین قیمت گاز بریتانیا و نفت خام وجود دارد و فرض اینکه رابطه بین این دو قیمت قطع گردیده است؛ تایید نگردید. آچ و همکاران<sup>7</sup> (2013) رابطه بین قیمت‌های نقدی<sup>8</sup> گاز

---

1. Hartley et al. (2008)

2. Brown and Yücel (2008)

3. Ramberg and Parsons (2012)

4. Erdos (2012)

5. Shale Gas

6. Panagiotidis and Rutledge (2008)

7. Asche et al. (2013)

8. Spot

واکنش قیمت گاز طبیعی نسبت به تغییرات قیمت... 7

طبیعی ماهانه اروپا را با قیمت واردات گاز طبیعی مبتنی بر قرارداد<sup>1</sup> کشور آلمان و قیمت نفت خام برنت را بررسی نمودند. این مطالعه نشان داد که قیمت‌های مبتنی بر قرارداد بر پایه قیمت نفت خام تعیین می‌گردد. همچنین قیمت‌های گاز طبیعی در اروپا به هم گرایش دارند و در بلندمدت با قیمت نفت خام همبستگی دارند.

نیک و تونس<sup>2</sup> (2014) با استفاده از یک مدل خودرگرسیون برداری ساختاری بازار گاز آلمان را بررسی نمودند. آنها نشان دادند در کوتاه مدت قیمت گاز طبیعی متأثر از دمای هوا، ذخایر و کمبود عرضه می‌باشد و در بلندمدت رابطه قوی با قیمت نفت و زغال سنگ و فعالیت‌های اقتصادی دارد. هولشف و همکاران<sup>3</sup> (2016) به بررسی قیمت‌های نقدی روزانه گاز طبیعی از سال 2011 تا 2014 در هاب هلند پرداختند. آنها نتیجه گرفتند قیمت نفت تأثیر کمی بر قیمت گاز طبیعی دارد و قیمت زغال‌سنگ هیچ اثری بر قیمت گاز ندارد. لانگی و ماتسوموتو<sup>4</sup> (2012) بیان نمودند که جدایی بین قیمت نفت و گاز آمریکا در نتیجه مازاد عرضه و انقلاب گاز شیل بوجود آمده است. سیلیورستو و همکاران<sup>5</sup> (2005) نیز درجه همگرایی در بازارهای گاز اروپا، آمریکای شمالی و ژاپن را بررسی که رابطه بین قیمت گاز در بازار بین الملل و قیمت نفت کشف گردید.

گنج و همکاران<sup>6</sup> (2016) اثر انقلاب گاز شیل آمریکای شمالی را بر بازارهای منطقه‌ای در قالب مدل انتقال رژیم بررسی نمودند. آنها نتیجه گرفتند که رابطه بین قیمت گاز هنری هاب (آمریکای شمالی) با قیمت نفت خام تگزاس قطع گردیده است لیکن قیمت گاز بریتانیا (اروپا) با قیمت نفت خام برنت در تعادل بلندمدت می‌باشد. کاپورین و فونینی<sup>7</sup> (2017) به بررسی رابطه بلندمدت قیمت گاز طبیعی و نفت در آمریکا با توجه به انقلاب گاز شیل پرداختند. آنها با استفاده از مدل تصحیح خطای برداری نشان دادند که بین

---

1. Contract-Based

2. Nick and Thoenes (2014)

3. Hulshod et al. (2016)

4. Loungani and Matsumoto (2012)

5. Siliverstovs et al. (2005)

6. Geng et al. (2016)

7. Caporin and Fontini (2017)

قیمت‌های نفت و گاز یک رابطه مثبت بلندمدت یک به یک وجود دارد. تاثیر قیمت نفت بر گاز با در نظر گرفتن انقلاب شیل بیش از دو برابر قبل گردیده است.

برون<sup>1</sup> (2017) به بررسی رابطه قیمت گاز طبیعی آمریکا و قیمت جهانی نفت در دوره 30 ساله پرداخته است و نتیجه گرفته است که این دو متغیر، رابطه نزدیکی تا سال 2009 با یکدیگر داشته اما بعد از آن بدلیل تغییرات تکنولوژی و افزایش منابع گاز شیل این ارتباط از بین رفته است. شی و واریام<sup>2</sup> (2017) به بررسی اقتصاد گاز شرق آسیا نسبت به قیمت‌های نفت برونزا پرداخته‌اند و نتیجه گرفتند که قیمت‌های نفت پایین<sup>3</sup> و نیز قیمت‌های گاز، بر عرضه و تقاضای گاز اثرگذار می‌باشند.

بریجیدا<sup>4</sup> (2014) به مطالعه رابطه بلندمدت قیمت گاز طبیعی و نفت در قالب مدل انتقال رژیم مارکف می‌پردازد. وی مدل بدون رژیم و مدل با دو رژیم را مقایسه و نتیجه می‌گیرد مدل مارکف بر مدل بدون رژیم مزیت دارد. همچنین نتیجه گرفت از سال 2000 رابطه بین قیمت گاز طبیعی و نفت قطع نگردیده و تنها یک انتقال رژیم اتفاق افتاده است.

در مطالعات داخلی، محمدی و طاهرخانی (1388) در مطالعه‌ای با عنوان «بررسی رابطه بین قیمت نفت خام و گاز طبیعی» به بررسی و شناسایی تاثیر قیمت نفت خام بر گاز طبیعی پرداخته‌اند. آنها با استفاده از مدل خود رگرسیون برداری، اثرات قیمت سبد نفتی اوپک بر قیمت گاز در آمریکا و میزان مصرف را مورد بررسی قرار دادند. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد یک رابطه هم‌انباشتگی وجود دارد و یک شوک 1 درصدی قیمت سبد نفتی اوپک، باعث تغییر 4 درصدی در قیمت گاز طبیعی می‌گردد.

منصور کیایی (1388) در پژوهشی تحت عنوان «تخمین رابطه میان قیمت نفت خام و گاز طبیعی مایع شده (LNG)، با استفاده از مدل تصحیح خطا» به بررسی رابطه میان قیمت گاز طبیعی و نفت خام در بازار آسیا پرداخته است. وی نتیجه می‌گیرد که قیمت‌های گاز

---

1. Brown (2017)

2. Shi and Variam (2017)

3. Low Oil Prices

4. Brigida (2014)



واکنش قیمت گاز طبیعی نسبت به تغییرات قیمت... 9

در بلندمدت از قیمت‌های نفت خام پیروی می‌کند؛ اما نوسانات کوتاه‌مدت می‌تواند منجر به تغییرات قابل توجهی در رابطه نسبی قیمت گاز و نفت خام گردد.

بهبودی، اصغرپور و نیکی اسکویی (1395) نیز در مطالعه‌ای به بررسی ارتباط قیمت گاز طبیعی و قیمت نفت خام در بازارهای منطقه‌ای گاز جهان پرداخته‌اند. آنها پویایی کوتاه‌مدت و بلندمدت قیمت گاز و قیمت نفت در چهار بازار منطقه‌ای مهم جهان (آمریکای شمالی، انگلستان، آسیا و اروپا) را بررسی نمودند و نتیجه گرفتند گرچه رابطه بلندمدت بین قیمت‌های گاز و نفت در بازار آمریکا منفک شده است؛ ولی همچنان در بازارهای انگلستان، اروپا و آسیا ارتباط بلندمدت میان قیمت‌های گاز و نفت برقرار است.

بنابراین عمده مطالعات، قیمت گاز طبیعی را متأثر از قیمت نفت خام بیان کرده‌اند؛ با این وجود میزان اثرپذیری آن در دوره‌ها و مناطق مختلف، متفاوت می‌باشد. در این پژوهش نیز به بررسی واکنش قیمت گاز طبیعی نسبت به قیمت نفت خام پرداخته می‌شود. وجه تمایز اصلی این پژوهش مدل انتقال رژیم مارکف برداری جهت تجزیه و تحلیل و با استفاده از سری زمانی ماهانه می‌باشد.

### 3. روش پژوهش

رهیافت استفاده شده جهت تجزیه و تحلیل، مدل انتقال رژیم مارکف برداری می‌باشد. بدین منظور مدل با دو رژیم<sup>1</sup> و یا دو حالت<sup>2</sup> در نظر گرفته می‌شود. بیشتر متغیرهای اقتصادی متحمل حوادثی می‌شوند که سبب می‌شود رفتار سری‌ها، تغییرات قابل ملاحظه‌ای از خود نشان دهند و دچار جهش‌های شدیدی گردند. متغیرهای اقتصاد کلان، مالی و قیمت نفت و گاز چنین رفتاری را از خود نشان می‌دهند. اینچنین تغییراتی در سرهای زمانی می‌تواند در نتیجه جنگ، اضطراب‌های مالی و تغییرات قابل توجه در سیاست‌های دولت‌ها

---

1. Regime

2. State

باشد (همیلتون، 1994)<sup>1</sup>. قیمت نفت و گاز نیز در بلندمدت تغییرات قابل ملاحظه‌ای و سویچی داشته که می‌تواند از الگوی انتقال رژیم مارکف تبعیت نمایند (بریجیدا، 2014)<sup>2</sup>.

### 3-1. بیان مدل تصادفی تغییرات در رژیم مارکف

فرض نماییم یک نمونه با اندازه  $T(y_1, \dots, y_T)$  و با یک فرایند برداری  $(y_t \in R^n)$  وجود داشته باشد. اقتصادسنجی دان‌ها اعتقاد دارند که امکان انتقال گسسته در سطح، واریانس و خود همبستگی  $y$ ها وجود دارد. فرض نماییم که  $k$  رژیم‌های مختلف از یک مشاهده  $y_t$  می‌توان ترسیم نمود. یک متغیر تصادفی اسکالر مشاهده نشده به نام حالت و یا رژیم معرفی می‌گردد. این رژیم مشاهده نشده  $s_t$  نامگذاری می‌گردد که یک ارزش عدد صحیح  $\{1, \dots, k\}$  می‌گیرد. طول وقفه خودرگرسیون  $m$  در نظر گرفته شده و  $y_t$  بستگی به دوره جاری و  $m$  دوره قبلی  $s_t$ ،  $m$  وقفه  $y_t$  و بردار پارامترهای  $\theta$  بستگی دارد (همیلتون، 1990)<sup>3</sup>، یعنی:

$$\begin{aligned} & p(y_t | s_t, s_{t-1}, \dots, y_{t-1}, y_{t-2}, \dots; \theta) \\ &= p(y_t | s_t, s_{t-1}, \dots, s_{t-m}, y_{t-1}, y_{t-2}, \dots, y_{t-m}; \theta) \\ &\equiv p(y_t | z_t; \theta) \end{aligned} \quad (1)$$

که  $s_t$  متغیر تصادفی مشاهده نشده (رژیم‌ها) می‌باشد و  $z_t$  معادل است با:

$$z_t \equiv (s_t, s_{t-1}, \dots, s_{t-m}, y'_{t-1}, y'_{t-2}, \dots, y'_{t-m})' \quad (2)$$

و  $\theta$  بردار پارامترها، یعنی میانگین و واریانس نمونه و ضرایب خودرگرسیونی می‌باشند. با استفاده از روابط بالا و اینکه انتقال بین حالت‌ها بوسیله زنجیره مارکف حاکم باشد و ارزش  $\{1, \dots, k\}$  بگیرد، داریم:

1. Hamilton (1994)

2. Brigida (2014)

3. Hamilton (1990)

واکنش قیمت گاز طبیعی نسبت به تغییرات قیمت... 11

$$p(s_t = j | s_{t-1} = i) = p_{ij} \quad (3)$$

که مجموع احتمالات یک می‌باشد؛ یعنی:  $\sum_{j=1}^k p_{ij} = 1$  به ازای  $i = 1, \dots, k$  و  $p_{ij}$  احتمال انتقال رژیم را نشان می‌دهد که اگر این احتمالات در یک ماتریس  $N \times N$  نشان داده شود به آن ماتریس احتمال انتقال (ماتریس  $p$ ) گفته می‌شود.

$$p = \begin{bmatrix} p_{11} \cdots p_{N1} \\ \dots\dots\dots \\ p_{1N} \cdots p_{NN} \end{bmatrix} \quad (4)$$

احتمال قرار گرفتن در زمان  $t$  و دوره ماقبل آن در رژیم اول،  $p_{11}$  نامیده شده است. به همین ترتیب عناصر دیگر ماتریس احتمال انتقال تعریف می‌گردد و جمع احتمالات در هر ستون یک می‌باشد. در یک زنجیره مارکف غیر کاهشی<sup>1</sup>  $N^1$  حالتی با ماتریس احتمال انتقال  $p$ ، اگر یکی از مقادیر ویژه ماتریس احتمال انتقال عدد یک باشد و سایر مقادیر ویژه درون دایره واحد قرار داشته باشند؛ این زنجیره مارکف ارگدیك<sup>2</sup> می‌باشد. یک زنجیره مارکف ارگدیك، فرایند کوواریانس ایستا بوده و مدل مارکف نیز ایستا<sup>3</sup> می‌باشد. برای کسب اطلاعات بیشتر در خصوص مدل انتقال رژیم مارکف می‌توان به همیلتون (1989، 1990، 1993 و 1994) مراجعه نمود. پارامترهای مدل انتقال رژیم نامعلوم بوده و برای بدست آوردن پارامترها که معادلات آنها غیر خطی است از تابع حداکثر درست نمایی<sup>4</sup> (MLE) استفاده می‌گردد. در این بررسی از ویژگی تحلیلی مشتق تابع درست نمایی استفاده می‌شود و مدل نیز توسط الگوریتم تکرار EM<sup>5</sup> تخمین زده می‌شود که اصول آنرا دمپستر و همکاران<sup>6</sup> در سال 1977 بیان نموده‌اند. بدین معنا که از یک فرایند تکراری استفاده می‌گردد تا فاصله بین پارامترهای تخمینی کمتر از یک معیار همگرایی مشخص

---

1. Irreducible  
 2. Ergodic  
 3. Stationary  
 4. Log-Likelihood  
 5. Expectation-Maximization  
 6. Dempster et al. (1977)

شده گردد. با توجه به توضیحات ارائه شده در خصوص مدل انتقال مارکف، در این مطالعه واکنش گاز طبیعی نسبت به نفت در قالب مدل مارکف برداری بررسی می‌گردد. مدل دو رژیم و از بردار خود رگرسیون الگو می‌پذیرد. اگر قیمت گاز طبیعی را با  $G$  و قیمت نفت خام را با  $O$  نمایش دهیم در زمان  $t = 1, 2, \dots, t_0$  (حالت اول) و در نظر گرفتن مرتبه دو خود رگرسیون داریم:

$$G_{1t} = a_{110} + a_{111}G_{t-1} + a_{112}G_{t-2} + a_{113}O_{t-1} + a_{114}O_{t-2} + \varepsilon_{11t} \quad (5)$$

$$O_{1t} = a_{120} + a_{121}G_{t-1} + a_{112}G_{t-2} + a_{113}O_{t-1} + a_{124}O_{t-2} + \varepsilon_{12t}$$

اجزای اخلاص میانگین صفر، واریانس ثابت و همبستگی سریالی ندارند. اندیس‌های اول مربوط به شماره رژیم و اندیس‌های دوم مربوط به معادلات VAR می‌باشد. مشابه این معاملات برای زمان بعد از  $t_0$  و رژیم دوم وجود دارد؛ لذا اندیس اول پارامترها در معادلات بالا به عدد 2 تغییر می‌یابد. در این بررسی نظر به اینکه قیمت گاز در دو منطقه مختلف بررسی می‌گردد لذا معادلات بالا دوبار و در دو رژیم، مورد تخمین قرار می‌گیرند.

### 3-2. داده‌ها و پایه‌های آماری

استفاده از داده‌های سالانه بدلیل محدودیت و کم بودن داده‌ها، باعث کاهش اعتبار نتایج اقتصادسنجی می‌گردد؛ لذا در این پژوهش از داده‌های ماهانه استفاده می‌گردد. دوره زمانی، از ژانویه 1992 تا ژوئن 2017 و از آمار صندوق بین‌المللی پول، استفاده شده است. مطالعه در دو بازار اصلی گاز طبیعی جهان انجام می‌شود: بازار گاز اروپا و بازار گاز شرق آسیا (ژاپن). گاز طبیعی مصرفی در بازار اروپا عمدتاً از طریق خط لوله و در ژاپن از طریق گاز طبیعی مایع (LNG) تامین می‌گردد. در بازار منطقه‌ای اروپا با توجه به اینکه کشور صنعتی آلمان، مصرف عمده گاز طبیعی را در اتحادیه اروپا دارد قیمت گاز طبیعی انتقالی روسیه از طریق خط لوله به این کشور مورد استفاده قرار گرفته است. همچنین به دلیل

واکنش قیمت گاز طبیعی نسبت به تغییرات قیمت... 13

حجم عمده معاملات نفتی از طریق نفت خام برنت نیز از شاخص قیمت نفت خام برنت<sup>1</sup>، در اروپا و آسیا استفاده می‌گردد. در بازار منطقه‌ای آسیا، عمده مصرف و تجارت در کشور ژاپن و بصورت گاز مایع بوده، از اینرو در این منطقه به‌عنوان جانشین در بازار آسیا، قیمت گاز طبیعی مایع در بازار ژاپن مورد سنجش و نیز قیمت نفت خام برنت در مدل استفاده می‌گردد. سایر متغیرها از جمله دمای هوا، ذخایر گاز طبیعی، عوامل سیاسی و ... می‌توانند بر قیمت گاز طبیعی اثر گذار باشند. از آنجاکه سری زمانی این متغیرها در دسترس نمی‌باشد در مدل از قیمت گاز طبیعی و قیمت نفت خام و وقفه‌های آنها استفاده می‌گردد.

#### 4. نتایج تخمین

بیشتر سری‌های زمانی، ایستا<sup>2</sup> نمی‌باشند و برای تست ایستایی، آزمون ریشه واحد<sup>3</sup> انجام می‌شود. آزمون‌های مرسوم ریشه واحد؛ دیکی فولر، دیکی فولر تعمیم یافته<sup>4</sup> و فیلیپس پرون<sup>5</sup> می‌باشد. در صورت ایستا نبودن سری، اغلب پیشنهاد می‌گردد<sup>6</sup> تفاضل مرتبه اول سری<sup>7</sup>، مورد آزمون ریشه واحد قرار گیرد و در صورت نایستایی از تفاضل مرتبه‌های بعدی استفاده گردد<sup>8</sup>. علاوه بر این، بیشتر مدل‌های اقتصادی غیرخطی به نظر می‌رسند و معمولاً جهت خطی نمودن و رفع واریانس ناهمسانی از مدل لگاریتم طبیعی گرفته می‌شود<sup>9</sup>. لگاریتمی نمودن متغیرها سبب تسهیل در تفسیر ضرایب می‌گردد زیرا ضرایب، درصد تغییرات را نشان می‌دهد<sup>10</sup>. همیلتون (2008) در مطالعه‌ای با عنوان شناخت قیمت-

- 
1. Brent Crude Oil
  2. Stationary
  3. Unit Root Test
  4. Augmented Dickey-Fuller
  5. Phillips-Perron
  6. Hamilton (1994)
  7. First-Difference
  8. Enders (2008)
  9. Greene (2000)
  10. Johnston and Dinardo (1997)

های نفت خام<sup>1</sup> از این روش استفاده نموده است؛ یعنی ابتدا لگاریتم طبیعی و سپس تفاضل - گیری از متغیرها را انجام داده است. لین و لی<sup>2</sup> در پژوهشی با عنوان اثرات سرریزی بازارهای نفت و گاز طبیعی<sup>3</sup>، جهت تجزیه و تحلیل از تفاضل لگاریتم قیمتها و یا به عبارت دیگر بازدهی قیمتها استفاده نموده‌اند.

در این پژوهش نیز بعد از لگاریتم‌گیری، ابتدا آزمون ریشه واحد در سطح سری‌ها انجام شده است. با مشاهده جدول (1) مشخص می‌گردد سری‌ها در سطح ایستا نمی‌باشند؛ از اینرو از تفاضل مرتبه اول استفاده گردیده است. مجدداً آزمون‌های دیکی فولر و فیلیپس پرون انجام و ملاحظه گردید تفاضل مرتبه اول سری‌ها، در سطح بحرانی 5 درصد ایستا می‌باشند. نتایج آزمون دیکی فولر و فیلیپس پرون در سطح و تفاضل سری‌ها در جدول (1) ارائه گردیده است.

جدول 1: نتایج آزمون ریشه واحد برای سطح سری و تفاضل مرتبه اول سری‌ها

متغیرها	آزمون دیکی فولر برای سطح سری	آزمون فیلیپس پرون برای سطح سری	سطح بحرانی 5% برای سطح سری	آزمون دیکی فولر برای تفاضل سری	آزمون فیلیپس پرون برای تفاضل سری	سطح بحرانی 5% برای تفاضل سری
gj	-0/97	-1/38	-2/878	-11/2	-11/6	-2/8
ge	-1/20	-1/57	-2/878	-14/2	-15	-2/8
gh	-2/876	-1/82	-2/878	-16/1	-16/1	-2/8
ob	-1/36	-1/74	-2/878	-14/6	-14/9	-2/8
ow	-1/48	-1/93	-2/878	-13/2	-12/6	-2/8

منبع: یافته‌های پژوهش

1. Understanding Crude Oil Prices  
 2. Lin and Li (2015)  
 3. The Spillover Effects Across Natural Gas and Oil Markets

واکنش قیمت گاز طبیعی نسبت به تغییرات قیمت... 15

ملاحظه می‌گردد کلیه متغیرها بعد از تفاضل‌گیری مرتبه اول ایستا می‌باشند. اکنون به تخمین مدل در دو بازار منطقه‌ای مورد بحث پرداخته می‌شود.

#### 1-4. بازار منطقه‌ای آسیا:

در آسیا، بازار اصلی منطقه‌ای در کشور ژاپن بوده که عمدتاً تجارت از طریق گاز مایع کشورهای استرالیا، قطر، مالزی و اندونزی صورت می‌پذیرد. لذا قیمت هاب این منطقه و نیز قیمت نفت خام برنت در بازار منطقه‌ای آسیا در نظر گرفته می‌شود. در ابتدا بر اساس مدل VAR<sup>1</sup> و وقفه بهینه، مدل تخمین زده می‌شود. معیارهای اطلاعاتی آکائیک، شوارتز و هنان کوئین، حدود 12 بوده که نتایج آن به تفکیک در جدول (2) آورده شده است. سپس بر اساس مدل انتقال رژیم مارکف برداری (MSVAR<sup>2</sup>) داده‌ها مورد تخمین که معیارهای اطلاعاتی حداقل و برتری مدل انتقال رژیم مارکف برداری بر مدل خود رگرسیون برداری کاملاً مشهود است. نتایج تخمین در جدول (2) با در نظر گرفتن دو رژیم آورده شده است. در این مدل، GJ قیمت گاز طبیعی در بازار منطقه‌ای آسیا، OB قیمت نفت خام برنت و Cons ضریب ثابت رگرسیون می‌باشد.

---

1. Vector Autoregression

2. Markov Switching Vector Autoregression

جدول 2: نتایج تخمین در بازار منطقه‌ای آسیا

ob(-2)	gj(-2)	ob(-1)	gj(-1)	Cons	آماره	معادله	معیار اطلاعاتی			مدل
							HQ	SC	AIC	آلترناتیو
**0/57	**0/14	**0/9	**0/25	0/02	ضریب	GJ	HQ	SC	AIC	مدل VAR
2/88	2/95	4/7	5/2	0/16	z آماره					
0/00	0/00	0/00	0/00	0/87	Prob.					
0/02	0/1	**0/18	-0/19	0/27	ضریب	OB	12/18	12/32	12/09	
0/44	0/7	3/25	-1/37	0/57	z آماره					
0/65	0/48	0/00	0/17	0/56	Prob.					
**0/11	**0/21	**0/16	**0/22	0/12	ضریب	GJ	5/12	5/19	5/07	مدل مارکف رژیم اول
2/55	3/34	8/9	2/69	0/96	z آماره					
0/01	0/00	0/00	0/00	0/33	Prob.					
-0/01	0/22	**0/1	-0/07	**20/20	ضریب	OB				
-0/17	1/39	-1/94	-0/49	3/38	z آماره					
0/86	0/16	0/05	0/62	0/00	Prob.					
**0/11	**0/2	0/04	**0/39	0/12	ضریب	GJ				
2/55	2/4	0/93	4/7	0/96	z آماره					
0/01	0/01	0/35	0/00	0/33	Prob.					
-0/21	-0/31	**0/84	-0/31	**4/1	ضریب	OB				
-1/4	-1/07	5/3	-1/07	-2/66	z آماره					
0/15	0/28	0/00	0/28	0/00	Prob.					

\*\* معناداری در سطح 0/05

منبع: یافته‌های پژوهش

در مدل انتقال رژیم، قیمت گاز طبیعی با وقفه‌های خود و نیز وقفه‌های قیمت نفت خام برنت، رابطه مستقیم دارد اما میزان اثر گذاری آنها در دو رژیم متفاوت می‌باشد. در رژیم اول کلیه ضرایب با وقفه و در رژیم دوم به غیر از وقفه اول قیمت نفت خام، تمامی ضرایب معنادار می‌باشد. قیمت نفت خام نیز تابعی از وقفه خود و قیمت گاز طبیعی در نظر گرفته شده است که وقفه‌های گاز طبیعی معنادار نبوده که نشان می‌دهد در این منطقه قیمت نفت



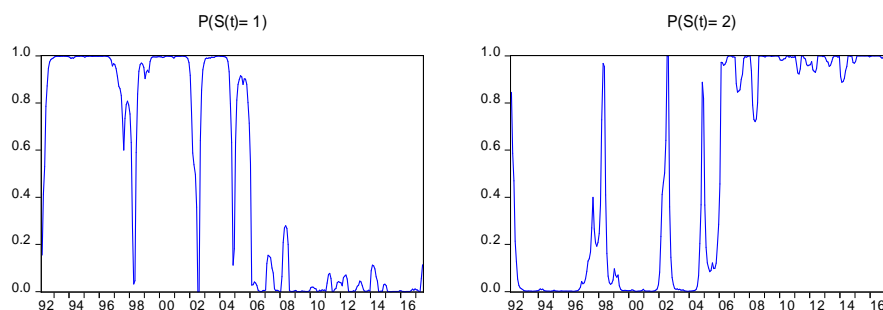
واکنش قیمت گاز طبیعی نسبت به تغییرات قیمت... 17

خام متأثر از قیمت گاز طبیعی نبوده و تنها از وقفه‌های خود تبعیت می‌نماید. همچنین قیمت نفت خام رابطه معکوس با وقفه اول خود در رژیم یک و رابطه مستقیم با این در رژیم دو دارد. مشاهده می‌گردد رفتار متغیرها و ضرایب در دو رژیم متفاوت می‌باشد. ماتریس احتمال انتقال و دوره انتظاری قرار گرفتن در هر رژیم در بلندمدت با فرض وجود دو رژیم بدین صورت می‌باشد:

$$\Pi = \begin{bmatrix} 26 & 29 \end{bmatrix} \text{ و } p = \begin{bmatrix} 0/97 & 0/03 \\ 0/03 & 0/97 \end{bmatrix}$$

که  $p$  ماتریس احتمال انتقال و  $\Pi$  دوره انتظاری قرار گرفتن در هر رژیم را نشان می‌دهد. یعنی احتمال اینکه در دوره جاری در رژیم یک قرار گرفته و در دوره بعد در همان رژیم یک باشیم  $0/97$  و احتمال آنکه در دوره بعد در رژیم دو قرار گرفته باشیم  $0/03$  می‌باشد. همچنین احتمال آنکه در دوره جاری در رژیم دو قرار گرفته باشیم و در دوره بعد در رژیم یک باشیم  $0/03$  و احتمال آنکه در دوره بعد در همان رژیم دو قرار گرفته باشیم  $0/97$  می‌باشد. همچنین انتظار می‌رود در بلندمدت 26 ماه در رژیم یک و 29 ماه در رژیم دو، قرار گرفته باشیم. نمودار (1) احتمالات انتقال رژیم مارکف در بازار منطقه‌ای آسیا را نشان می‌دهد. نمودار سمت چپ، احتمال آنکه در رژیم یک و نمودار سمت راست احتمال آنکه در رژیم دو قرار گرفته باشیم را نشان می‌دهد. ملاحظه می‌گردد تا سال 2006 احتمال که در رژیم یک قیمت‌ها قرار گرفته باشد بیشتر است و در سال‌های بعد از آن قیمت‌ها از رژیم دو پیروی می‌نمایند. قیمت نفت برنت در سال‌های ماقبل 2006، از 9/8 دلار تا حدود 64 دلار و قیمت گاز از 2/7 تا 6/7 دلار در نوسان بوده است و در این دوره قیمت‌ها از رژیم یک پیروی می‌نمایند. از سال 2006 به بعد قیمت نفت و گاز هر دو افزایش و به ماکزیمم خود می‌رسند و سپس کاهش می‌یابند؛ در این دوره قیمت‌ها از رژیم 2 پیروی می‌نمایند. علت تغییر رژیم‌ها اینست که تا سال 2006 قیمت‌ها از نوسان کمی برخوردار بوده و بعد از سال 2006 قیمت‌های نفت و گاز دچار نوسانات شدید شده است. همچنین در این

منطقه تا سال 2006 همراه با افزایش قیمت نفت، قیمت گاز طبیعی نیز افزایش داشته است. اما از سال 2006 به بعد، قیمتها به حداکثر خود رسیده ولی با کاهش قیمت نفت، قیمت گاز به همان نسبت کاهش نیافته و حتی در برخی دورهها افزایش یافته است. عدم هماهنگی قیمتها در زمان کاهش قیمت نفت، می‌تواند بدلیل قراردادهای بلندمدت گاز طبیعی باشد. علاوه بر این، سال 2006 آغاز تولید نفت نامتعارف (شیل<sup>1</sup>) بوده که خود می‌تواند علت تغییر رژیم در این سال باشد. رژیم 2 متناظر با افزایش و کاهش شدید قیمت نفت می‌باشد. بنابراین به هنگام نوسانات شدید قیمتهای نفت و گاز، قیمت گاز طبیعی متناظر با رژیم 2 می‌باشد. اما در دوره‌ای که قیمتها از روند یکنواختی برخوردار می‌باشد؛ قیمتها در رژیم 1 قرار دارد.



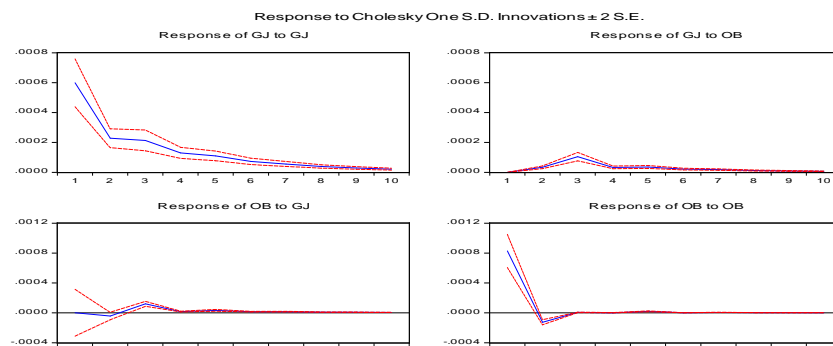
نمودار 1: احتمالات انتقال رژیم مارکف در بازار منطقه‌ای آسیا

منبع: یافته‌های پژوهش

در مرحله بعد، اثر شوک وارده به قیمتها بر قیمت گاز طبیعی با استفاده از توابع واکنش آنی به تفکیک دو رژیم بررسی می‌گردد. تابع واکنش رفتار پویای متغیرهای الگو را به هنگام ضربه و یا شوک بر هر یک از متغیرهای الگو را در طول زمان نشان می‌دهد. این تکانه و یا شوک در این پژوهش به اندازه دو انحراف معیار انتخاب می‌گردد. نمودار (2) به ترتیب از بالا و چپ در رژیم اول واکنش رشد قیمت گاز طبیعی نسبت به خود و نسبت به

واکنش قیمت گاز طبیعی نسبت به تغییرات قیمت... 19

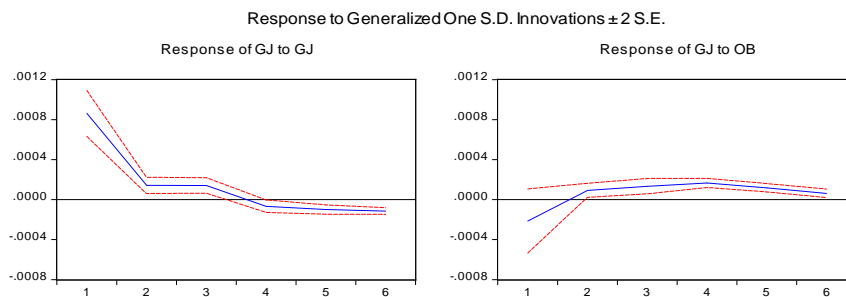
رشد قیمت نفت خام و نمودارهای پایین واکنش رشد قیمت نفت خام نسبت به خود و قیمت گاز طبیعی در آسیا را نشان می‌دهد. در نمودار بالا چپ، شوک قیمت گاز طبیعی در آسیا اثر مثبت و میزان اثر آن کاهش تا در ماه دهم تقریباً اثر شوک از بین می‌رود. نمودار بالا سمت راست اثر شوک رشد قیمت نفت خام بر رشد قیمت خام را نیز نشان می‌دهد؛ تا ماه سوم اثر شوک افزایشی و بعد از آن کاهش می‌یابد تا در ماه دهم اثر شوک قیمت نفت خام تقریباً از بین می‌رود. نمودارهای پایین نیز اثر واکنش رشد قیمت نفت خام نسبت به قیمت گاز طبیعی و نسبت به خود را در رژیم اول نشان می‌دهد؛ که بعد از سه دوره اثر شوک از بین می‌رود.



نمودار 2: اثر شوک رشد قیمت نفت و گاز در رژیم یک آسیا

منبع: یافته‌های پژوهش

نمودار (3) نیز اثر شوک رشد قیمت نفت و گاز در رژیم دو آسیا را نشان می‌دهد. در این رژیم اثر شوک رشد قیمت گاز طبیعی تا 4 ماه مثبت و بعد از ماه چهارم اثر شوک صفر و منفی می‌گردد. شوک رشد قیمت نفت بر گاز نیز در دوره اول منفی و سپس صفر و بعد از آن اثر شوک مثبت و تا ماه ششم اثر شوک از بین می‌رود. اثر شوک‌ها در رژیم دوم نسبت به رژیم اول زودتر از بین می‌روند.



نمودار 3: اثر شوک رشد قیمت نفت و گاز در رژیم دو آسیا

منبع: یافته‌های پژوهش

### آزمون علیت گرنجری

با توجه به ایستایی متغیرها و وقفه دو، آزمون علیت گرنجری در دو رژیم انجام شده است. دو فرض صفری که در هر دو رژیم باید آزمون شوند عبارتند از: قیمت نفت خام برنت، علیت قیمت گاز طبیعی در بازار منطقه‌ای آسیا نمی‌باشد و در این بازار قیمت گاز طبیعی، علیت قیمت نفت خام برنت نمی‌باشد. نتایج این آزمون به تفکیک دو رژیم در جدول (3) آورده شده است.

جدول 3: آزمون علیت گرنجری در رژیم 1 و 2 بازار منطقه‌ای آسیا

شرح	Equation	Exclude	آماره چی دو ( $\chi^2$ )	prob
رژیم 1	Gj	ob	6517	.00
	Gj	All	6517	.00
	OB	gj	3861	.00
	OB	All	3861	.00
رژیم 2	Gj	ob	314816	.00
	Gj	All	314816	.00
	OB	gj	383798	.00
	OB	All	383798	.00

منبع: یافته‌های پژوهش

واکنش قیمت گاز طبیعی نسبت به تغییرات قیمت... 21

با توجه به جدول (3) و آزمون علیت گرنجری، مشهود است که در این منطقه در هر دو رژیم علیت دو طرفه برقرار است. به عبارت دیگر، علیت گرنجری از قیمت نفت خام برنت به قیمت گاز طبیعی و نیز از قیمت گاز طبیعی به قیمت نفت خام وجود دارد. قیمت نفت خام در سطح جهانی تعیین می‌گردد و بدلیل اهمیت شگرف آن انتظار می‌رود که علیت گرنجری قیمت گاز باشد. همچنین در منطقه آسیا با توجه به ذخایر عظیم و تولید آن نسبت به اروپا، هر اتفاقی که منطقه را تحت تاثیر قرار دهد قیمت گاز را متاثر ساخته و با توجه به وزن عمده آن، قیمت سایر انرژی‌ها مثل نفت خام را می‌تواند تحت تاثیر قرار دهد.

#### 2-4. بازار منطقه اروپا

در این منطقه عمدتاً گاز مصرفی از طریق خط لوله از کشور روسیه تامین می‌گردد و کشور مصرف‌کننده عمده آلمان می‌باشد. قیمت گاز وارداتی کشور آلمان که از روسیه تامین می‌گردد به عنوان جانشین قیمت بازار منطقه‌ای اروپا در نظر گرفته می‌شود. در ابتدا بر اساس مدل VAR و وقفه بهینه تخمین صورت گرفته که معیارهای اطلاعاتی آکائیک، شوارتز و هنان کوئین عدد حدود 12 را نشان می‌دهد (جدول 4). سپس بر اساس مدل MSVAR مورد تخمین قرار گرفته که معیارهای اطلاعاتی حداقل و برتری مدل انتقال رژیم برداری بر مدل خود رگرسیون برداری مشهود می‌باشد. نتایج تخمین در جدول (4) با در نظر گرفتن دو رژیم آورده شده است. در این مدل، GE قیمت گاز طبیعی در بازار منطقه‌ای اروپا و OB قیمت نفت خام برنت را نشان می‌دهد.

جدول 4: نتایج تخمین بازار منطقه‌ای اروپا

ob(-2)	ge(-2)	ob(-1)	ge(-1)	Cons	آماره	معادله	معیار اطلاعاتی			مدل آرتناتیو
							HQ	SC	AIC	مدل VAR
**0/13	**0/13	0/04	-0/02	0/02	ضریب	GE	HQ	SC	AIC	مدل VAR
4/6	2/5	1/4	-0/5	0/1	Z آماره					
0/00	0/01	0/16	0/61	0/92	Prob.					
0/001	0/02	**0/19	-0/09	0/27	ضریب	OB	12/18	12/32	12/09	مدل VAR
0/03	0/21	3/4	-0/83	0/56	Z آماره					
0/97	0/83	0/00	0/4	0/57	Prob.					
**0/74	0/52	** -1/3	-0/65	0/3	ضریب	GE	5/93	6/02	5/87	مدل مارکف رژیم اول
2/4	1/05	-2/08	-1/28	1/01	Z آماره					
0/01	0/28	0/03	0/19	0/31	Prob.					
-0/03	-0/25	**0/6	** -0/4	** -3/7	ضریب	OB	5/93	6/02	5/87	مدل مارکف رژیم اول
-0/22	-1/82	4/04	-2/9	-2/7	Z آماره					
0/82	0/06	0/00	0/00	0/00	Prob.					
**0/1	**0/11	**0/1	**0/16	0/3	ضریب	GE	5/93	6/02	5/87	مدل مارکف رژیم دوم
3/04	1/95	3/02	3/6	1/01	Z آماره					
0/00	0/05	0/00	0/00	0/31	Prob.					
-0/01	0/2	** -0/2	0/1	**2/8	ضریب	OB	5/93	6/02	5/87	مدل مارکف رژیم دوم
-0/18	1/5	-2/5	0/7	3/9	Z آماره					
0/85	0/12	0/01	0/46	0/00	Prob.					

\*\* : معناداری در سطح 0/05

منبع: یافته‌های پژوهش

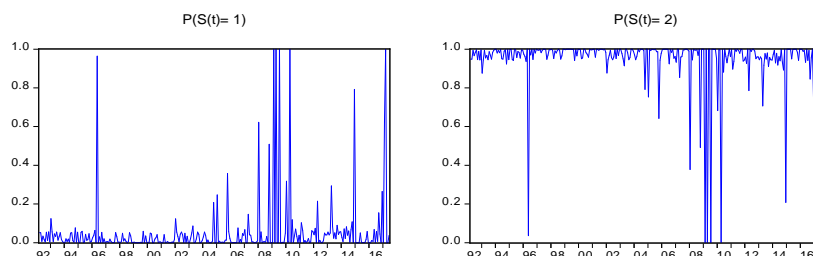
ملاحظه می‌گردد در رژیم اول وقفه اول قیمت نفت خام اثر معکوس بر قیمت گاز طبیعی دارد و در رژیم دوم این متغیر اثر مستقیم دارد. اما وقفه دوم قیمت نفت خام در هر دو رژیم اثر مستقیم دارد. به همین ترتیب در رژیم اول، وقفه اول قیمت گاز طبیعی اثر

واکنش قیمت گاز طبیعی نسبت به تغییرات قیمت... 23

معکوس بر قیمت نفت خام دارد و در رژیم دوم این متغیر اثر مستقیم دارد. ماتریس احتمال انتقال و دوره انتظاری قرار گرفتن در هر رژیم در بلندمدت بدین صورت می‌باشد:

$$\Pi = \begin{bmatrix} 1 & 18 \end{bmatrix} \text{ و } p = \begin{bmatrix} 0/05 & 0/95 \\ 0/05 & 0/95 \end{bmatrix}$$

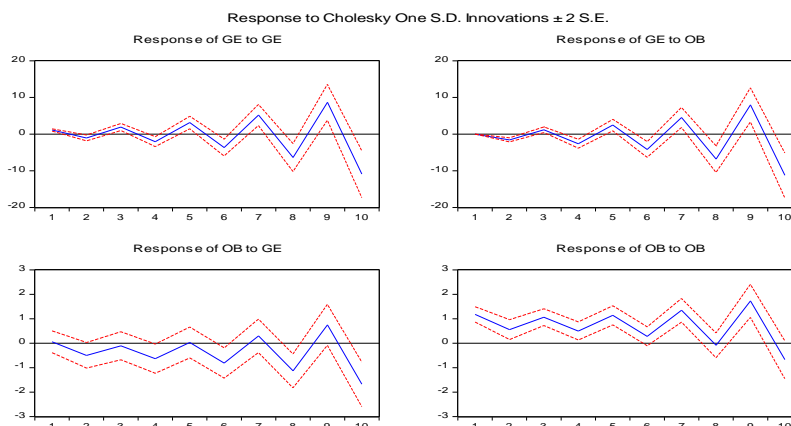
یعنی احتمال اینکه در ماه جاری در رژیم یک قرار گرفته و در ماه بعد در همان رژیم باشیم 0/05 و احتمال آنکه در ماه اول در رژیم یک و ماه بعد در رژیم دو قرار گرفته باشیم 0/95 می‌باشد. همچنین احتمال آنکه در دوره جاری در رژیم دو قرار گرفته باشیم و در دوره بعد در رژیم یک باشیم 0/05 و نیز احتمال آنکه در دوره بعد در همان رژیم دو قرار گرفته باشیم 0/95 می‌باشد. همچنین انتظار می‌رود در بلندمدت 1 ماه در رژیم یک و 18 ماه در رژیم دو قرار گرفته باشیم. نمودار (4) احتمالات انتقال رژیم مارکف در بازار منطقه‌ای اروپا را نشان می‌دهد. مشاهده می‌گردد در بیشتر ماه‌های سال به غیر از سال 2008، قیمت‌ها از رژیم دو پیروی می‌نمایند. در سال 2008 که قیمت‌ها در رژیم 1 قرار دارد؛ دوره نفت و گاز گران بوده و قیمت نفت به 131 دلار و قیمت گاز در منطقه اروپا نیز به 16 دلار رسیده است. بنابراین در دوره نفت و گاز گران، قیمت‌ها از رژیم 1 و در سایر دوره‌ها قیمت‌ها از رژیم 2 پیروی می‌نمایند. در سال 2008 که بحران‌های مالی و اقتصادی در جهان وجود داشته است قیمت‌ها در اروپا از رژیم 1 پیروی می‌نمایند. به عبارت دیگر بحران‌های جهانی و افزایش قیمت نفت باعث تغییر رژیم در این منطقه شده و رابطه بین قیمت نفت و گاز معکوس گردیده و با افزایش قیمت نفت، قیمت گاز کاهش یافته است. اما در سایر سال‌ها که شرایط اقتصاد جهانی از نوسان قابل توجهی برخوردار نبوده، رابطه بین قیمت نفت و گاز مستقیم بوده و قیمت گاز طبیعی از رژیم یک پیروی کرده است.



نمودار 4: احتمالات انتقال رژیم مارکف در بازار منطقه‌ای اروپا

منبع: یافته‌های پژوهش

در مرحله بعد، اثر شوک وارده به قیمت‌ها بر قیمت گاز طبیعی با استفاده از توابع واکنش آنی به تفکیک دو رژیم بررسی می‌گردد. واکنش متغیرها به اندازه دو انحراف معیار به تفکیک دو رژیم بررسی گردیده است. نمودار (5) به ترتیب از بالا و چپ در رژیم اول واکنش رشد قیمت گاز طبیعی نسبت به خود و نسبت به رشد قیمت نفت خام و نمودارهای پایین واکنش رشد قیمت نفت خام نسبت به خود و گاز طبیعی در اروپا را نشان می‌دهد. مشاهده می‌گردد یک شوک رشد قیمت نفت و نیز گاز، یک ماه اثر مثبت و در ماه بعد از آن اثر منفی دارد و اثر آن تا 10 ماه ادامه داشته و افزایش می‌یابد.



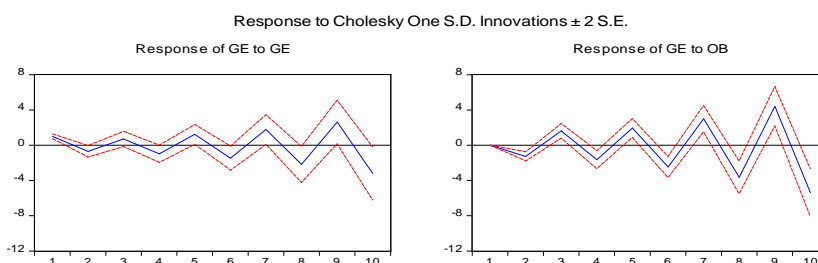
نمودار 5: اثر شوک رشد قیمت نفت و گاز در رژیم یک اروپا

منبع: یافته‌های پژوهش



واکنش قیمت گاز طبیعی نسبت به تغییرات قیمت... 25

نمودار (6) نیز واکنش رشد قیمت گاز طبیعی نسبت به خود و نسبت به رشد قیمت نفت خام در رژیم دو نشان می‌دهد. در این رژیم با یک شوک رشد قیمت نفت و گاز، یک ماه اثر آن مثبت و در ماه بعدی اثر آن منفی است. در قیاس دو رژیم، اثر شوک در رژیم دو کمتر از رژیم یک می‌باشد.



نمودار 6: اثر شوک قیمت رشد قیمت نفت و گاز در رژیم دو اروپا

منبع: یافته‌های پژوهش

### آزمون علیت گرنجری

آزمون علیت گرنجری نیز در بازار منطقه‌ای اروپا با در نظر گرفتن دو رژیم انجام شده است. دو فرض صفری که در هر دو رژیم باید آزمون شوند عبارتند از: قیمت نفت خام برنت، علیت قیمت گاز طبیعی در بازار منطقه‌ای اروپا نمی‌باشد و قیمت گاز طبیعی، علیت قیمت نفت خام برنت نمی‌باشد. نتایج این آزمون به تفکیک دو رژیم در جدول (5) آورده شده است.

جدول 5: آزمون علیت گرنجری در رژیم 1 و 2 بازار منطقه‌ای اروپا

prob	آماره چی دو ( $\chi^2$ )	Exclude	Equation	شرح
0/017	8/1	ob	GE	رژیم 1
0/017	8/1	All	GE	
0/99	0/013	ge	OB	
0/99	0/013	All	OB	
0/006	9/9	ob	GE	رژیم 2
0/006	9/9	All	GE	
0/98	2/02	ge	OB	
0/98	2/02	All	OB	

منبع: یافته‌های پژوهش

با توجه به جدول (5) در این منطقه در هر دو رژیم، علیت گرنجری از قیمت نفت خام برنت به قیمت گاز طبیعی وجود دارد؛ با این وجود قیمت گاز طبیعی علیت گرنجری قیمت نفت خام نمی‌باشد. قیمت نفت خام در سطح جهانی تعیین می‌گردد و بدلیل اهمیت قابل توجه آن در بخش انرژی، انتظار می‌رود که علیت گرنجری قیمت گاز باشد. اما در اروپا به دلیل وزن کم آن در ذخایر و تولید، این علیت مشاهده نمی‌شود. همچنین از آنجا که روند مصرف و تجارت در اروپا یکنواخت بوده؛ حادثه شگرفی که باعث تغییر شدید تقاضا و قیمت جهانی گاز باشد رخ نداده و لذا از قیمت گاز اروپا به قیمت نفت علیت کم رنگ‌تر و غیرمعنادار مشاهده می‌گردد.

#### 5. نتیجه‌گیری و پیشنهادات سیاستی

بدلیل تخلیه منابع تجدیدناپذیر و بوجود آمدن رانت کمیابی، شیوه قیمت‌گذاری این منابع متفاوت از کالاهای عادی می‌باشد. گاز طبیعی و نفت خام دو کالای حاوی انرژی بوده که در مصرف جانشین و در تولید مکمل یکدیگر می‌باشند. در خصوص قیمت گاز طبیعی عمدتاً بیان می‌گردد بر اساس ارزش حرارتی یکسان، قیمت گاز طبیعی رابطه‌ای بلندمدت با قیمت نفت خام دارد.

بیشتر متغیرهای اقتصادی متحمل حوادثی می‌شوند که سبب می‌شود سری‌ها به صورت ناگهانی، تغییرات قابل ملاحظه‌ای از خود نشان دهند و دچار جهش‌های شدیدی گردند. متغیرهای اقتصاد کلان، مالی و قیمت نفت و گاز چنین رفتاری را از خود نشان می‌دهند. اینچنین تغییراتی در سرهای زمانی می‌تواند در نتیجه جنگ، اضطراب‌های مالی و تغییرات قابل توجه در سیاست‌های دولت‌ها باشد. قیمت نفت و گاز نیز تغییرات قابل ملاحظه‌ای و سویچی داشته که رفتار آن می‌تواند از الگوی انتقال رژیم مارکف تبعیت نماید. لذا در این پژوهش، جهت تجزیه و تحلیل از مدل انتقال رژیم مارکف برداری استفاده گردید.

در بازار منطقه‌ای آسیا قیمت گاز طبیعی با وقفه‌های خود و نیز قیمت نفت خام برنت، رابطه مستقیم دارد اما میزان اثر آنها در دو رژیم متفاوت می‌باشد. در این منطقه، در

واکنش قیمت گاز طبیعی نسبت به تغییرات قیمت... 27

بلندمدت قیمت‌ها 26 ماه در رژیم یک و 29 ماه در رژیم دو قرار می‌گیرد. قیمت نفت در سال‌های ماقبل 2006 و رژیم 1، از 9/8 دلار تا حدود 64 دلار و قیمت گاز از 2/7 تا 6/7 دلار در نوسان بوده که در دوره قیمت‌های ارزان نفت و گاز، قیمت‌ها از رژیم یک پیروی می‌نمایند. از سال 2006 به بعد قیمت نفت و گاز هر دو افزایش یافته و قیمت گاز به 15 دلار و نفت به 133 دلار نیز رسیده است. بنابراین در دوره قیمت‌های به نسبت گران، قیمت گاز از رژیم 2 پیروی می‌نماید. همچنین تابع واکنش در این منطقه‌ای به گونه‌ای می‌باشد که اثر شوک‌ها در رژیم دوم نسبت به رژیم اول زودتر از بین می‌روند.

در بازار منطقه‌ای اروپا در رژیم اول، وقفه اول قیمت نفت خام اثر معکوس بر قیمت گاز طبیعی دارد و در رژیم دوم این متغیر اثر مستقیم دارد. اما وقفه دوم قیمت نفت خام در هر دو رژیم اثر مستقیم دارد. در این منطقه در بلندمدت قیمت‌ها 1 ماه در رژیم یک و 18 ماه در رژیم دو قرار گرفته است. در بیشتر ماه‌های سال به غیر از سال 2008 و برخی ماه‌ها، قیمت‌ها از رژیم دو پیروی می‌نمایند. در سال 2008 که قیمت‌ها از رژیم 1 پیروی می‌نمایند دوره نفت و گاز گران بوده و اقتصاد جهانی با بحران‌های مالی روبرو بوده است و قیمت نفت به 131 دلار و قیمت گاز نیز به 16 دلار رسیده است. در دوره نفت و گاز گران، قیمت‌ها از رژیم 1 و در سایر دوره‌ها قیمت‌ها در این منطقه از رژیم 2 پیروی می‌نمایند. در این منطقه نیز در قیاس دو رژیم، اثر شوک در رژیم دو کمتر از رژیم یک و در دوره زمانی کمتری از بین می‌رود.

بر اساس آزمون علیت گرنجری، در آسیا در هر دو رژیم علیت دو طرفه برقرار بوده و علیت گرنجری از قیمت نفت خام برنت به قیمت گاز طبیعی و نیز علیت از قیمت گاز به قیمت نفت وجود دارد. در اروپا در هر دو رژیم علیت گرنجری از قیمت نفت خام برنت به قیمت گاز طبیعی وجود دارد ولیکن قیمت گاز طبیعی، علیت گرنجری قیمت نفت خام نمی‌باشد. در واقع به نظر می‌رسد اندازه نسبی بازار گاز بر علیت گرنجری تاثیر گذاشته است. در بازار اروپا، بدلیل کوچکی اندازه بازار گاز و علیت از سوی گاز به نفت تایید

نگردید؛ لیکن در بازار آسیا بدلیل بزرگ تر بودن اندازه بازار گاز، شواهدی برای رد علیت دو طرفه مشاهده نگردید.

نتایج تخمین ها نشان داد در دو منطقه، دوره های بیشتری قیمت ها در رژیم قرار دارد که اکثر وقفه های قیمت نفت خام اثر مستقیم بر قیمت گاز طبیعی داشت. با توجه به کاهش قیمت جهانی نفت و عدم انتظار افزایش قیمت های آتی نفت خام، قیمت های پایین گاز طبیعی نیز در آینده متصور خواهد بود. نظر به اینکه بخش قابل توجهی از درآمد ارزی کشورمان از صادرات نفت خام، میعانات گازی و گاز طبیعی تامین می گردد؛ لذا درآمدهای ارزی از بابت صعود قیمت ها، افزایش نخواهد یافت. لذا پیشنهاد می گردد در صورت تمایل به انعقاد قراردادهای فروش گاز طبیعی موضوع عدم افزایش قیمت ها در آینده، مد نظر دولتمردان قرار گرفته باشد و به امید افزایش قیمت ها، انعقاد این نوع قراردادها به تاخیر نیافتد.

## 6. منابع

### الف) فارسی

احمدیان، مجید (1373). نظریه بازار و کاربرد آن برای منابع تجدید پذیر، انتشارات موسسه مطالعات انرژی.

احمدیان، مجید (1370). نظریه قیمت در اقتصاد منابع پایان پذیر، انتشارات دانشگاه تهران.  
بهبودی داوود، اصغر پور حسین و نیکی اسکویی کامران (1395). ارتباط قیمت گاز طبیعی و قیمت نفت خام در بازارهای منطقه ای گاز جهان. پژوهش های سیاست گذاری و برنامه ریزی انرژی، سال دوم، شماره 3، صص 29-59.

محمدی، تیمور و طاهر خانی علیرضا (1388). بررسی رابطه قیمت نفت خام و گاز طبیعی. مطالعات اقتصاد انرژی، سال 6، شماره 22، صص 53-70.

منصور کیایی، اسحاق (1387). تخمین رابطه میان قیمت نفت خام و گاز طبیعی مایع شده (LNG)، با استفاده از مدل تصحیح خطا، مطالعات اقتصاد انرژی، سال پنجم، شماره 18، صص 99-121.

### ب) انگلیسی

Asche, F., Misund, B., and Sikveland, M. (2013). The Relationship Between Spot and Contract Gas Prices in Europe. *Energy Economics*, Vol.38 pp. 212-217.

- Brigida, M. (2014). The Switching Relationship Between Natural Gas and Crude Oil Prices. *Energy Economics*, Vol.43, pp. 48-55.
- Brown, S. P., and Yücel, M. K. (2008). What Drives Natural Gas Prices?. *The Energy Journal*, Vol.29, Issue.2, pp.45-60.
- Brown, S. P., and Yücel, M. K. (2009). Market Arbitrage: European and North American Natural Gas Prices. *The Energy Journal*, Vol.30, Special Issue: World Natural Gas Markets and Trade: A Multi-Modeling Perspective, pp.167-185.
- Brown, S. P. (2017). Natural Gas vs. Oil in US Transportation: Will Prices Confer an Advantage to Natural Gas?. *Energy Policy*, Vol.110, pp. 210-221.
- BP Statistical Review of World Energy. (2017). BP, 66<sup>th</sup> Edition.
- Caporin, M., and Fontini, F. (2017). The Long-Run Oil–Natural Gas Price Relationship and the Shale Gas Revolution. *Energy Economics*, Vol.64, pp. 511-519.
- Enders, W. (2008). *Applied econometric time series*. John Wiley & Sons.
- Dempster, A. P., Laird, N. M., and Rubin, D. B. (1977). Maximum Likelihood from Incomplete Data via the EM Algorithm. *Journal of the royal statistical society. Series B (methodological)*, pp. 1-38.
- Devarajan, S., and Fisher, A. C. (1981). Hotelling's Economics of Exhaustible Resources: Fifty Years Later. *Journal of Economic Literature*, Vol.19, Issue.1, pp. 65-73.
- Erdos, P. (2012). Have Oil and Gas Prices Got Separated?. *Energy Policy*, Vol.49, pp.707-718.
- Geng, J. B., Ji, Q., and Fan, Y. (2016). The Impact of the North American Shale Gas Revolution on Regional Natural Gas Markets: Evidence from the Regime-Switching Model. *Energy Policy*, Vol.96, pp.167-178.
- Greene, W. H. (2000). *Econometric Analysis* (International edition).
- Hamilton, J. D. (1988). Rational-Expectations Econometric Analysis of Changes in Regime: an Investigation of the Term Structure of Interest Rates. *Journal of Economic Dynamics and Control*, Vol.12, No.2-3, pp. 385-423.
- Hamilton, J. D. (1989). a New Approach to the Economic Analysis of Nonstationary Time Series and the Business Cycle. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, Vol.57, No.2, pp.357-384.
- Hamilton, J. D. (1990). Analysis of Time Series Subject to Changes in Regime. *Journal of econometrics*, Vol.45, No.1-2, pp 39-70.
- Hamilton, J. D. (1993). 9 Estimation, Inference and Forecasting of Time Series Subject to Changes in Regime. *Handbook of statistics*, Vol.11, pp. 231-260.
- Hamilton, J. D. (1994). *Time Series Analysis* (Vol. 2). Princeton: Princeton university press.
- Hamilton, J. D. (1996). Specification Testing in Markov-Switching Time-Series Models. *Journal of econometrics*, Vol.70. Issue.1, pp.127-157.

- Hamilton, J. D. (2008). *Understanding Crude Oil Prices* (No. w14492). National Bureau of Economic Research.
- Hamilton, J. D. (2010). Regime Switching Models. In *Macroeconometrics and time series analysis* (pp. 202-209). Palgrave Macmillan UK.
- Hartley, P. R., Medlock III, K. B., and Rosthal, J. E. (2008). The Relationship of Natural Gas to Oil Prices. *The Energy Journal*, Vol.29, No.3, pp.47-65.
- Hotelling, H. (1931). The Economics of Exhaustible Resources. *Journal of political Economy*, Vol.39, Issue.2, pp.137-175.
- Hulshof, D., van der Maat, J. P., and Mulder, M. (2016). Market Fundamentals, Competition and Natural-Gas Prices. *Energy Policy*, Vol. 94, pp. 480-491.
- Ji, Q., Geng, J. B., & Fan, Y. (2014). Separated Influence of Crude Oil Prices on Regional Natural Gas Import Prices. *Energy Policy*, Vol.70, pp. 96-105.
- Johnston, J., & DiNardo, J. (1997). *Econometric methods*, New York.
- Kuck, K., and Schweikert, K. (2017). A Markov Regime-Switching Model of Crude Oil Market Integration. *Journal of Commodity Markets*, Vol.6, pp.16-31.
- Lin, B., and Li, J. (2015). The Spillover Effects Across Natural Gas and Oil Markets: Based on the VEC-MGARCH Framework. *Applied Energy*, Vol.155, pp.229-241.
- Loungani, P., and Matsumoto, A. (2012). Oil and Natural Gas Prices: Together Again. In *International Monetary Fund Working Paper*.
- Nick, S., and Thoenes, S. (2014). What Drives Natural Gas Prices?—A structural VAR approach. *Energy Economics*, Vol.45, pp. 517-527.
- Panagiotidis, T., and Rutledge, E. (2007). Oil and Gas Markets in the UK: Evidence from a Cointegrating Approach. *Energy Economics*, Vol.29 pp. 329-347.
- Ramberg, D. J., and Parsons, J. E. (2012). The Weak Tie Between Natural Gas and Oil Prices. *The Energy Journal*, Vol.33, No.2, pp.13-35.
- Shi, X., and Variam, H. M. (2017). East Asia's Gas-Market Failure and Distinctive Economics—A Case Study of Low Oil Prices. *Applied Energy*, Vol.195, pp. 800-809.
- Siliverstovs, B., L'Hégaret, G., Neumann, A., and Von Hirschhausen, C. (2005). International Market Integration for Natural Gas? a Cointegration Analysis of Prices in Europe, North America and Japan. *Energy Economics*, Vol.27, Issue.4, pp.603-615.
- Villar, J. A., and Joutz, F. L. (2006). The Relationship Between Crude Oil and Natural Gas Prices. *Energy Information Administration, Office of Oil and Gas*, pp. 1-43.