۱۷۵ فصلنامه اقتصاد انرژی ایران
سال سوم، شماره ۹، زمستان ۱۳۹۲، صفحات ۱۹۷-۱۷۵

الگوسازی نااطمینانی در قیمت نفت ایران با استفاده از فرایند تصادفی برگشت به میانگین

سیدکمیل طیبی*، رحمان خوش‌اخلاق** و مریم فراهانی***

تاریخ دریافت: ۲۹ آبان ۱۳۹۲ تاریخ پذیرش: ۲۱ اسفند ۱۳۹۲

چکیده

نااطمینانی با ریسک متفاوت است؛ در صورتی که متغیری واجد نااطمینانی باشد، چنانچه در مورد قیمت نفت با توجه به ویژگیهای منحصر به فرد بازارهای نفت، مطرح می‌شود، تحلیل‌های ریسکی قادر به توضیح درست رفتار متغیر نخواهند بود. معادلات دیفرانسیل تصادفی- به دلیل اینکه شامل جزء وینری می‌شوند که مشتق‌ناپذیر است- می‌توانند رفتار متغیر واجد نااطمینانی را الگوسازی نمایند. فرآیندهای تصادفی برگشت به میانگین، معادلات دیفرانسیل تصادفی هستند که در آنها فرض می‌شود متغیر واجد نااطمینانی به صورت تصادفی حول مقدار میانگین بلندمدت خود نوسان می‌کند. این مطالعه رفتار قیمت نفت سنگین ایران را با استفاده از الگوی برگشت به میانگین در دوره ۲۰۰۹- ۱۹۸۵ برآورد می‌نماید. نتایج نشان می‌دهد که بیشترین مقدار نااطمینانی مربوط به سالهای ۲۰۰۵، ۲۰۰۶ و ۲۰۰۷ و کمترین مقدار نااطمینانی مربوط به سال‌های ۱۹۸۵، ۱۹۸۶ و ۱۹۹۸ بوده است.

واژه‌های کلیدی: نااطمینانی، فرایند تصادفی برگشت به میانگین، معادلات دیفرانسیل تصادفی.
طبقه‌بندی JEL: D81، Q47.

۱. مقدمه

بازار جهانی نفت از دو قسمت تشکیل شده است. قسمت اول آن عبارت است از بازار فیزیکی عظیم نفت خامهای صادراتی اکثر کشورهای اوپک و بسیاری از تولیدکنندگانی است که به جهان

* استاد دانشگاه اصفهان Komail@econ.ui.ac.ir
** استاد دانشگاه اصفهان rahmankh44@yahoo.com
*** دکترای اقتصاد Farahani009@yahoo.com

در حال توسعه تعلق دارند. این بازار دربرگیرنده فعل و انفعالات کشورهای صادرکننده نفت یا شرکتهای ملی نفت آنها در مقام فروشنده و شرکتهای نفتی یا معامله‌گران کالا از سایر نقاط جهان به مثابه خریدار است. این معاملات براساس قراردادهایی است که در آنها قیمت نفت با استفاده از فرمولهایی تعیین می‌شود که مهمترین پارامتر آن یک نوع نفت خام شاخص مانند برنت، عمان، دوبی یا نفت خام شمال آلاسکاست.

دومین بخش بازار جهانی نفت پایگاه فیزیکی بسیارمحدودتری دارد. یعنی از مجموعه‌ای از بازارهای تک محموله، سلف و آتی ویژه نفت خامهای شاخص و نیز سایر بازارهای تک محموله مختص برخی از انواع نفت خام‌های اوپک و غیراوپک تشکیل شده است. همین بازارهای نفت خامهای شاخص پدید آورنده قیمت هایی هستند که بازار کشورهای تولید کننده از آنها به مثابه قیمت های مرجع در فرمول های قیمت گذاری خود بهره می گیرند. در نگاه اول این دو بخش از بازار جهانی نفت ظاهرا کاملا جدا از یکدیگرند. ولی واقعیت این است که بین این دو بازار نوعی کنش و واکنش در جریان است.

اول آن که هرچند کشورهای تولید کننده قیمتهای نفت خام های شاخص را بی چون و چرا می پذیرند، ولی در روند ضرایب تعدیل، که در فرمول های قیمت گذاری مورد استفاده قرار می گیرد جانب احتیاط را از دست نمی دهند. همین ضرایب که تفاوت قیمت شاخص و قیمت نفت خام صادراتی مربوط را مشخص می کند، در فواصل زمانی معین بر مبنای قضاوت به عمل آمده پیرامون اوضاع بازار، یعنی با توجه به رقابت حاکم بر آن و توازن قوای کشور تولید کننده و خریداران هنگام مذاکره بر سر قیمت ها تعیین می شود. بنابراین، نحوه تعیین ضرایب تعدیل در زمینه تصورات و راهبردهای تجاری کشوهای تولید کننده، اطلاعاتی را در اختیار بازار نفت خام های شاخص قرار می دهد و همین اطلاعات است که بر نحوه شکل گیری قیمت های شاخص تاثیر می گذارد یعنی وقتی علائمی دال بر شدت یافتن رقابت بر سر دستیابی به حجم های بیشتر صادراتی به بازار می فرستد یا آن که بر عکس عرضه نفت را محدود می کند، به تغییر پذیری قیمت های شاخص در کوتاه مدت کمک کرده است. دوم آن که کشورهای تولید کننده به خواست خود ویا بر اثر فشارهای سیاسی وارد شده از سوی صاحبان منافع ائتلافی گسترده تر قادر هستند به نحوی موثر در جبهه نفت مداخله کنند (هورسنل و مابرو[1]، ۱۹۹۳، ص ۴۱۹-۴۱۲).

1. Horsnel and Mabro

ایران به عنوان یکی از تولید کنندگان عمده اوپک و همچنین به دلیل در اختیار داشتن استراتژیک ترین راه آبی جهان یعنی تنگه هرمز، بر بازارهای جهانی نفت تاثیر گذار است. بیشتر حجم نفت خام صادراتی ایران، نفت سنگین بوده به طوری که در سبد اوپک نیز قیمت های نفت سنگین ایران لحاظ می شود. علاوه بر تاثیر در بازارهای جهانی نفت، از طرف دیگر ساختار اقتصادی ایران به شدت وابسته به نفت می باشد و از این رو بررسی تغییرات نامطمئن قیمت نفت برای کشور وابسته به نفتی همچون ایران با وجود اختلاف نظر در نحوه و میزان برداشت از صندوق ذخیره ارزی، بسیار حائز اهمیت است. به طوری که پس از برآورد نااطمینانی، می توان اثرات آن را بر متغیرهای کلان اقتصادی بررسی و از نتایج آن توصیه های سیاستی را ارائه نمود.

تمامی مطالعات داخلی در زمینه نااطمینانی، معطوف به استفاده از روش های گارچی شده است. ابریشمی و همکاران (۱۳۸۶ و ۱۳۸۷)، بهبودی و همکاران (۱۳۸۸) و ابونوری و خانعلی پور(۱۳۸۹)، با عناوین مختلف به بررسی نوسانات، فراریت و نااطمینانی قیمت نفت پرداخته اند. ابریشمی و همکاران(۱۳۸۶) در عین حال که اشاره می کنند «شواهد نشان می دهد که قیمت نفت خام یک گام تصادفی است به طوری که بهترین پیش بینی از قیمت در هر زمان، مقدار آن در دوره قبل می باشد»، بی ثباتی قیمت نفت را با استفاده از الگو های گارچ به دست آورده اند، به عبارت دیگر، گرچه وجود خاصیت مارکفی در رفتار قیمت نفت را پذیرفته اند اما در عمل از معادلات دیفرانسیل تصادفی که ویژگی مارکفی را به عنوان بخشی از رفتار متغیر در نظر می گیرد، استفاده نکرده اند.

الگو های خانواده گارچ تغییر پذیری واریانس را نشان می دهند که معیاری از ریسک است در حالی که نااطمینانی با معادلات دیفرانسیل تصادفی الگو سازی می شود معادلات دیفرانسیل تصادفی شامل دو بخش است؛ بخش اول نمو و بخش دوم انتشار است و شامل جزء وینری می شود که ویژگی های خاصی دارد. وجود این ویژگی های منحصر به فرد، به الگو سازی نااطمینانی کمک می کند. جزء وینری پیوسته است اما مشتق پذیر نیست، به عبارت دیگر حد چپ و راست آن با هم برابر نیستند. این یک ویژگی مفید است که در فضای دو بعدی موجب نموداری به شکل زیگزاکی خواهد شد. ضریب این جزء یعنی σ نااطمینانی را نشان می دهد.

در مقابل، مطالعات خارجی گسترده ای در خصوص استفاده از معادلات دیفرانسیل تصادفی در بررسی رفتار قیمت نفت وجود دارد. پیندایک[1] (۱۹۸۰)، نااطمینانی تقاضا و ذخائر را برای یک

1. Pindyck

تولید کننده منابع پایان پذیر بررسی کرده است، تاثیر این نااطمینانی که ضریب جزء وینری در معادلات دیفرانسیل تصادفی تقاضا و ذخائر می باشد، بر میزان تولید منبع پایان پذیر، با استفاده از فرمول های ریاضی اثبات شده است، پندایک در این مقاله تخمینی از پارامترهای مذکور ارائه نکرده است، اما شوارتز[1](۱۹۹۷)، با استفاده از رهیافت فیلتر کالمن، پارامترهای ۳ الگوی مختلف از معادلات دیفرانسیل را برای قیمت های جهانی مس، طلا و نفت برآورد کرده است. همچنین پندایک (۱۹۹۹) σ را برای قیمت های نفت، زغال سنگ و گاز طبیعی طی سال های ۱۹۹۶-۱۸۷۰ برآورد کرده است. σ برآوردی برای دوره مذکور، ۰/۲۰۷۲ بوده است. پستالی و پیچتی[2](۲۰۰۵)، پس از معرفی الگو های مختلف از معادلات دیفرانسیل تصادفی که برای قیمت نفت به کار می روند و انجام آزمون های ریشه واحد و شکست های ساختاری، اثبات کرده اند که الگو حرکت براونی، بهترین الگو برای بررسی قیمت نفت است. همچنین، شفیعی و توپال[3](۲۰۱۰)، قیمت های جهانی زغال سنگ، نفت و گاز را در را با الگو های متنوعی از معادلات دیفرانسیل تصادفی طی سال های ۲۰۰۸-۱۹۵۰ ارزیابی و برای سال های ۲۰۱۸-۲۰۰۹ پیش بینی نموده اند. پیش بینی آن ها نشان می دهد که یک جهش قیمت در فاصله بین سال های ۲۰۱۰ و ۲۰۱۱ رخ می دهد و سپس قیمت تا سال ۲۰۱۸ به مقدار میانگین خود برمی گردد.

هدف این مطالعه برآورد نااطمینانی در قیمت نفت سنگین ایران با استفاده از الگوی برگشت به میانگین در دوره ۲۰۰۹- ۱۹۸۵ است. به این منظور در بخش ۲، مبانی نظری مطالعه که شامل ریسک و نااطمینانی و معادلات دیفرانسیل تصادفی است، ارائه می شود. در بخش ۳ انتخاب الگوی نااطمینانی قیمت نفت ایران و بخش ۴ برآورد نااطمینانی نفت سنگین با استفاده از داده های ماهانه برای هر سال، از سال ۱۹۸۵ تا ۲۰۰۹ ، با استفاده از نرم افزار Model risk برآورد می‌شود. بخش ۵ به نتیجه گیری اختصاص دارد.

پرتال جامع علوم انسانی

1.Schwarts
2. Postali and Pichetti
3. Shafiee and Topal

۲. مبانی نظری

۲-۱. ریسک و نااطمینانی

اختلاف نظرهای بسیاری بین ریسک و نااطمینانی وجود دارد. در یک طبقه بندی کامل، سامسون و همکاران[1] (۲۰۰۹) نظرات مختلف درباره ریسک و نااطمینانی را به ۳ گروه ذیل طبقه بندی کرده اند؛

۱- نااطمینانی و ریسک موضوعاتی یکسان و مشابهند

۲- نااطمینانی و ریسک از هم متفاوت و از هم مستقلند

۳- نااطمینانی و ریسک از هم متفاوت ولی به هم وابسته اند، گروهی معتقدند ریسک وابسته به نااطمینانی است و گروهی دیگر نااطمینانی را وابسته به ریسک می دانند.

گروه اول که معتقد به یکسان بودن ریسک و نااطمینانی هستند، درصد زیادی از محققین را تشکیل می دهند (مگی[2]، ۱۹۶۱؛ فیلیپس[3]، ۲۰۰۱)؛ اما همان طور که آدرن[4] (۱۹۶۹) یادآوری می کند اگر ریسک و ناطمینانی یکسان باشند، پس باید با تکنیکهای تحلیل ریسکی که در ادبیات موجود است، بتواند نااطمینانی را نیز تحلیل کرد در حالیکه مشخص است تحلیل ریسک به تنهایی برای حل نااطمینانی کافی نیست.

گروهی(لوکا[5]، ۱۹۵۷؛ پففر[6]، ۱۹۵۶)که معتقد به متفاوت بودن ریسک از نااطمینانی و مستقل بودن آن هستند، ریسک را زمانی تعریف می کنند که صور (حالت های ممکن برای یک پدیده) قابل وقوع برای یک واقعه در زمان آتی، مشخص و احتمال بروز آن نیز مشخص باشد. اما نااطمینانی زمانی است که صور مشخص، احتمال نامشخص یا صور و احتمال نامشخص باشد (دیکشنری پالگریو[7]، ۱۹۸۷). معمولا حالتی که صور نامشخص و احتمال هم نامشخص باشد را به افتخار معرفی کننده آن، نااطمینانی نایتی[8] می نامند.

گروه سوم (نایت[9]، ۱۹۳۱؛ پیت کرنل[1]،۱۹۹۶) که معتقد به متفاوت بودن ریسک از نااطمینانی و در عین حال وابسته بودن آن ها به هم هستند شامل دو گروه می شوند؛ دسته اول معتقدند

1. Samson *et al*
2. Magee
3. Philips
4. Athearn
5. Luca
6. Pfeffer
7. Palgrave Dictionary
8. Knightian Uncertainty
9. Knight

نااطمینانی به ریسک وابسته است، این گروه معمولا ناطمینانی را وضعیتی در ذهن و ریسک را وضعیتی در جهان خارج معرفی می کنند. کرو و هرن[2](۱۹۶۷) بیان کردند که از آن جا که نااطمینانی ذهنی است، اما ریسک در دنیای واقعی است، افزایش ریسک، نااطمینانی فرد را نسبت به تصمیمی که می خواهد بگیرد افزایش می دهد، در حالی که افزایش نااطمینانی از آن جا که ذهنی است، ریسک را افزایش نمی دهد. دسته دوم که ریسک را وابسته به نااطمینانی می دانند، ریسک را به عنوان واریانس تعریف کرده اند و معتقدند ناطمینانی واریانس متغیر مورد بررسی را افزایش می دهد و افزایش واریانس به معنای افزایش ریسک است (سامسون و همکاران، ۲۰۰۹).

در این میان، در مطالعات داخلی، هیچ گونه اشاره ای به تفاوت یا تشابه این دو موضوع نکرده اند و عموما نااطمینانی را در مطالعات خود نادیده گرفته اند. در این مطالعه ریسک و نااطمینانی از هم متفاوت و مستقل در نظر گرفته شده است. در صورتی که اثبات شود متغیری واجد نااطمینانی است، چنان چه در مورد قیمت نفت با توجه به ویژگی های منحصر به فرد بازارهای نفت، اثبات شده است، تحلیل های ریسکی قادر به توضیح رفتار متغیر نخواهند بود. در این مطالعه رفتار متغیرواجد نااطمینانی یعنی قیمت نفت سنگین ایران، با معادلات دیفرانسیل تصادفی الگو سازی شده است.

۲-۲. معادلات دیفرانسیل تصادفی

تغییرات پیوسته متغیر در طول زمان را با معادلات دیفرانسیل نشان می دهند و معادله ای که با مجاز دانستن رفتار تصادفی در ضرایب یک معادله دیفرانسیل به دست می آید، یک معادله دیفرانسیل تصادفی نامیده می شود. یک متغیر تصادفی z را که به طور پیوسته تغییر کند و تغییر دریک بازه زمانی کوچک $\Delta t \underset{t\to 0}{,}\ \Delta z$ باشد، را در نظر بگیرید، متغیرz از یک فرایند وینر تبعیت می کند، اگر:

۱- $\Delta z = \varepsilon_t \sqrt{\Delta t}$ به طوری که ε_tمتغیری تصادفی با توزیع نرمال، میانگین صفر و انحراف معیار ۱ است.

1. Pate- Cornel
2. Crow and Horn

۲- مقادیر Δz برای دو دوره متفاوت زمانی, از هم مستقل است. این شرط نشان دهند خاصیت مارکفی z است, زیرا وقتی z_t فقط وابسته به z_{t-1} باشد و نه سابقه تاریخی z, آن گاه $\Delta z_t = z_t - z_{t-1}$ مستقل از $\Delta z_{t-1} = z_{t-1} - z_{t-2}$ است. (چانگ[1]، ۱۳۸۸، ص ۳۰۶).

شکل کلی معادلات دیفرانسیل تصادفی به صورت ذیل است:

$$dp = a(p,t)dt + \sigma(p,t)dz \qquad (1)$$

در این معادله نرخ نمو و فراریت (انحراف معیار) تابعی از مقدار جاری متغیر و زمان است. این فرایند تعمیم یافته وینر را، فرایند ایتو[2] می نامند که در حالت زمان گسسته و با شرط $t \to 0$ تبدیل به معادله ذیل می شود

$$\Delta p = a(p,t)\Delta t + \sigma(p,t)\varepsilon\sqrt{\Delta t} \qquad (2)$$

و با انتخاب توابع مختلفی از نمو و فراریت، فرایندهای تصادفی مختلفی ایجاد می شود (شیمکو[3]، ۱۹۹۲،ص ۲) بر این اساس، دو الگو پایه ای از معادلات دیفرانسیل تصادفی که در ارزیابی رفتار قیمت نفت به کار می روند، به شرح ذیل است:

۱- الگوی حرکت براونی هندسی[4]: به صورت $dp = \mu p dt + \sigma p dz$ تعریف می شود. متغیری راکه شامل جزئی تصادفی باشد را در نظر بگیرید، بخشی از تغییرات آن در طول زمان، تحت تاثیر میانگین انتظاری μdt و بخش دیگری از تغییرات آن، تصادفی σdz است؛ بنابراین، جزء اول، به این اشاره دارد که نرخ انتظاری نمو P برای هر دوره زمانی، μ است. در حالی که جزء دوم به عنوان یک اغتشاش[5] اضافه شده به حرکت متغیر در نظر گرفته می شود. (پندایک،۱۹۹۹؛ ماراته و ریان[6]،۲۰۰۵ ؛ پستالی و پیچتی، ۲۰۰۷).

۲- الگوی برگشت به میانگین[7]: به صورت $dp = \kappa(\mu - p)dt + \sigma p^{\gamma} dz$ تعریف می شود. سرعت برگشت به مقدار میانگین بلندمدت(μ), $\kappa > 0$ است و فراریت در این الگو بستگی به σ و γ دارد (همان). دو تصریح از این الگو وجود دارد: اول, الگوی که به صورت $dp = \kappa(\mu - p)dt + \sigma dz$ تعریف شده و به الگو اورنشتاین- اولنبک معروف است و

1. Chung
2. Ito Process
3. Shimko
4. Brownian Motion with Drift
5. Noise
6. Marathe and Ryan
7. Mean Reverting

دوم، الگو اورنشتاین – اولنبک هندسی است که توسط دیکسیت و پندایک در سال ۱۹۹۴، برای اجتناب از منفی شدن قیمت ها و به صورت $dp = \kappa(\mu - p)dt + \sigma p dz$ معرفی شده است (اندرسون[1]،۲۰۰۷؛ مید[2]،۲۰۱۰).

۳. الگوی تغییرات قیمت نفت ایران

الگو های سنتی توضیح دهنده تغییرات قیمت نفت، شامل الگو های هتلینگی[3] و الگو های ساختاری[4] می شوند. بر اساس نظریه هتلینگ، در یک بازار رقابتی یا انحصاری، قیمت های واقعی، متناسب با افزایش و یا کاهش هزینه های نهایی تغییر می کند و اصولا افزایش و یا کاهش شدید قیمت ها، دور از انتظار است، اما ارزیابی روند قیمت نفت طی سال‌های مختلف، نشان دهنده فراز و نشیب های زیادی است. آیا نظریه هتلینگی قادر به توضیح تغییرات قیمت نفت و به عبارت دقیق تر نااطمینانی قیمت نفت است؟ ایرادی که به این الگو ها گرفته می شود این است که در دنیای واقعی، بعید است که هدف تولید کنندگان نفت خام (مخصوصا تولید کنندگان دولتی نفت یعنی شرکت های ملی نفت کشورها) فقط حداکثرکردن خالص ارزش حال سودشان باشد، زیرا آن ها اهداف پیچیده تر و غیر مدونی نیز دارند (گودت[5]، ۲۰۰۷).

الگوهای ساختاری، عوامل موثر بر عرضه و تقاضای بازار را در بازار نفت ارزیابی می کنند، در حقیقت، ایده‌آل‌ترین روش برای ارزیابی قیمت نفت، شناسایی عوامل موثر بر عرضه و تقاضا است، اما آیا می توان تمامی عوامل موثر بر عرضه و تقاضا و نااطمینانی های موجود در آن ها را شناسایی کرد؟ به دلیل شرایط خاص نفت که ناشی از استراتژیک بودن و بطئی[6] بودن بازار نفت است، الگوهای ساختاری ارزیابی رفتار قیمت نفت را با چالش مواجه می کنند (پیندایک، ۱۹۹۹). همچنین، متغیرهای سمت تقاضا مانند رشد اقتصادی، وضعیت آب وهوا، اقدامات احتیاطی تقاضاکنندگان، شایعات موثر بر رفتار تقاضاکنندگان، عملکرد فعالان بازارهای کاغذی و همچنین متغیرهایی که در تعامل با متغیرهای سمت عرضه هستند همچون ظرفیت های مازاد تولید نفت، وضعیت ناوگان حمل و کرایه های حمل، وضعیت ذخیره سازی تجاری و استراتژیک، حوادث

1 . Anderson
2. Meed
3. Hotelingian
4 . Structural Model
5. Gaudet
6. Sluggish

غیر مترقبه و غیره است، سطح قیمت را تعیین می نمایند. به علاوه قیمت نفت, تحت تاثیر عوامل سیاسی و بین المللی نیز می باشد. به علت این که تعدادی از این متغیرها، ذاتا" تصادفی بوده و معمولا به سختی قابل پیش بینی هستند، تقاضاکنندگان و عرضه کنندگان به سختی قادرند نوسان های مکرر قیمتی در کوتاه مدت و بلند مدت را به درستی پیش بینی کنند .

به علاوه، نااطمینانی در خصوص پیش بینی های عرضه بیشتر از سمت تقاضاست. زیرا اطلاعات سمت عرضه بسیار متنوع بوده و غیر قابل دسترس هستند. اطلاعات تولید و ذخائر، نامطمئن است. همچنین بخش عرضه انرژی و خصوصا" نفت نیاز به اطلاعات فنی گسترده ای دارد که اکثر آن ها با نااطمینانی تعیین می شوند. بر این اساس، محققین اعتقاد دارند وجود متغیرهای زیاد موثر بر قیمت نفت و همچنین نااطمینانی های موجود در متغیرهای موثر بر عرضه و تقاضا همچون سرمایه‌گذاری، ظرفیت تولید، سطح ذخائر وتعیین کننده های تقاضا تحلیل رفتار قیمت نفت را با استفاده از الگوهای ساختاری غیر معتبر می کند(مزرعتی،۱۳۸۳؛ پیندایک، ۱۹۹۹). به علت تنوع و پیچیدگی عوامل موثر بر عرضه و تقاضای نفت، یک راه حل جایگزین و مناسب، استفاده از الگوهای تصادفی است.

این الگوها وقتی به کار می روند که تکمیل و ارائه الگوهای ساختاری با استفاده از متغیرهای توضیحی مشکل و همچنین به علت تعداد زیاد متغیرهای توضیحی پیچیده باشد و همچنین پیش بینی متغیر از طرفی وابسته به پیش بینی متغیرهای توضیحی آن باشد و از طرف دیگر پیش بینی متغیرهای توضیحی به دلیل پیچیدگی به راحتی امکانپذیر نباشد. این شرایط برای قیمت نفت صدق می کند. در حقیقت، تعداد و طبیعت پیچیده متغیرهای موثر بر قیمت نفت، بیانگر این مساله است که استفاده از الگوهای تصادفی، مفیدتر از الگوهای ساختاری است.

درالگوهای تصادفی، به جای ارزیابی قیمت های نفت در چارچوب های ساختاری الگوهای اقتصادی، از معادلات دیفرانسیل تصادفی استفاده می شودو معادلات دیفرانسیل تصادفی، شامل جزئی است که پیوسته بوده و مشتق ناپذیر نیست و بنابراین برای الگوسازی فرایندهای واجد نااطمینانی، بسیار مفید می باشد.

بحث درباره مناسب‌ترین فرآیند تصادفی برای الگوسازی قیمت نفت، بسیار گسترده است. مطالعات اولیه در این حوزه، فرض می کردند قیمت کالا به شکل گام تصادفی است و آن را با حرکت براونی هندسی (GBM) نشان می‌دادند (پداک و همکاران،۱۹۸۸؛ برنان و شوارتز، ۱۹۸۵؛

مک دونالد و سیگل، ۱۹۸۵) در این الگوها، انتظار می رود که قیمت ها با نرخ ثابتی رشد کند به طوری که واریانس قیمت های نقدی آینده، با افزایش زمان، به همان نسبت افزایش یابد. اگر قیمتی کمتر(بیشتر) از مقدار انتظاری افزایش می‌یافت، تمامی پیش بینی های آتی نیز به همان نسبت کاهش(افزایش) می یافت.

سپس برخی نویسندگان (همچون لاتن و جاکوبی(۱۹۹۷)، شوارتز(۱۹۹۷)) الگوهای برگشت به میانگین (MR) را مورد ارزیابی قرار دادند به طوری که وقتی قیمت نفت بالاتر از قیمت میانگین بلندمدت یا قیمت تعادلی باشد، به این علت که تولیدکنندگان با هزینه های بالاتر نیز قادر به تولید در بازار هستند، عرضه افزایش می یابد و بنابراین، تولیدات بیشتری وارد بازار و فشار به قیمت ها برای کاهش می شود؛ و برعکس، وقتی قیمت های نسبی کاهش می‌یابد، عرضه به علت خروج برخی تولیدکنندگان با هزینه های بالا، کاهش می یابد و منجر با افزایش قیمت می شود. این نتایج، مبنای الگوسازی برگشت به میانگین است که بسیاری از نویسندگان اعتقاد دارند رفتار قیمت نفت را می توان بر اساس آن توضیح داد.

مزیت الگوهای GBM، در ساده تر بودن آن ها نسبت به الگوهای MR است، در الگوی GBM دو پارامتر μ و σ برآورد می شود[1] در حالی که در MR، سه پارامتر μ، σ و κ برآورد می شود اما در الگوهای MR فرض می شود که قیمت ها در اطراف قیمت میانگین در حال نوسان است به طوری که اگر قیمت، کمتر از قیمت های بلند مدت باشد، رو به افزایش و در صورتی که بیشتر از قیمت های بلند مدت باشد، کاهش می یابد و این فرض با واقعیت های بازار نفت، سازگاری بیشتری دارد.

بنابراین، الگوی MR بر GBM مزیت هایی دارد؛ الگوی MR، عوامل ساختاری و بلند مدت موثر در قیمت های نفت را از طریق جزء $(\mu - p_t)$ و با ضریب برگشت به میانگین κ وارد معادله دیفرانسیل تصادفی می کند، در حالیکه جزء نمو در GBM، تنها شامل مقدار میانگین μ است. به علاوه، برخی محققین (پیندایک، ۱۹۹۹) اثبات کرده اند که الگو های برگشت به میانگین شکل تکامل یافته‌ی الگوهای ساختاری قیمت نفت هستند و از این رو نسبت به الگوهای GBM

۱. برای اطلاعات بیشتر در خصوص حرکت براونی هندسی به مقاله «برآورد نااطمینانی قیمت نفت سنگین ایران و سبد اوپک: کاربرد معادلات دیفرانسیل تصادفی»، مراجعه شود.

برتر هستند. بر این اساس، در این مطالعه، از میان الگوهای تعیین کننده قیمت نفت، الگوی تصادفی و از بین الگوهای تصادفی، الگوی برگشت به میانگین انتخاب می شود.

٤. اندازه گیری نااطمینانی قیمت نفت سنگین ایران

قیمت نفت سنگین ایران، طی سالهای مورد بررسی، فراز و نشیب های زیادی داشته است، درجدول ۱ میزان تغییرات قیمت نفت سنگین ایران در مقایسه با سال قبل و همچنین رویدادهای مهم موثر در تغییر قیمت ها، ارائه شده است.

جدول ۱. رویدادهای تاثیرگذار و میزان تغییرات قیمت نفت سنگین ایران در دوره ۲۰۰۹-۱۹۸٦

سال	رویدادهای مهم و تاثیرگذار	تغییرات قیمت نسبت به سال قبل (قیمت های ثابت سال ۲۰۰۰)
۱۹۸۶	کناره گیری عربستان از رهبری اوپک و افزایش تولید عربستان	۵۰ درصد کاهش
۱۹۸۷	سقوط شدید قیمت و تصمیم اوپک برای کاهش عرضه	۲۳ درصد کاهش
۱۹۸۸	پایان جنگ عراق با ایران، معرفی موفقیت امیز بورس بین المللی نفت لندن و معرفی برنت به عنوان نفت شاخص، توافق اوپکی ها برای پیروی از مکانیزم قیمت گذاری بر مبنای قیمت مرجع	۲۵ درصد کاهش
۱۹۸۹	زمستان بسیار سرد در امریکا، اختلال در عرضه نفت برنت به دلیل انفجار در سکوی کورمورنت آلفا	۱۶ درصد افزایش
۱۹۹۰	حمله عراق به کویت	۲۳ درصد افزایش
۱۹۹۱	جبران کاهش تولید عراق و کویت توسط عربستان	۲۰ درصد کاهش
۱۹۹۲	ثبات نسبی قیمت ها به دلیل وجود نیروهای مخالف فعال در بازار همچون احتمال افزایش تقاضا به دلیل پایان یافتن دوره رکود در OECD و همچنین افزایش عرضه به دلیل رفع تحریم عراق. کاهش مختصر در قیمت ها در سال های ۹۳ و ۹۴ به دلیل غالب شدن عوامل موثر بر کاهش تقاضا و افزایش عرضه.	۰/۰۲ درصد افزایش
۱۹۹۳		۱۷ درصد کاهش
۱۹۹۴		۱ درصد افزایش
۱۹۹۵	رشد کشورهای شرق آسیا	۹ درصد افزایش
۱۹۹۶	رشد کشورهای شرق آسیا	۱۲ درصد افزایش
۱۹۹۷	افزایش تولید اوپک و سپس کاهش رشد اقتصادی آسیای شرقی	۴ درصد کاهش
۱۹۹۸	مارپیچ کاهش قیمت- بحران شرق آسیا	۳۷ درصد کاهش

۱۹۹۹	کاهش تولید اوپک در واکنش به کاهش قیمت ها	۴۵ درصد افزایش
۲۰۰۰	مسائل Y2K و رشد اقتصادی امریکا	۵۰ درصد افزایش
۲۰۰۱	افزایش تولید غیر اوپکی ها مخصوصا روسیه	۱۸ درصد کاهش
۲۰۰۲	مقاومت اوپک برای افزایش سهمیه	۴ درصد افزایش
۲۰۰۳	اعتصاب کارگران ونزوئلا، اتفاقات نظامی عراق، رشد تقاضا	۱۱ درصد افزایش
۲۰۰۴	ثابت ماندن ظرفیت تولید، رشد سریع چین، افزایش سریع تقاضا	۲۲ درصد افزایش
۲۰۰۵	افزایش تقاضای کشورهای در حال توسعه، مخصوصا چین	۴۰ درصد افزایش
۲۰۰۶	افزایش تقاضای کشورهای در حال توسعه، مخصوصا چین	۱۹ درصد افزایش
۲۰۰۷	افزایش تقاضای کشورهای در حال توسعه، مخصوصا چین	۹ درصد افزایش
۲۰۰۸	افزایش تقاضای کشورهای در حال توسعه، مخصوصا چین	۳۳ درصد افزایش
۲۰۰۹	رکود اقتصادی در جهان	۳۴ درصد کاهش

منبع: یافته های تحقیق بر اساس مطالعات مختلف

همان طور که ملاحظه می شود عوامل مختلفی بر تغییرات قیمت های نفت (و از جمله قیمت نفت سنگین ایران) در بازارهای جهانی موثر هستند به طوری که روند حرکت قیمت نفت را با نااطمینانی مواجه می کنند. نااطمینانی بر اساس ضریب جزء وینری معادله دیفرانسیل تصادفی، برآورد می شود.

در خصوص معادلات دیفرانسیل تصادفی، دو موضوع مطرح است: اول حل معادله دیفرانسیل و یافتن جواب معادله که مسیر حرکتی قیمت در طول زمان را شبیه سازی می کند و دوم برآورد پارامترهای معادلات. اگر چه تحلیل های بسیاری درباره معادلات دیفرانسیل تصادفی وجود دارد، اما در مورد برآورد پارامترها، مطالعه چندانی صورت نگرفته است، کمپبل[1] (۱۹۹۷)، بیان می کند که مساله به دست آوردن برآوردهای سازگار از معادلات دیفرانسیل تصادفی یکی از مشکل ترین موضوعات در فرایندهای زمان پیوسته است

معادله دیفرانسیل تصادفی به شکل ذیل را در نظر بگیرید

$$dx(t) = \mu(t,x;\theta)dt + \sigma(t,x;\theta)dx(t) \qquad (۳)$$

1. Campbel

θ، بردار پارامترهاست. فرض کنید $x_0, x_1, ..., x_n$ توالی از $N+1$ داده از متغیر تصادفی $x(t)$ در زمان های غیر تصادفی $t_0 < t_1 < ... < t_N$ باشد، چگالی مشترک یا راستنمایی این نمونه از داده ها به شکل ذیل است:

$$f_0(x_0|\theta)\prod_{k=1}^{N} f\left[(t_k, x_k)|(t_{k-1}, x_{k-1}),...,(t_0, x_0);\theta\right] \qquad (۴)$$

f_0 چگالی حالت اولیه است. مقدار بهینه θ (پارامترها) از حداکثر کردن معادله بالا نسبت به θ، برآورد زده می شود(هورن و دیگران[1]، ۱۹۹۹).

در این مطالعه، برای برآورد پارامترهای معادله دیفرانسیل تصادفی، از نرم افزار Model Risk 4 استفاده شده است[2]. برای برآورد پارامترها با استفاده از داده های ماهانه، ۴ سناریوی دامنه قیمتی در نظر گرفته شده و بر اساس آن پارامترها برآورد شده است.[3] سپس مقدارنااطمینانی هر سال، از میانگین نااطمینانی برآورد شده در ماه های هر سال به دست آمده است.

در سناریوی اول از داده های ۱۳ ماه منتهی به ماه مورد نظربرای برآورد پارامترهای آن ماه استفاده شده است، به عنوان مثال برای برآورد پارامترها ژانویه ۱۹۸۵، از قیمت های ماهانه ژانویه ۱۹۸۴ تا پایان ژانویه ۱۹۸۵ استفاده شده است و به همین ترتیب تا انتهای دوره مورد نظر، پارامترهای ماهانه برآورد زده شده است. سپس پارامترهای سالانه از میانگین پارامترهای برآوردی ماهانه به دست آمده است. نتایج نااطمینانی سالانه با الگوی MR برای نفت سنگین ایران در جدول ۲ آمده است.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی

1. Horen *et al*

۲. این نرم افزار یک نرم افزار تخصصی در تحلیل های ریسک است که بخشی از آن پارامترهای معادلات دیفرانسیل تصادفی معمول را به راحتی برآورد می زند. علاوه بر آن SDE toolbox نوشته شده توسط پیچینی۲(۲۰۰۷) که به عنوان toolbox ای در نرم افزار Matlab، نیز به طور محدود توانایی برآورد پارامترهای برخی معادلات دیفرانسیل تصادفی را دارا است. مشکل SDE toolbox این است که قادر به برآورد پارامترهای برخی الگو های خاص از معادلات دیفرانسیل تصادفی است؛ در حالی که کار کردن به نرم افزار Model Risk 4 بسیار ساده بوده و علاوه بر آن به دلیل آن که به عنوان یک جعبه ابزار در Excel نصب می شود از تمامی قابلیت های Excel نیز می توان استفاده کرد. همچنین یک نرم افزار تخصصی در محاسبه نااطمینانی است که بسیاری از الگو های سری زمانی را می توان از طریق این نرم افزار با یکدیگر مقایسه کرد.

۳. مقادیر تخمینی برای هر ماه در صورت درخواست قابل ارائه است

جدول ۲. نتایج نااطمینانی سالانه با الگوی MR- سناریوی اول

سال	μ	σ	κ
۱۹۸۵	-۰/۰۰۲	۰/۰۳۳	۱/۲۸
۱۹۸۶	-۶۰/۹۴	۰/۲۴۴	۰/۹۹
۱۹۸۷	۵۱/۴۴	۰/۴۴۸	۱۰/۰۱
۱۹۸۸	-۵۰/۴۳	۰/۲۰۲	۹/۵۷
۱۹۸۹	۰/۰۲۱	۰/۱۲۱	۱/۱۷
۱۹۹۰	۹/۸۹	۰/۱۶۲	۲/۹۴
۱۹۹۱	-۰/۰۱۹	۰/۲۱۳	۰/۸۵
۱۹۹۲	۰/۰۰۴	۰/۱۶۰	۳/۶۹
۱۹۹۳	-۲۸/۳۳	۰/۱۵۶	۷/۰۲
۱۹۹۴	-۳۴/۹۴	۰/۱۷۰	۵/۵۵
۱۹۹۵	۲۷/۰۸	۰/۱۶۹	۸/۹۷
۱۹۹۶	۰/۰۱	۰/۱۸۰	۱۰/۴۲
۱۹۹۷	-۱۷/۹۸	۰/۲۳۹	۱۰/۸۹
۱۹۹۸	-۰/۰۳	۰/۱۱۴	۰/۸۴
۱۹۹۹	-۱۱/۸۹	۰/۲۰۷	۳/۱۶
۲۰۰۰	۱۰۵/۱۶	۰/۲۶۰	۸/۱۵
۲۰۰۱	-۱۵/۵۳	۰/۴۶۱	۱۲/۹۶
۲۰۰۲	۰/۰۰۹	۰/۲۲۳	۵/۱۹
۲۰۰۳	۴۹/۲۴	۰/۲۷۹	۵/۲۸
۲۰۰۴	۱۰۴/۷۱	۰/۲۴۳	۹/۲۶
۲۰۰۵	۷۷/۶۴	۰/۴۸۵	۱۴/۵۱
۲۰۰۶	۳۴/۷۰	۰/۲۴۲	۸/۶۴
۲۰۰۷	-۱۸/۵۴	۰/۲۹۱	۱۱/۳۴
۲۰۰۸	۷/۹۹	۰/۱۴۷	۶/۲۹
۲۰۰۹	۱۴/۷۹	۰/۱۸۷	۲/۵۸

μ : ضریب نمو قیمت، σ : نااطمینانی قیمت و κ : ضریب برگشت قیمت های کوتاه مدت به مقادیر میانگین بلندمدت، MR: فرایند برگشت به میانگین

منبع، یافته های تحقیق

در سناریوی دوم، برای به دست آوردن نااطمینانی در دوره مورد بررسی، قیمت های ماهانه از ابتدای دوره به صورت تجمعی در نظر گرفته شده است. به عنوان مثال برای برآورد نااطمینانی قیمت نفت در ژانویه ۱۹۸۵، از ژانویه ۱۹۸۲ تا پایان ژانویه ۱۹۸۵ و برای برآورد نااطمینانی در ژانویه ۲۰۰۹، از ژانویه ۱۹۸۵ تا پایان ژانویه ۲۰۰۹، استفاده شده است.نتایج میانگین سالانه پارامترهای برآورد شده در جدول ۳ آمده است.

جدول ۳. نتایج نااطمینانی سالانه با الگوی MR- سناریوی دوم

سال	μ	σ	κ
۱۹۸۵	-۰/۰۰۲	۰/۰۴۷	۱/۴۶
۱۹۸۶	-۰/۰۲	۰/۱۲۳	۱/۱۰
۱۹۸۷	-۰/۰۰۸	۰/۱۸۳	۱/۶۶
۱۹۸۸	-۰/۰۱۰	۰/۱۷۶	۱/۷۳
۱۹۸۹	-۰/۰۰۶	۰/۱۶۶	۱/۵۵
۱۹۹۰	-۰/۰۰۴	۰/۱۶۴	۱/۴۰
۱۹۹۱	-۰/۰۰۵	۰/۱۶۷	۱/۳۲
۱۹۹۲	-۰/۰۰۴	۰/۱۶۴	۱/۱۶
۱۹۹۳	-۰/۰۰۵	۰/۱۵۹	۱/۱۷
۱۹۹۴	-۰/۰۰۴	۰/۱۵۸	۱/۲۰
۱۹۹۵	-۰/۰۰۳	۰/۱۵۴	۱/۲۰
۱۹۹۶	-۰/۰۰۲	۰/۱۵۰	۱/۲۲
۱۹۹۷	-۰/۰۰۲	۰/۱۴۹	۱/۲۳
۱۹۹۸	-۰/۰۰۴	۰/۱۴۶	۱/۱۹
۱۹۹۹	-۰/۰۰۲	۰/۱۴۷	۱/۱۸
۲۰۰۰	۰۰	۰/۱۴۷	۱/۱۹
۲۰۰۱	-۰/۰۰۱	۰/۱۵۱	۱/۲۵
۲۰۰۲	-۰/۰۰۱	۰/۱۵۱	۱/۲۵
۲۰۰۳	۰/۰۰	۰/۱۵۴	۱/۲۹
۲۰۰۴	۰/۰۰۱	۰/۱۵۶	۱/۳۴
۲۰۰۵	۰/۰۰۲	۰/۱۶۱	۱/۴۲
۲۰۰۶	۰/۰۰۳	۰/۱۶۰	۱/۴۴
۲۰۰۷	۰/۰۰۳	۰/۱۶۱	۱/۴۶
۲۰۰۸	۰/۰۰۴	۰/۱۵۷	۱/۴۰
۲۰۰۹	۰/۰۰۲	۰/۱۵۳	۱/۲۲

μ : ضریب نمو قیمت، σ : نااطمینانی قیمت و κ : ضریب برگشت قیمت های کوتاه مدت به مقادیر میانگین بلندمدت، MR: فرایند برگشت به میانگین

منبع، یافته های تحقیق

در سناریوی سوم بر اساس منشا عمده تغییرات قیمت نفت دوره مورد بررسی را به ۴ زیر دوره ۱۹۸۶-۱۹۸۲، ۲۰۰۰-۱۹۸۶، ۲۰۰۴-۲۰۰۰، ۲۰۰۸-۲۰۰۴ تقسیم شده است. از ۱۹۸۲ تا ۱۹۸۶، اوپک و در راس آن عربستان نقش تعیین کننده قیمت را برعهده داشته است. دوره۱۹۸۶ تا ۲۰۰۰، دوره تعیین قیمت ها بر اساس قیمت های مرجع بازار بوده است. در این دوره کشورهای صادر کننده توافق کردند که قیمت نفت های صادراتی را بر مبنای یکی از نفت های شاخص (عموما نفت برنت) قیمت گذاری کرده و به فروش برسانند. در این دوره قیمت روند نسبتا آرامی داشته و به جزء چند مورد که عمده ترین آن حمله عراق به کویت بوده است، تغییرات گسترده ای در قیمت های نفت مشاهده نمی شود. از سال ۲۰۰۰ روند افزایشی قیمت شروع شده به طوری که قیمت در سال ۲۰۰۴ به مرز ۴۰ دلار نزدیک شده است. از ۲۰۰۴ تا ۲۰۰۹ روند جهشی قیمت شروع می شود و بسیاری اعتقاد دارند که منشا افزایش قیمت در این دوره نه کمبود عرضه و بلکه افزایش سریع تقاضا بوده است. بر این اساس پارامترهای ماهانه در هر دوره، بر اساس قیمت های ابتدای آن دوره تا پایان ماه مورد نظر برآورد شده است. به عنوان مثال برای برآورد پارامترها ژانویه ۲۰۰۶، از قیمت های ژانویه ۲۰۰۴ تا پایان ژانویه ۲۰۰۶ استفاده شده است. نتایج متوسط سالانه پارامترهای مد نظر در جدول ۴، قابل مشاهده است.

جدول ٤. نتایج نااطمینانی سالانه با الگو های MR- سناریوی سوم

سال	μ	σ	κ
۱۹۸۵	-۰/۰۰۲	۰/۰۴۷	۱/۴۶
۱۹۸۶	-۰/۰۲	۰/۱۲۳	۱/۱۰
۱۹۸۷	۰	۰/۳۵۱	۱/۸۷
۱۹۸۸	-۰/۰۰۹	۰/۲۸۰	۱/۹۶
۱۹۸۹	-۰/۰۰۱	۰/۲۳۶	۱/۶۹
۱۹۹۰	۰/۰۰۳	۰/۲۱۹	۱/۵۱
۱۹۹۱	۰	۰/۲۱۳	۱/۱۷
۱۹۹۲	۰/۰۰۱	۰/۲۰۳	۱/۱۹
۱۹۹۳	-۰/۰۰۱	۰/۱۹۲	۱/۲۰
۱۹۹۴	-۰/۰۰۱	۰/۱۸۶	۱/۲۳
۱۹۹۵	۰	۰/۱۷۹	۱/۲۴
۱۹۹۶	۰/۰۰۱	۰/۱۷۳	۱/۲۶
۱۹۹۷	۰/۰۰۱	۰/۱۶۹	۱/۲۸
۱۹۹۸	-۰/۰۰۲	۰/۱۶۴	۱/۲۲

۱۹۹۹	۰	۰/۱۶۴	۱/۲۲
۲۰۰۰	۰/۰۰۳	۰/۱۶۳	۱/۲۲
۲۰۰۱	-۱۹/۵۳	۰/۵۵۳	۱۸/۱۰
۲۰۰۲	-۰/۰۰۴	۰/۲۱۳	۲/۳۶
۲۰۰۳	۰/۰۰۱	۰/۲۱۷	۲/۴۱
۲۰۰۴	۱۹/۶۹	۰/۲۲۶	۲/۸۶
۲۰۰۵	۲۷/۵۴	۰/۶۰۰	۲۱/۳۴
۲۰۰۶	۲۳/۴۳	۰/۵۲۷	۲۰/۸۵
۲۰۰۷	۱۴/۸۴	۰/۵۴۷	۲۲/۲۴
۲۰۰۸	۹/۲۹	۰/۳۹۰	۱۴/۷۱
۲۰۰۹	۰/۰۱۳	۰/۱۵۴	۰/۹۹

μ : ضریب نمو قیمت، σ : نااطمینانی قیمت و K : ضریب برگشت قیمت های کوتاه مدت به مقادیر میانگین بلندمدت، MR: فرایند برگشت به میانگین

منبع، یافته های تحقیق

در سناریوی چهارم پارامترها بر اساس قیمت های ماهانه ی۵ سال منتهی به ماه مورد نظر، یعنی داده های ۶۱ ماه (۶۰ ماه گذشته و ماه مورد نظر) برآورد زده شده است. از آن جا که داده های ماهانه برای قیمت نفت سنگین ایران از سال ۱۹۸۲ موجود است، برآورد پارامترها برای ماه های سال ۱۹۸۵، از داده های ۳ سال گذشته (۱۹۸۵-۱۹۸۲) و برای سال ۱۹۸۶، از داده های ۴ سال و برای بقیه سال ها از داده های ماهانه ۵ سال منتهی به آن ماه استفاده شده است. نتایج متوسط سالانه پارامترهای برآوردی برای الگوی MR در جدول ۵ ارائه شده است.

جدول ۵. نتایج نااطمینانی سالانه با الگو های MR- سناریوی چهارم

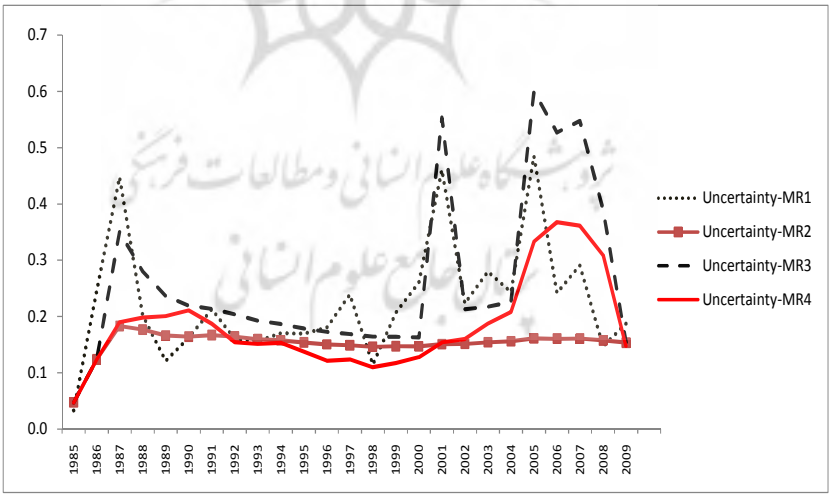
سال	μ	σ	K
۱۹۸۵	-۰/۰۰۲	۰/۰۴۷	۱/۴۶
۱۹۸۶	-۰/۰۲	۰/۱۲۳	۱/۱۰
۱۹۸۷	-۰/۰۰۹	۰/۱۹۰	۱/۶۸
۱۹۸۸	-۰/۰۱۳	۰/۱۹۸	۱/۷۴
۱۹۸۹	-۰/۰۰۹	۰/۲۰۰	۱/۵۵
۱۹۹۰	-۰/۰۰۵	۰/۲۱۱	۱/۴۰
۱۹۹۱	-۰/۰۰۴	۰/۱۸۷	۱/۱۱
۱۹۹۲	۰	۰/۱۵۴	۰/۸۷
۱۹۹۳	۰/۰۰۲	۰/۱۵۱	۰/۸۶
۱۹۹۴	-۰/۰۰۱	۰/۱۵۳	۰/۹۲
۱۹۹۵	-۰/۰۰۳	۰/۱۳۷	۱/۱۲

۱۹۹۶	۰/۰۰۳	۰/۱۲۱	۲/۱۹
۱۹۹۷	۰/۰۰۱	۰/۱۲۴	۲/۳۴
۱۹۹۸	-۰/۰۰۳	۰/۱۱۰	۱/۳۲
۱۹۹۹	۰/۰۰۲	۰/۱۱۷	۱/۱۵
۲۰۰۰	۰/۰۰۸	۰/۱۲۸	۱/۱۶
۲۰۰۱	۰/۰۰۲	۰/۱۵۴	۱/۳۶
۲۰۰۲	۰/۰۰۵	۰/۱۶۰	۱/۳۳
۲۰۰۳	۰/۰۱۵	۰/۱۸۷	۱/۸۱
۲۰۰۴	۱۶/۲۲	۰/۲۰۸	۲/۵۵
۲۰۰۵	۰/۰۱۰	۰/۳۳۳	۶/۷۵
۲۰۰۶	۱۸/۱۷	۰/۳۶۷	۹/۷۴
۲۰۰۷	۸۷/۵۹	۰/۳۶۱	۱۲/۰۴
۲۰۰۸	۴۵/۷۳	۰/۳۰۹	۱۰/۵۱
۲۰۰۹	۰/۰۱۰	۰/۱۴۸	۰/۸۹

μ : ضریب نمو قیمت، σ : نااطمینانی قیمت و K : ضریب برگشت قیمت های کوتاه مدت به مقادیر میانگین بلندمدت، MR: فرایند برگشت به میانگین

منبع، یافته های تحقیق

مقادیر σ برآوردی با ۴ سناریو در الگوی MR، در نمودار۱ نشان داده شده است. اعداد ۱ تا ۴ نشاندهنده سناریوهای ۱ تا ۴ می باشد. به عنوان مثال Uncertainty-MR4، مقدار σ برآوردی با الگو MR، و بر اساس داده های قیمت ۶۰ ماه گذشته می باشد.

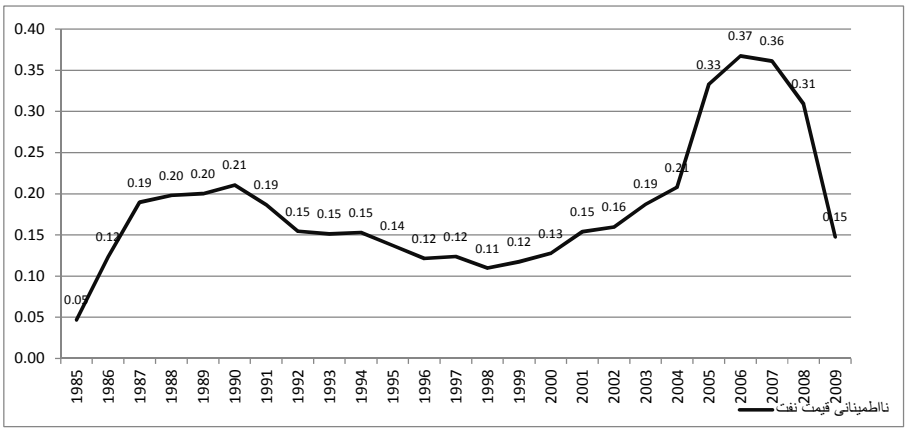


نمودار ۱. مقایسه مقادیر نااطمینانی برآوردی در الگو MR با سناریوهای مختلف

منبع، یافته های تحقیق

همان طور که ذکر شد معادله برگشت به میانگین به صورت $dp = \kappa(\mu - p_t)dt + \sigma p_t dz$ است. κ نرخ بازگشت، μ میانگین بلند مدت و σ ضریب جزء وینری است که نااطمینانی را نشان می دهد. در سناریوی اول که ۱۳ ماه گذشته را برای برآورد نااطمینانی استفاده می شود، جزء نمو یعنی $\kappa(\mu - p_t)dt$ بر اساس میزان انحراف از میانگین یعنی μ، تشکیل و پارامترها برآورد زده می شود. در حالی که قیمت های میانگین ۱۳ ماه گذشته نمیتواند نشان دهنده میانگین قیمت نفت در دوره مورد بررسی باشند، سناریو اول برای برآورد پارامترها در الگو MR، مناسب نیست، بلکه برای برآورد پارامترها، باید دامنه ای را در نظر گرفت به طوری که به طور معقول میانگین قیمت ها در آن دامنه تا حدودی نشان دهنده قیمت متوسط نفت باشد. سناریو دوم نیز از آن جا که سری را به صورت تجمعی در نظر می گیرد، در برآورد نااطمینانی با خطا مواجه می شود. همان طور که مشاهده می شود مقدار نااطمینانی به صورت کاملا هموار و بین ۰/۱ تا ۰/۲ تغییر کرده است. این مشکل در مورد سناریو سوم نیز کم و بیش به چشم می خورد، به علاوه اینکه در سناریوی سوم که دوره مورد بررسی به ۴ زیر دوره تقسیم شده است، برآورد ناطمینانی در ماه های اول هر دوره با مشکل مواجه است. به عنوان مثال برای ژانویه ۲۰۰۴، که دوره جدیدی شروع شده است، پارامترها بر اساس قیمت های ۱۳ ماه گذشته برآورد شده است. در حالی که سناریوی چهارم پارامترها را بر اساس ۶۱ ماه منتهی به ماه مورد نظر براورد می کند؛ می توان استدلال کرد که دوره ۵ ساله دوره مناسبی برای تصمیم گیری در مورد رفتار یک متغیر، دوره مناسبی است. بنابراین مناسب ترین برآورد پارامترها برای الگو برگشت به مقدار میانگین، برآورد بر اساس قیمت های ۶۱ ماه منتهی به ماه مورد نظر می باشد. این متغیر با Uncertainty-MR4 نشان داده شده است.

بر اساس موارد مطرح شده برای انتخاب الگو مناسب نااطمینانی در ایران، برآورد حاصل از الگوی Uncertainty-MR4، به عنوان متغیر نشان دهنده نااطمینانی قیمت نفت سنگین ایران انتخاب می شود. متغیر Uncertainty-MR4، شامل میانگین سالانه مقادیر برآوردی نااطمینانی بر اساس الگو برگشت به مقدار میانگین ، با قیمت های ماهانه ۶۱ ماه منتهی به ماه مورد مورد نظر است. بر اساس این الگو ، بیشترین مقدار نااطمینانی مربوط به سالهای ۲۰۰۵، ۲۰۰۶ و ۲۰۰۷ و کمترین مقدار نااطمینانی مربوط به سالهای ۱۹۸۵ ، ۱۹۸۶و ۱۹۹۸ است. نمودار ۲ روند نااطمینانی اندازه گیری شده برای قیمت نفت سنگین ایران را در طول دوره زمانی نشان می دهد.



نمودار۲. روند نااطمینانی قیمت نفت سنگین ایران در دوره ۲۰۰۹-۱۹۸۵

منبع، یافته های تحقیق

۵. خلاصه و نتیجه گیری

بازار نفت، بازار پیچیده و منحصر به فردی است. علاوه بر بازیگران عمده و متنوعی فعال در این بازار، ویژگی های ذاتی نفت از جهت پایان پذیری، استراتژیک بودن و همچنین وابستگی جهانی به نفت، در حال توسعه بودن کشورهای عمده تولید کننده نفت و پایین بودن ثبات سیاسی- اقتصادی این کشورها ، سرمایه گذاری ناکافی در این بخش و استفاده از ابزارهای مالی پیشرفته در بازارهای مالی موجب متمایز شدن آن از سایر کالاها شده است. مجموع این عوامل موجب بروز نااطمینانی در قیمت های نفت می شود به طوری که گاه پیش بینی ها را با خطا مواجه می نماید.

در این مطالعه بین ریسک و ناطمینانی تفاوت قائل و نااطمینانی با استفاده از ضریب جزء وینر در معادلات دیفرانسیل تصادفی برآورد شده است. دومعادله تصادفی پایه ای و رقیب برای بررسی قیمت های نفت در ادبیات مربوطه موجود است؛ حرکت براونی هندسی و الگوی برگشت به میانگین. الگوی برگشت به میانگین، از آن جا که فرض می کند قیمت به صورت تصادفی حول مقدار میانگین در نوسان است، با واقیت های بازار نفت سازگاری بیشتری دارد. این مطالعه نااطمینانی قیمت نفت را از طریق برآورد ضریب جزء وینری در الگوی برگشت به میانگین در ۴ سناریوی مختلف برآورد و سناریوی مناسب را انتخاب کرده است. نتایج نشان می دهد بیشترین مقدار نااطمینانی مربوط به سالهای ۲۰۰۵، ۲۰۰۶ و ۲۰۰۷ و کمترین مقدار نااطمینانی مربوط به سالهای ۱۹۸۵ ، ۱۹۸۶و ۱۹۹۸ است.

همان طور که ملاحظه شد با توجه به عوامل متنوع و گسترده موثر بر قیمت نفت، روند مشخصی برای نااطمینانی وجود ندارد. ویژگی این رهیافت این است که قیمت های نفت با وجود نااطمینانی در روند حرکت قیمت، پیش بینی می شود.. به عبارت دقیق تر، از حل معادله دیفرانسیل تصادفی مطرح شده در این مطالعه(و همچنین معادلات مشابه)، روند حرکت قیمت نفت به دست می آید. بر اساس روند به دست آمده، روند آتی شبیه سازی می شود و با همگرا کردن روندهای شبیه سازی شده، روند احتمالی قیمت نفت در آتی، پیش بینی می گردد. بنابراین، پیش بینی قیمت نفت با استفاده از معادلات دیفرانسیل تصادفی و مقایسه آن با دیگر الگوهای رقیب پیش بینی کننده، می تواند موضوعی برای مطالعات آتی باشد.

منابع

الف- فارسی

ابریشمی حمید و مهر آرا محسن و آریانا یاسمین (۱۳۸۶)، «ارزیابی عملکرد الگوهای پیش بینی بی ثباتی قیمت نفت»، *مجله تحقیقات اقتصادی*، ۷۸، ص ۲۱-۱

ابریشمی حمید و مهر آرا محسن و غنیمی فرد حجت الله (۱۳۸۷)، «اثر نوسانات قیمت نفت بر رشد اقتصادی برخی کشورهای OECD به وسیله تصریح غیر خطی قیمت نفت»، *مجله دانش و توسعه*، ۲۲، ص ۲۲-۷

ابونوری اسمعیل و خانعلی پور امیر(۱۳۸۹)، «آیا نااطمینانی حاصل از نوسانات قیمت نفت خام بر عرضه آن موثر است؟ کاربردی از GARCH و ARDL»، *مجله تحقیقات اقتصادی*، ۹۱، ص ۲۱۹-۲۴۷

بهبودی داود و متفکر آزاد محمد علی و رضا زاده علی (۱۳۸۸)، «اثرات بی ثباتی قیمت نفت بر تولید ناخالص داخلی در ایران»، *فصل نامه مطالعات اقتصاد انرژی*، ۲۰، ص ۳۳-۱

چانک کای لای و فرید ایت سهلیه؛ وحیدی اصل محمد قاسم و میامئی ابوالقاسم (۱۳۸۸)، *نظریه مقدماتی احتمال و فرآیندهای تصادفی*، مرکز نشر دانشگاهی

طیبی، سید کمیل. و خوش اخلاق، رحمان. و فراهانی، مریم. (۱۳۹۰)، «برآورد نااطمینانی در قیمت نفت سنگین ایران و سبد اوپک، کاربرد معادلات دیفرانسیل تصادفی»، *فصل نامه مطالعات اقتصاد انرژی*، ۳۱، ۲۳-۱

مزرعتی، محمد، (۱۳۸۳)، «اعتبار چشم اندازهای بلندمدت عرضه و تقاضای انرژی»، *فصل نامه مطالعات اقتصاد انرژی*، ۲، ص ۶۰-۳۰.

هورسنل پل و مابرو رابرت؛ حمیدی یونسی علیرضا (۱۳۷۷)، *بازارها و قیمت های نفت*، موسسه مطالعات بین المللی انرژی

ب- انگلیسی

Anderson Henrik (2007), "Are Commodity Prices Mean Reverting", *Applied Financial Economics*, Vol. 7, P. 769–783

Gaudet Grard (2007), "Natural Resource Economics under The Rule of Hotelling", *Canadian Journal of Economics*, Vol. 40, No. 4, P. 1033-1059

Hurn A.S and Lindsay K.A and Martin V.L (1999), "on The Efficacy of Simulated Maximum Likelihood for Estimating the Parameters of Stochastic Differential Equations", *Journal of Time Series Analysis*, Vol. 24, No. 1, P. 45-62

Luca RD and Raifa H (1957), *Games and Decision*. Wiley

Magee H (1961), *General Insurance*, Richard D. Irwin Inc

Marathe R and S Ryan (2005), "on The Validity of The Geometric Brownian Motion Assumption", *The Engineering Economist*, Vol. 50, P. 159-192

Meade Nigel (2010), "Oil prices Brownian Motion or Mean Reversion? A Study Using a One Year Ahead Density Forecast Criterion", *Energy Economics*, Accepted Manuscript

Murry John and Newman Peter (1987), *a New Palgrave Dictionary*, Macmillan

Pate-Cornel ME (1996), "Uncertainties in Risk Analysis: Six Levels of Treatment", *Reliability Engineering System Safety*, Vol. 54, P. 1359-64

Pfeffer I (1956), *Insurance and Economic Theory*, Richard D. Irwin Inc

Philips J (2001), V*alue at Risk: the New Benchmark for Managing Financial Risk*, McGrow Hill

Pindyck Robert (1980), "Uncertainty and Exhaustible Resource Markets", *Journal of Political Economy*, Vol. 88, P. 1203-1225

Pindyck Robert (1999), "Long run Evaluation of Energy Price", *The Energy Journal*, Vol. 20, P. 1-27

Postali Fernando & P Picchetti (2007), "Geometric Brownian Motion and Structural Breaks in Oil Prices: a Quantitative Analysis", *Energy Economics*, Vol. 28, P. 506-522

Samson Sundeep and Reneke James and Wiecek Margaret (2009), "a Review of Different Perspectives on Uncertainty and Risk and an

Alternative Modeling Paradigm", *Riability Engineering and System Safety*, Vol. 94, P. 558-567
Schwartz Eduardo (1997), "The Stochastic Behavior of Commodity Prices: Implication for Valuation and Hedging", *The Journal of Finance*, Vol. 52, No. 3, P. 923-973
sdetoolbox.sourceforge.net (2011)
Shafiee Shariar and Topal Erkan (2010), "a Long Term View of Worldwide Fossil Fuel Prices", *Applied Energy*, Vol. 87, P. 988-1000
Shimko David (1992), *Finance in Continuous Time*, Kolb Publishing Company
www.opec.org (2011)
www.vosesoftware.com (2011)

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی