

## ارزیابی اثرات نامتقارن تغییرات قیمت نفت بر تقاضای آن در کشورهای عضو OECD با استفاده از مدل‌های سری زمانی ساختاری

میرحسین موسوی<sup>۱</sup>

استادیار اقتصاد دانشکده علوم اجتماعی و اقتصادی، دانشگاه الزهرا (س)  
hmousavi\_atu@yahoo.com

فاطمه بزازان

دانشیار اقتصاد دانشکده علوم اجتماعی و اقتصادی، دانشگاه الزهرا (س)،  
fbazzazan@alzahra.ac.ir

حسین راغفر

دانشیار اقتصاد دانشکده علوم اجتماعی و اقتصادی، دانشگاه الزهرا (س)،  
raghh\_g@yahoo.com

معصومه ابراهیمی جامخانه

کارشناس ارشد دانشکده علوم اجتماعی و اقتصادی دانشگاه الزهرا،  
ebrahimi.masoome@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۹۳/۱۰/۱۳ تاریخ پذیرش: ۹۴/۰۳/۱۲

### چکیده

هدف این مقاله بررسی اثرات نامتقارن تغییرات قیمت نفت بر تقاضای آن در کشورهای عضو OECD است. برای نشان دادن این اثرات، قیمت به سه جزء قیمت حداکثری، قیمت کاهنده و قیمت فزاینده تجزیه شده است. هم‌چنین برای مدل‌سازی تقاضای نفت، مدل سری زمانی ساختاری که روند ضمنی به‌عنوان یک عامل اثرگذار بر تقاضای نفت را در نظر می‌گیرد، به کار گرفته شده است. به‌منظور برآورد مدل مذکور از داده‌های سالانه‌ی ۲۰۱۲ - ۱۹۶۵ و روش حداکثر راستنمایی و به‌کارگیری الگوریتم کالمن - فیلتر استفاده شده است. نتایج حاکی از آن است که فرضیه‌ی برابری ضرایب قیمت که بیانگر برگشت‌پذیری کامل تقاضای نفت را بیان می‌کند در مورد کشورهای OECD به‌عنوان یک مجموعه‌ی مصرف‌کننده‌ی نفت رد شده و تغییرات قیمت نفت دارای اثرات نامتقارن بر تقاضای آن می‌باشد و هم‌چنین نتایج نشان می‌دهد که روند ضمنی به‌عنوان یک عامل اثرگذار بر تقاضای نفت دارای ماهیت غیر خطی و هموار دارد.

طبقه‌بندی JEL: P28, Q41, C29, C22

**کلید واژه‌ها:** روند ضمنی، برگشت‌ناپذیری تقاضای نفت، سری‌های زمانی ساختاری، حداکثر راستنمایی و الگوریتم کالمن - فیلتر

## ۱- مقدمه

ارزیابی اثر نوسانات قیمت نفت بر تقاضای آن در کل جهان به خصوص در کشورهای عضو سازمان توسعه و همکاری‌های اقتصادی (OECD)<sup>۱</sup> که از بزرگ‌ترین مصرف‌کنندگان نفت هستند و بیش‌تر نفت مصرفی آنها وارداتی می‌باشد، اهمیت زیادی دارد. این کشورها که در واقع مجموعه‌ی کشورهای توسعه یافته با اقتصاد آزاد را شامل می‌شود هنوز هم بزرگ‌ترین مصرف‌کننده‌ی انرژی و نفت هستند. (الربایی و هانت، ۲۰۰۶)<sup>۲</sup>، هرچند سهم این کشورها از مصرف انرژی و نفت جهان به دلیل رشد سریع اقتصادی و تقاضای انرژی کشورهای عمده‌ی در حال توسعه نظیر چین و هندوستان، در حال کاهش است. اما این کشورها در سال ۲۰۱۳ بیش از ۴۹ درصد تقاضای جهانی نفت را به خود اختصاص داده و طبق پیش‌بینی‌ها تقاضای کشورهای مزبور در سال ۲۰۲۵ به حدود ۴۸ درصد تقاضای جهانی نفت خواهد رسید (آژانس بین‌المللی انرژی، ۲۰۱۴). اما نکته قابل توجه این است که شدت مصرف انرژی آنها کاهش یافته است یعنی به ازای یک واحد تولید ناخالص داخلی، انرژی کم‌تری نسبت به گذشته مصرف می‌شود. این موضوع به دلیل رشد تکنولوژی، بازدهی بیش‌تر وسایل انرژی‌بر و افزایش امکان جایگزینی نفت با سایر حامل‌های انرژی (نظیر استفاده از گاز طبیعی) می‌باشد. به‌علاوه تغییر ترکیب تولید به سمت بخش خدمات که انرژی کم‌تری می‌برد، شدت مصرف انرژی را در کشورهای عضو OECD به شدت کاهش داده است (جوناسان و همکاران<sup>۳</sup>، ۲۰۰۸). بررسی داده‌های تاریخی اینگونه نشان می‌دهد که همگام با شوک اول نفتی (۱۹۷۳) و افزایش شدید قیمت نفت تقاضا کاهش یافت ولی در دهه‌ی ۱۹۸۰ که قیمت نفت به شدت پایین آمد، تقاضا به سطح قبلی خود بازنگشت. در تبیین این موضوع تأثیر نامتقارن تغییرات قیمت نفت بر تقاضا شکل گرفت. به این صورت که افزایش شدید قیمت نفت باعث حرکت به سمت تکنولوژی‌های کم‌تر انرژی‌بر شد و ترجیحات مصرف‌کنندگان انرژی نیز به سمت کالاهای کارا تر به لحاظ مصرف انرژی سوق پیدا کرد. لذا عامل اصلی عدم تقارن تغییرات تکنولوژی بوده اما در مطالعاتی که تاکنون صورت گرفته به این مسأله توجهی نشده است. در این راستا هدف اصلی این مقاله بررسی این موضوع است که آیا در حضور متغیر روند ضمنی که بیان‌کننده‌ی اثر

1- Organisation Economic Cooperation Development

2- Al – Rabbaie and Hunt

3- Jonathan and et al

تغییرات تکنولوژی و ترجیحات مصرف‌کنندگان بر تقاضا است تغییرات قیمتی هم‌چنان دارای اثرات نامتقارن خواهد بود یا خیر؟ بنابر این در مقاله درصدد پاسخگویی به این سئوالات هستیم که آیا اثرات تغییرات قیمتی نفت بر تقاضای کشورهای OECD نامتقارن است؟ اندازه‌ی کدامیک از تغییرات قیمت نفت (قیمت‌های حداکثری، افزایشی و کاهش‌ی) بر تقاضای نفت کشورهای OECD بزرگ‌تر است؟ آیا تقاضای نفت کشورهای عضو OECD دارای روند ضمنی غیرخطی می‌باشد؟ این سئوالات منجر به شکل‌گیری فرضیه‌هایی مانند عکس‌العمل تقاضای نفت به شدت تغییرات و جهت تغییرات قیمت نفت نامتقارن است و هم‌چنین غیر خطی و هموار بودن ماهیت روند ضمنی در تقاضای نفت کشورهای عضو OECD شده است. مطالعات انجام شده درباره‌ی تقاضای نفت نشان می‌دهد که نوسانات قیمت نفت بر تقاضا در کوتاه مدت تأثیر اندکی دارد. با توجه به مشتق تقاضا برای حامل‌های انرژی، افزایش قیمت نفت بر تقاضای آن در بلندمدت عمدتاً از طریق بهبود کارایی تجهیزات کارخانه‌ای و وسائل نقلیه و جایگزینی آنها با تجهیزات کارا تر تأثیرگذار خواهد بود. آمار و ارقام نشان می‌دهد که واکنش تقاضا به نوسانات قیمت نفت نامتقارن است. (تقوی نژاد، ۱۳۸۶). منظور از نامتقارن بودن تأثیر تغییرات قیمت نفت بر تقاضای نفت، این است که تأثیر افزایشی قیمت نفت معادل عکس اثر کاهش قیمت در تقاضا نیست.

ساماندهی مقاله به این صورت است. در بخش دوم مروری بر ادبیات تحقیق آورده شده، در این بخش ابتدا به پیشینه‌ی تحقیق پرداخته شده و سپس عوامل مؤثر بر تقاضای نفت با تأکید بر اثرات نامتقارن قیمت نفت و سپس فرضیه‌ی برگشت ناپذیری تقاضا و هم‌چنین نقش روند ضمنی در تقاضای نفت ارائه شده است. در بخش سوم به تصریح مدل و روش سری زمانی ساختاری پرداخته شده است. بخش چهارم به برآورد و تفسیر نتایج می‌پردازد. و در نهایت نتیجه‌گیری و پیشنهادات سیاستی آورده شده است.

## ۲- مروری بر ادبیات موضوع

### ادبیات تجربی

طی دهه‌های اخیر مطالعات زیادی درباره‌ی تقاضای انرژی به ویژه نفت انجام شده که در بیش‌تر آنها تلاش نموده‌اند متغیرهایی چون تولید ناخالص داخلی، درآمد، قیمت انرژی (نفت)، شدت مصرف انرژی (نفت)، متغیر وابسته را با یک وقفه در مدل‌سازی وارد نمایند. از جمله کارهای تجربی انجام گرفته در زمینه‌ی مدل‌سازی تقاضای انرژی (نفت)

می‌توان به مطالعات ساگانتی و ساموئل<sup>۱</sup> (۲۰۱۲)، دمورت گتلی و جویس دارگی<sup>۲</sup> (۲۰۱۰)، جاک آن لی<sup>۳</sup> (۲۰۰۹)، آرتور ون بنتم و متیا رمانی<sup>۴</sup> (۲۰۰۹)، هاقس و جوناسان و همکاران<sup>۵</sup> (۲۰۰۸)، هیلارد هانتینگتون و دمورت گتلی<sup>۶</sup> (۲۰۰۱)، آرسنالت و همکاران<sup>۷</sup> (۱۹۹۵) اشاره نمود که در تمامی این مطالعات نتایج حاکی از آن است که تقاضای نفت نسبت به تغییرات قیمت آن در کوتاه مدت و بلندمدت بی‌کشش است.

جدول ۱- برخی مطالعات صورت گرفته در ارتباط با تقاضای نفت

کشش درآمدی		کشش قیمتی		نویسنده
بلندمدت	کوتاه مدت	بلندمدت	کوتاه مدت	
-	۰/۷۸۲	۰/۱۵۷	-۰/۶۷	گتلی (۱۹۹۲)
۰/۵۶	-	-۰/۶۴	-	هانتینگتون و گتلی (۲۰۰۲)
۸/۰۸	-	-۰/۴۵	-	کوپر (۲۰۰۳)
۰/۰۷	-	-۲/۲	-	گتلی (۱۹۹۳)
۰/۷۲	چین ۰/۶۷	چین -۰/۵۵	چین -۰/۰۸۵	عسلی (۱۳۸۶)
-	OECD ۰/۴۹	OECD -۰/۲	OECD -۰/۰۷۵	
۱/۶۶ تا ۰/۸۸۱	۰/۵۵۱ تا ۰/۲۳۸	۰/۰۹۳ تا ۰/۰۵۷	-۰/۰۲۵ تا ۰/۰۱۹	تقوی نژاد (۱۳۸۵)

منبع: یافته‌های تحقیق

در تمامی مطالعات فوق اگرچه با استفاده از مدل‌های گوناگون و از جنبه‌های مختلف به بررسی تقاضای نفت پرداخته شده اما در هیچ کدام به نکاتی مانند پیشرفت‌های فنی، تغییرات سلیقه و ترجیحات مصرف‌کنندگان توجه نشده و به عبارت دیگر نقش روند ضمنی در نظر گرفته نشده است. مقاله‌ی حاضر به لحاظ روش‌شناسی مربوط به مدل‌های سری زمانی ساختاری می‌باشد که در جدول ۲ به برخی از مطالعات انجام شده در این زمینه اشاره می‌شود.

- 1- L. saganti and Anand A. Samuel.
- 2- Dargay, Joyce and Gately, Dermot.
- 3- Ngoc Anh Le.
- 4- Arthur Van Benthem and Mattia Romani.
- 5- Jonathen E. Hughes and et al.
- 6- Hantington, Hillard and Gately, Dermot.
- 7- Arsenault and et al.

جدول ۲- برخی از مطالعات صورت گرفته در ارتباط با روش‌های سری زمانی ساختاری

نویسنده	مورد تحقیق	داده‌های در نظر گرفته شده	نتیجه
بروداستوک و هانت (۲۰۱۰)	تقاضای نفت در بخش حمل و نقل انگلستان	۲۰۰۷ - ۱۹۶۰	مدل سری زمانی ساختاری رویکرد مناسب‌تری نسبت به سایر مدل‌ها داشته است.
آگنولوچی (۲۰۱۰)	تقاضای انرژی در بخش صنعت انگلستان	۲۰۰۵ - ۱۹۷۳	مدل سری زمانی ساختاری یک روش کارآمد در تقاضای انرژی است.
آماراویچراما و هانت (۲۰۰۸)	تقاضای برق سریلانکا	۲۰۰۳ - ۱۹۷۰	مدل سری زمانی ساختاری تنها روشی است که امکان شناسایی روندهای غیر خطی پرونزا را می‌دهد.
دورنات و همکاران (۲۰۰۸)	تقاضای برق فرانسه	۲۰۰۴ - ۱۹۹۵	برای دوره‌ی کوتاه مدت مدل سری زمانی ساختاری پیش‌بینی مناسبی از تقاضا را نشان می‌دهد.
دیمیتریوپولوس و همکاران (۲۰۰۵)	تقاضای انرژی بخشی در انگلستان	۲۰۰۲ - ۱۹۶۷	مدل سری زمانی ساختاری نسبت به روش‌های رگرسیون عملکرد بهتری داشته است.
هانت و نینومیا (۲۰۰۳)	تقاضای نفت بخش حمل و نقل انگلستان و ژاپن	۱۹۹۷ - ۱۹۷۱	مدل سری زمانی ساختاری مدل مناسب‌تری برای برآورد تقاضای نفت می‌باشد.
هاروی و کوپمن (۱۹۹۳)	داده‌های آمریکا برای تقاضای برق	۱۹۹۱ - ۱۹۹۰	اولین مطالعه با این روش را انجام دادند و مدل سری زمانی ساختاری مدل مناسبی برای تقاضای برق بوده است.

منبع: یافته‌های تحقیق

در هیچ یک از مطالعات صورت گرفته ایرانی و خارجی نقش روند ضمنی که بیان‌کننده‌ی اثرات تغییرات تکنولوژی بر تقاضاست و عامل اصلی شکل‌گیری عدم تقارن تأثیر نامتقارن قیمت بر تقاضاست، لحاظ نشده است. در این تحقیق سعی کردیم علاوه بر این که قیمت‌ها را مانند مطالعه‌ی مهدی عسلی به سه گروه تقسیم کنیم، اثر تغییرات تکنولوژی تولید و تغییرات ترجیحات مصرف‌کنندگان را در قالب یک متغیر پنهان روند ضمنی وارد مدل کنیم. در واقع نوآوری مقاله‌ی حاضر، وارد کردن روند ضمنی در تابع تقاضای نفت در قالب متغیر غیر قابل مشاهده و به کارگیری تکنیک اقتصاد سنجی متناسب با مدل در کنار استفاده از تجزیه‌ی قیمت نفت و در نظر گرفتن سه سری قیمت نفت حداکثری، افزایشی و کاهش‌ی می‌باشد که در کنار روند ضمنی به برآورد بهتر مدل منجر می‌شود.

### ادبیات نظری

#### عوامل مؤثر بر تقاضای نفت

یک مدل هیچ گاه قادر نیست وقایع را دقیقاً به صورتی که در جهان واقع است، توصیف نماید. اصل قلت متغیرهای توضیحی حکم می‌کند برای توصیف واقعیت‌ها نباید از مدل‌های پیچیده‌ای که فاقد ارزش علمی هستند، استفاده کرد. از سوی دیگر لازم است به منظور اجتناب از هر نوع خطای تصریح، متغیرهای کلیدی و اثرگذار در مدل وارد شوند (شاکری و همکاران، ۱۳۸۹). در این بخش از مقاله به بررسی عوامل اصلی اثرگذار بر تقاضای نفت پرداخته می‌شود.

**قیمت نفت:** یکی از مهم‌ترین عوامل اثرگذار بر تقاضای نفت، قیمت آن است. بر اساس قانون تقاضا رابطه‌ای معکوس بین قیمت و تقاضای یک کالا وجود دارد. بر اساس تئوری تقاضا افزایش قیمت نفت سبب کاهش و برعکس کاهش قیمت باعث افزایش تقاضای نفت خواهد شد و به اصطلاح اقتصادی، تغییر قیمت نفت با فرض ثابت بودن سایر شرایط، به معنی حرکت روی منحنی تقاضاست. با توجه به نوع مصارف نفت به نظر می‌رسد که تأثیر تغییرات قیمت نفت روی تقاضای آن در بلندمدت بیش‌تر از اثرات آن در کوتاه مدت باشد. به‌عنوان مثال با افزایش قیمت نفت مصرف‌کننده مواد سوختی و غیره به سرعت نمی‌تواند عادت مصرفی خود را تغییر دهد اما در بلندمدت این امکان وجود دارد و با ورود وسایل و تجهیزات با انرژی بری کم‌تر مصرف یا تقاضای نفت کاهش یافت. اما آنچه در این بین مسلم است وجود یک رابطه‌ی معکوس بین قیمت و

تقاضای نفت است (جاک آن لی، ۲۰۰۹)<sup>۱</sup> بنابراین قیمت نفت را می‌توان به‌عنوان عاملی که به طور معکوس در تقاضای نفت تأثیر می‌گذارد در تابع تقاضای نفت گنجانند.

### نامتقارنی<sup>۲</sup> اثر قیمتی بر تقاضای نفت

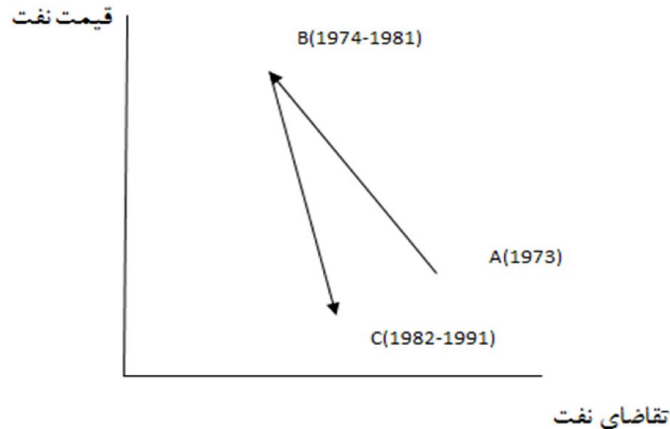
اگر تقاضای نفت واکنش متفاوتی در مقابل افزایش و کاهش قیمت داشته باشد در این صورت رابطه‌ی بین تقاضای نفت و قیمت آن نامتقارن خواهد بود، اگر قیمت نفت افزایش یابد به‌دنبال آن مقدار تقاضا کاهش خواهد یافت و اگر قیمت نفت به همان اندازه کاهش یابد در این صورت مقدار تقاضای نفت افزایش می‌یابد ولی نمی‌تواند کاملاً کاهش قیمت نفت را جبران نماید. بنابراین تقاضای نفت کاملاً به حالت اولیه‌ی خود بر نمی‌گردد (عسلی، ۱۳۸۶). در واقع نکته این است که شدت تغییر در مقدار تقاضا، در مقابل افزایش قیمت نفت به‌اندازه‌ی کاهش آن نیست. ایده‌ی اصلی در بررسی نامتقارن بودن اثر قیمتی بر تقاضای نفت، آن است که قیمت‌های بالاتر نفت در کوتاه مدت موجب استفاده‌ی کم‌تر از وسائل نقلیه و تجهیزات صنعتی انرژی بری خواهد شد و در بلندمدت انتظار می‌رود بر روی وسائل نقلیه و تجهیزات کارخانه‌ای با کارایی بهتر که شدت مصرف سوخت را کاهش می‌دهد، سرمایه‌گذاری بیش‌تر انجام شود. حال هنگامی که قیمت نفت پائین می‌آید، انتظار می‌رود که عکس‌العمل مصرف‌کنندگان، مصرف را افزایش دهد اما نکته آن است که این افزایش به لحاظ قدرمطلق، معادل کاهش مصرف در حالت افزایش قیمت نیست (هانت و همکاران، ۲۰۱۰)<sup>۳</sup>.

نامتقارن بودن اثرات قیمت بر رفتار تقاضای انرژی به دلیل غیرقابل بازگشت بودن اثرات نهادینه شده‌ی بهبود تکنولوژی و مدیریت تقاضاست. هنگامی که قیمت نفت افزایش می‌یابد، به‌خصوص در جوامع توسعه یافته، تکنولوژی پیشرفت می‌کند و کارایی تجهیزات بالا می‌رود و این بهبود در ساختار صنعتی جوامع نهادینه می‌شود. به طوری که کاهش قیمت، اثری، برگشتی ندارد (تقوی نژاد، ۱۳۸۶).

1- Ngoc Anh Le

2- Asymmetries

3- Hunt et al



نمودار ۱- برگشت ناپذیری تقاضای نفت نسبت به تغییرات قیمت

منحنی AB کاهش مقدار تقاضا را در نتیجه‌ی افزایش در قیمت آن بیان می‌کند. این کاهش به‌وسیله‌ی حرکت از A به B مشخص شده است. از سال ۱۹۸۲ تا سال ۱۹۹۱ قیمت نفت به‌تدریج کاهش یافت و در مقابل آن تقاضای نفت افزایش کم‌تری داشت، و منحنی تقاضا برای این دوره BC می‌باشد. اگر تقاضای نفت نسبت به قیمت آن کاملاً برگشت پذیر بود در این صورت منحنی BC بر روی منحنی AB منطبق می‌شد. در صورتی که جهت حرکت منحنی تقاضا در دوره‌ی ۱۹۹۱-۱۹۸۲ از نقطه‌ی B شروع می‌شود و تا نقطه‌ی C ادامه می‌یابد. حال آن که جهت حرکت منحنی AB از نقطه‌ی A به طرف نقطه‌ی B می‌باشد. دلائلی وجود دارند که می‌توان بر اساس آنها برگشت ناپذیری تقاضای نفت را توضیح داد. اولاً وقتی که در دهه‌ی ۱۹۷۰ قیمت نفت افزایش یافت، به‌دنبال آن کارایی انرژی از نظر تکنولوژی بهبود پیدا کرد. به‌خصوص این بهبود به صورت افزایش در کارایی مصرف سوخت در سیستم‌های حرارتی و وسائل صنعتی و تجهیزاتی که در منازل مورد استفاده قرار می‌گرفتند، ظاهر شد. وقتی در دهه‌ی ۱۹۸۰ قیمت نفت کاهش یافت، بهبود در کارایی مصرف انرژی از بین نرفت بلکه روند توسعه‌ی آن ادامه پیدا کرد. ثانیاً در کشورهای مصرف‌کننده عمده‌ی نفت، دولت‌ها برای مقابله با افزایش سریع قیمت سیاست‌های گوناگونی اتخاذ و آنها را به مرحله‌ی اجرا در آوردند. نتیجه‌ی این سیاست‌ها کاهش هرچه بیشتر مصرف نفت و یا جایگزینی دیگر حامل‌های انرژی به‌جای نفت بود. وقتی قیمت نفت کاهش یافت، این سیاست‌ها



کنار گذاشته نشد و حذف نگردید. ثالثاً کالاهای سرمایه‌ای و تجهیزاتی مورد استفاده قرار گرفت که کم‌تر انرژی بر بودند و از نظر مصرف انرژی با صرفه‌تر و کارا تر طراحی شده بودند. با کاهش در قیمت نفت کالاهای مزبور کنار گذاشته نشدند. (مانند عایق کاری ساختمان‌ها و تولید خودروهای کم مصرف) و بعد از سقوط قیمت هم‌چنان باقی ماندند (رباطی، ۱۳۸۹).

باید به این نکته هم توجه کرد که عامل زمان یکی از عواملی است که سبب نامتقارن شدن رابطه‌ی تقاضای نفت و قیمت آن می‌باشد. از آنجا که اطلاعات در مورد تقاضای نفت و قیمت آن تابع زمان است، لذا برگشت ناپذیری تقاضای نفت در طی دوره‌های زمانی معین نیز یک موضوع آماری است که باید مورد آزمون قرار گیرد. از این‌رو لازم است افزایش قیمت نفت با کاهش آن در طی دوره‌های گوناگون از یکدیگر تفکیک شود. بدین منظور در اینجا یک روش مناسب برای تجزیه‌ی قیمت نفت خام معرفی می‌گردد (دلوری و باغبان زاده، ۱۳۸۶).

### تجزیه‌ی قیمت نفت<sup>۱</sup>

موری<sup>۲</sup> (۱۹۹۳)، برای بررسی وجود رابطه‌ی قرینه بین فعالیت‌های اقتصادی و قیمت‌های نفت، تغییرات قیمت نفت را به دو دسته‌ی کاهشی و افزایشی تجزیه کرد. در این مقاله برای تجزیه‌ی قیمت نفت از روش موری استفاده شده است. افزایش شدید قیمت‌های نفت در سال ۱۹۷۳ پیامدهای کوتاه مدت و بلندمدت زیادی روی تقاضای جهانی نفت و به‌خصوص کشورهای عضو OECD داشت و ساختار تقاضای آن‌ها را تغییر داد. این افزایش منجر به تغییرات تکنولوژی و بالا بردن کارایی و تغییر الگوی مصرف انرژی شد (هانت و همکاران، ۲۰۱۰)<sup>۳</sup>. پس باید به دنبال راهی بود تا اثرات کامل افزایش قیمت نفت را نشان داد. با توجه به روند قیمت نفت و نوسانات آن، می‌توان سه نوع قیمت برای ارزیابی تغییرات قیمت نفت در طول زمان تصور نمود. در سال‌هایی نظیر ۱۹۷۳ و ۱۹۸۲ افزایش قیمت سبب تغییر حداکثر قیمت، در این دوره شده بنابراین، بر بازار قیمت حداکثر نفت حاکم است. در بعضی سال‌ها نظیر تمام افزایش‌های بعد از سال ۱۹۸۲، افزایش قیمت، به اندازه‌ای نیست که حداکثر قیمت تغییر کند. این

1- Analysis of Oil Prices

2- Mory

3- Hunt and et al

نوع افزایش‌ها، سبب ایجاد قیمت بهبود در بازار نفت شده است. در بعضی سال‌های دوره، نظیر سال ۱۹۸۶، قیمت کاهش یافته است. این نوع قیمت، قیمت کاهشی بازار نفت را تشکیل می‌دهد. به این ترتیب بازار نفت در طول زمان، با سه نوع قیمت حداکثری، قیمت افزایشی و قیمت کاهشی روبه‌رو بوده است. با استفاده از روابط ریاضی، می‌توان قیمت نفت در دوره‌ی  $t$  یعنی  $P_t$  را با توجه به قیمت‌های سال‌های قبل به سه نوع قیمت: سری حداکثر قیمت تاریخی  $P_{\max,t}$ ، سری‌های تجمعی از قیمت‌های کاهش  $P_{\text{cut},t}$  و سری‌های تجمعی از بهبود قیمت  $P_{\text{rec},t}$  تجزیه نمود.

$$P_t = P_{\max,t} + P_{\text{cut},t} + P_{\text{rec},t} \quad (۱)$$

$$P_{\max,t} = \text{MAX}(p_0, \dots, p_t) \quad (۲)$$

رابطه‌ی (۲)، به معنی بزرگ‌ترین و بیش‌تری قیمت در یک دوره است و مقدار آن، همواره مثبت بوده و ممکن است برای یک دوره‌ی طولانی ثابت باقی بماند. برای محاسبه‌ی قیمت کاهشی، ابتدا اختلاف تغییر قیمت جاری نفت  $P_i$ ، یعنی  $(P_i - P_{(i-t)})$  با تغییر قیمت حداکثر  $P_{\max,i}$  یعنی  $(P_{\max,i} - P_{\max,i-t})$  محاسبه و با صفر مقایسه می‌شود. از بین این دو، عدد کم‌تر انتخاب می‌گردد. سپس، عدد حاصل با اعداد سال‌های قبل جمع شده و قیمت‌های کاهشی تجمعی، (یعنی  $P_{\text{cut},t}$ ) به دست می‌آید. از آنجا که این قیمت به سری کاهش‌های قیمت مربوط است، همواره منفی و روندی نزولی دارد. در واقع، این رابطه تجمع کاهش‌های قیمت، در یک دوره را بیان می‌کند. رابطه‌ی (۳) محاسبه‌ی سری کاهشی قیمت نفت است.

$$P_{\text{cut},t} = \sum_{i=0}^t \min \{0, (P_i - P_{i-1}) - (P_{\max,i} - P_{\max,i-1})\} \quad (۳)$$

رابطه‌ی (۴) محاسبه‌ی سری افزایشی قیمت نفت است. این رابطه، سری‌های تجمعی در افزایش، یا بهبود قیمت نفت را نشان می‌دهد مانند سری‌های تجمعی کاهش هر سال، ابتدا اختلاف تغییر قیمت نفت،  $P_i$  و نیز تغییر قیمت حداکثری  $P_{\max,i}$  محاسبه شده و با صفر مقایسه می‌گردد و بدین ترتیب، هر اندازه‌ای که بیش‌تر بود، انتخاب می‌شود. سپس عدد حاصل، با اعداد سال‌های قبل جمع شده و قیمت‌های بهبود تجمعی (یعنی  $P_{\text{rec},t}$ ) به دست می‌آید. این قیمت، همواره مثبت بوده و روندی صعودی دارد، زیرا فقط افزایش‌های قیمت را در نظر می‌گیرد.

$$P_{\text{rec},t} = \sum_{i=0}^t \max \{0, (P_i - P_{i-1}) - (P_{\max,i} - P_{\max,i-1})\} \quad (۴)$$

در هر سال جمع این سه قیمت، قیمت واقعی نفت در آن سال را نشان می‌دهد (همیلتون، ۱۹۸۳).<sup>۱</sup>

### نقش روند ضمنی<sup>۲</sup> در تقاضای نفت

در برآورد تابع تقاضای نفت توجه به این نکته لازم است که به غیر از متغیرهای مستقل (مانند قیمت نفت، تولید ناخالص داخلی سرانه، شدت مصرف انرژی و ...) عوامل دیگری نظیر سطح تکنولوژی، ترجیحات تولیدکنندگان و دیگر عوامل اقتصادی و غیر اقتصادی و ... نیز می‌توانند بر تابع تقاضای نفت اثرگذار باشند. اثرات این عوامل ممکن است در طول زمان روند معینی نداشته باشند، از طرف دیگر عدم مدل‌سازی صحیح آنها می‌تواند منتهی به تورش در تخمین پارامترهای مدل گردد. اگرچه بهترین حالت این است که داده‌های مربوط به تمام متغیرهای مؤثر در مدل لحاظ شود، لیکن امکان اندازه‌گیری کلیه عوامل فوق وجود ندارد. از سوی دیگر اثر این عوامل در طول زمان ممکن است تغییر کند، و هریک از آنها در جهت مختلفی بر تقاضا اثر گذارند، به گونه‌ای که برآیند آنها معلوم نیست. بنابراین، عدم لحاظ روند ضمنی در مدل و یا لحاظ نادرست آن (خطی در نظر گرفتن به جای غیر خطی)، می‌تواند منجر به تورش در تخمین پارامترها گردد (چیت نیس، ۱۳۸۴). پیشرفت تکنولوژی یکی از عواملی است که همواره توابع تولید و تقاضا را تحت تأثیر قرار می‌دهد و بایستی در مدل‌سازی عرضه یا تقاضا توجه ویژه‌ای نسبت به آن داشت (احمدیان و همکاران، ۲۰۰۷). افزایش کارایی در اثر پیشرفت‌های فنی در شرایط ثبات سایر عوامل، منجر به کاهش مصرف انرژی می‌شود. مفهوم پیشرفت تکنیکی در توابع تقاضا و عرضه به ویژه تقاضا بسیار مهم است و باید به‌درستی تعریف شود. بنا براین، میزان نفت مصرفی به سطح تکنولوژی بستگی زیادی دارد. سطح تکنولوژی می‌تواند متبلور یا غیر متبلور باشد که از ترکیب عوامل درونزا و برونزا حاصل می‌شود. نه تنها پیشرفت‌های فنی، بلکه عوامل برون زای دیگری نظیر ترجیحات استفاده کنندگان و عوامل غیراقتصادی (عوامل جمعیتی، اجتماعی، حمل و نقلی، آب و هوایی و جغرافیایی) می‌توانند به طور مثبت یا منفی بر تقاضا تأثیرگذار باشند و مدل‌سازی تقاضا را تحت تأثیر قرار دهند. (ون بنتوم و رمانی، ۲۰۰۹).<sup>۳</sup> تغییر در کارایی از طریق توسعه تکنولوژی و بهبود طرف عرضه اقتصاد، یکی از عوامل

1- Hamilton

2- Underlyng Trend

3- Van Benthem and Romani

مهم تعیین‌کننده‌ی روند می‌باشد. تکنولوژی در حقیقت نوع مشخصی از دانش مرتبط با فعالیت‌های انسان است. بخشی از این دانش در ماشین‌آلات و تجهیزات و بخشی در مردم، ساختارهای سازمانی و الگوهای رفتاری نهفته است. از بخش اول معمولاً به‌عنوان تکنولوژی متبلور و از بخش دوم به‌عنوان تکنولوژی غیرمتبلور یاد می‌شود. پیشرفت تکنولوژی متبلور زمانی رخ می‌دهد که ماشین‌آلات و تجهیزات فرسوده با ماشین‌آلات و تجهیزات جدیدتر جایگزین می‌شوند. لذا این مورد نیاز به تغییر ساختار تولید و در نتیجه سرمایه‌گذاری جدید دارد. در حالت پیشرفت تکنولوژی غیرمتبلور نیازی به جایگزینی ماشین‌آلات و تجهیزات و در نتیجه تغییر سرمایه‌ی موجود نیست بلکه این مورد در دانش مصرف‌کننده و تولیدکننده و رفتار تولیدی و مصرفی آنها نهفته است. منظور از دانش در این حالت استفاده‌ی کارا از منابع و عوامل تولید موجود است. لازم به ذکر است که وقتی گفته می‌شود تغییرات تکنیکی از هر دو نوع اتفاق افتاده است یعنی این تغییرات دارای دو بخش برونزا و درونزا است. بخشی که به صورت برونزا است در طول زمان به طور مستقل صورت می‌گیرد و بخش درونزای آن در اثر تغییراتی است که در سایر عوامل رخ می‌دهند. (به‌عنوان مثال تغییرات تکنیکی که در اثر افزایش قیمت فرآورده‌های نفتی در بخش مصرف‌کننده و تولیدکننده به‌وجود می‌آید). با توجه به این‌که جزء درونزای تغییرات تکنیکی در طول زمان الزاماً با نرخ ثابتی صورت نمی‌گیرد لذا مدل‌سازی این جزء از تغییرات تکنیکی به صورت تابع خطی از زمان، روش نامناسبی خواهد بود. برخلاف جزء درونزا می‌توان پیشرفت تکنیکی برونزا را به صورت تابع خطی ساده از زمان در نظر گرفت. یک تفاوت بین پیشرفت تکنولوژی متبلور و غیرمتبلور (جزء درونزا) در نحوه‌ی واکنش آنها به تغییرات سایر عوامل مؤثر بر تقاضا می‌باشد. به طور مثال انتظار می‌رود که در اثر تغییرات قیمت فرآورده‌های نفتی پیشرفت تکنولوژی متبلور نسبت به مورد غیرمتبلور با وقفه‌ی زمانی بیش‌تری واکنش نشان دهد، زیرا نیازمند تغییرات ساختاری در نحوه‌ی تولید و ارائه‌ی خدمات می‌باشد. شناخت این تفاوت در جزء برونزای تغییرات تکنیکی مشکل است. با توجه به این‌که هر دو مورد در طول زمان با نرخ ثابتی توسعه می‌یابند، لذا تفکیک میزان تغییرات هر یک از آنها پیچیده و مشکل خواهد بود (چیت نیس، ۱۳۸۴).<sup>۱</sup> علاوه بر توسعه‌ی تکنولوژی، ترجیحات مصرف‌کنندگان نیز از عوامل تأثیرگذار بر میزان تقاضای انرژی و نفت

۱- برای مطالعات بیش‌تر به چیت نیس (۱۳۸۴) رجوع شود.

می‌باشد. تغییر در عوامل غیر اقتصادی نظیر عوامل جمعیتی، اجتماعی، حمل و نقلی و جغرافیایی می‌تواند مدل سازی تقاضا را تحت تأثیر قرار دهد. به‌عنوان نمونه ساختار جمعیتی، ساختار سنی، تراکم جمعیت، ساختار ارتباطات و... همگی می‌توانند بر تقاضای انرژی مؤثر باشند (شاگری و همکاران، ۱۳۸۹). لذا در اینجا مفهوم کلی تری از روند ضمنی معرفی می‌شود که در جدول زیر نشان داده شده است. بهترین حالت آن است که داده‌های مربوط به کارایی تکنیکی، ترجیحات مصرف کننده و عوامل غیراقتصادی و نظیر آن در مدل عمومی مورد تخمین، مورد استفاده قرار گیرد، لیکن اندازه‌گیری کلیه عوامل فوق ممکن نیست. از طرفی امکان دارد اثر این عوامل در طول زمان تغییر کند و هریک از آن‌ها در جهات مختلفی بر تقاضا اثر گذارد به گونه‌ای که برآیند آن‌ها معلوم نیست. با این مفهوم، روشی که برای لحاظ روند در مدل به کار می‌رود، باید به‌اندازه‌ی کافی جهت در بر گرفتن کلیه آثار فوق انعطاف‌پذیر باشد و تورش بالقوه در برآوردهای کشش‌های قیمتی و درآمدی در مورد تقاضا وجود نداشته باشد. (هاروی و همکاران، ۱۹۸۹)<sup>۱</sup>

جدول ۳- روند ضمنی عرضه و تقاضا

کارایی تکنیکی		ترجیحات مصرف کنندگان	عوامل غیراقتصادی
ناشی از پیشرفت تکنیکی متبلور	ناشی از پیشرفت تکنیکی غیر متبلور	برونزا	برونزا
	برونزا	درونزا	برونزا

منبع: Harvey (1989)

ویژگی مطالعه‌ی حاضر این است که با وجود تجزیه‌ی قیمت به سه گروه مانند مطالعه‌ی مهدی عسلی، جیمز همیلتون و... تأثیر تغییرات تکنولوژی تولید و تغییر ترجیحات مصرف کنندگان در تقاضای نفت شده است. لازم به ذکر است که روند ضمنی، متغیر غیر قابل مشاهده می‌باشد که قابل اندازه‌گیری نیست لذا با مدل‌های رگرسیون معمولی نمی‌توان آن را قابل برآورد نمود.

### سایر عوامل مؤثر بر تقاضای نفت

**تولید ناخالص داخلی:** تولید ناخالص داخلی یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر مصرف نفت است. مصرف نفت به طور مستقیم با فعالیت‌های اقتصادی ارتباط دارد. نفت به‌عنوان یکی از عوامل تولیدی بر میزان تولید اثرگذار است، به این صورت که تولید بیش‌تر نیاز به انرژی بیش‌تری دارد (آربکس و پروبلی، ۲۰۱۰).<sup>۱</sup>

**قیمت سایر انرژی‌های جایگزین:** قیمت سایر انرژی‌های جایگزین نیز در تقاضای نفت مؤثر است (صداقت، ۱۳۹۲، ص ۳۲). به‌عنوان مثال قیمت گاز طبیعی بر تقاضای نفت مؤثر است زیرا با افزایش قیمت نفت استفاده از گاز طبیعی به‌عنوان جانشینی مناسب برای نفت مطرح می‌شود.

**رشد جمعیت و پدیده‌ی شهرنشینی:** رشد و افزایش جمعیت سبب افزایش تقاضا برای نفت می‌شود. به عبارت دیگر هرچه میزان جمعیت کشور افزایش یابد به تبع آن تقاضای انرژی نیز افزایش می‌یابد (همان). از طرفی با گسترش شهرنشینی استفاده از سوخت‌های سنتی یافته و همزمان با آن، تقاضا برای حمل و نقل و کاربرد سوخت‌های تجاری بیش‌تر می‌شود. در هر دو مورد، افزایش تقاضا برای فرآورده‌های نفتی اجتناب‌ناپذیر است (حاجی نوروزی، ۱۳۸۵).

**عوامل غیر قابل پیش‌بینی:** در بازار نفت عوامل غیر قابل پیش‌بینی زیادی وجود دارد که می‌تواند تقاضا برای نفت را تحت تأثیر قرار دهد از جمله می‌توان به حوادث و بلایای طبیعی، جنگ و مواردی مانند آنها اشاره کرد که می‌توانند بر میزان مصرف اثر بگذارند (همان).

- **میزان رقابت در بازار:** افزایش رقابت در بازار سبب انعطاف‌پذیری بیش‌تر بازار می‌شود. اگر کالاهای جانشین نفت فراوان باشد، تقاضا برای نفت نسبت به تغییرات مختلف اقتصادی واکنشی شدیدتر نشان خواهد داد.

- **ذخیره سازی:** از اواسط دهه‌ی ۱۹۷۰، کشورهای غربی برای مقابله با بحران‌های احتمالی، دست به ذخیره سازی نفت تحت عنوان ذخائر استراتژیک زدند. افزایش ذخیره‌سازی ناشی از عدم اطمینان این کشورها به آینده نیز سبب افزایش تقاضا برای نفت می‌شود (همتی، ۱۳۷۲).

- **محدودیت منابع انرژی:** محدودیت در منابع انرژی و پایان‌پذیر بودن آن‌ها از دیگر عواملی است که تقاضا برای انرژی را تحت تأثیر قرار می‌دهد و کشورها را مجبور به استفاده‌ی بهینه از انرژی به‌منظور صرفه‌جویی در مصرف انرژی و کنترل تقاضا می‌نماید (حاجی نوروزی، ۱۳۸۵).

### ۳- تصریح مدل

در ادبیات نظری مربوط به عوامل اثرگذار بیان شد که یکی از عوامل اثرگذار بر تقاضای نفت روند ضمنی است که یک متغیر غیرقابل مشاهده می‌باشد. به‌منظور مدل‌سازی تقاضای نفت با لحاظ این عامل از روش سری‌های زمانی ساختاری استفاده می‌شود. تحلیل سنتی سری زمانی بر اساس ارزیابی داده‌های سری زمانی بنا شده که فرض می‌شود در نتیجه‌ی یک فرآیند تصادفی به وجود آمده‌اند. مانایی این سری‌ها نیز به وسیله‌ی ویژگی‌های این فرآیند تصادفی شناسایی می‌شود. تئوری فرآیندهای تصادفی برای ساخت مدل‌های سری زمانی مرسوم به کار می‌رود. یک فرض زیر بنایی روش ARIMA از نوع مدل‌های باکس و جنکینز (۱۹۷۶) این است که نامانایی سری‌ها با تفاضل‌گیری از بین می‌رود. رویکرد همجمعی اغلب برای مقابله با نامانایی متغیرها در مطالعات مدل‌سازی تقاضای انرژی به کار می‌رود و در این میان، استفاده از آزمون ریشه‌ی واحد همراه با روش همجمعی منجر به "انقلاب ریشه‌ی واحد" شده است (شیرانی فخر و همکاران ۱۳۹۳). در زمینه‌های دیگر اقتصاد، محققانی که در حوزه‌ی اقتصاد انرژی تحقیق می‌کنند به دنبال کشف یک بردار همجمعی در روابط تقاضای انرژی هستند. ولی در این میان، تکنیک همجمعی توسط عده‌ای از محققان مثل مادالا و کیم (۱۹۹۸) و هانت، جاج و نینومیا (۲۰۰۳a و ۲۰۰۳b) مورد سوال قرار گرفته است. هاروی و شفارد (۱۹۹۳) بیان کردند که اکثر سری‌های زمانی اقتصادی نامانا هستند و هیچ دلیل موجهی وجود ندارد که انتظار داشته باشیم آنها با تفاضل‌گیری مانا شوند. در دهه‌های اخیر، مدل‌های خود توضیحی به طور گسترده توسط اقتصاددانان استفاده شده به این دلیل که برازش کردن آنها آسان است. برای سری‌هایی که مانا هستند برازش یا مدل خودتوضیحی تقریباً روش معقولانه‌ای است ولی وقتی برای مانا شدن یک سری از آن تفاضل‌گیری می‌شود، اغلب برازش یک مدل خودتوضیحی باعث ایجاد مشکل می‌شود چون اگر یک سری شامل جزء روندی باشد که شیب یا سطح آن به آرامی تغییر می‌کند، آنگاه مدل خودتوضیحی مانند ARIMA معکوس ناپذیر می‌شود یعنی

علی‌رغم وجود تعداد زیاد وقفه‌های در نظر گرفته شده در مدل، یک تقریب خودتوضیحی به دست می‌آید (هاروی، ۱۹۹۷). به‌عنوان مثال، مدل‌های روند هموار همگرا از مرتبه دو هستند، یعنی برای مانا شدن باید دومرتبه تفاضل‌گیری شوند. وقتی دو مرتبه تفاضل گرفته شود، این مدل‌ها معکوس ناپذیر می‌شوند و در شرایطی که مدل معکوس ناپذیر باشند آزمون‌های ریشه‌ی واحد نمی‌توانند نشان دهند که فرآیند همگرا از مرتبه‌ی دو است. به همین دلیل اقتصاددانان اغلب عقیده دارند که سری‌های زمانی کلان واقعی همگرا از مرتبه‌ی یک هستند و مدل‌ها را بر همین پایه می‌سازند (هاروی، ۱۹۹۷). تکنیک همجمعی نیز بر پایه‌ی مدل‌های خودتوضیحی بنا شده است، ولی به دلیل این که مدل‌ها تقریب‌های خودتوضیحی ضعیفی را نتیجه می‌دهند، در نتیجه این آزمون‌ها نیز ویژگی‌های آماری ضعیفی از خود نشان می‌دهند چون اجازه می‌دهند سری‌ها با مرتبه دو همگرا شوند، که اگرچه از نظر تکنیکی امکان‌پذیر است ولی در عمل برای کار با سری‌های واقعی موفقیت آمیز نیست، از این رو استفاده از مدل‌های خودتوضیحی محدود است و برای مدل‌سازی سری‌های زمانی اقتصادی مناسب نیستند. به همین دلیل، هاروی (۱۹۹۷) رویکرد همجمعی را به دلیل ویژگی‌های آماری ضعیف آن مورد انتقاد قرار داده و بیان می‌کند که تکنیک همجمعی گمراه‌کننده است. ولی در مدل سری زمانی ساختاری، مانایی سری‌های زمانی نقش اساسی ندارد، بنابراین این رویکرد انعطاف‌پذیری سری‌های زمانی را با تفسیر مستقیم رگرسیون ترکیب می‌کند، که نشان دهنده‌ی آن است که می‌توان از روش شناسی مدلی استفاده کرد که با ادبیات اقتصادسنجی استاندارد سازگار است. (هاروی و شفارد، ۱۹۹۳: هاروی، ۱۹۹۷).

از این رو، یکی از مزایای این روش نسبت به سایر روش‌های سنتی و متعارف سری‌های زمانی نظیر حداقل مربعات معمولی (OLS) این است که در این رهیافت نیازی به ارزیابی آزمون‌های ریشه‌ی واحد در مورد متغیرهای سری زمانی نیست و هیچ ضرورتی در مورد مانایی متغیر در سطح وجود ندارد. لذا در این رهیافت نباید نگران نامانایی متغیر و تفاضل‌گیری متغیرهای سری زمانی بود (فرشتلینگ، ۲۰۰۳). در ادامه مدل سری زمانی ساختاری تشریح می‌شود و روش برآورد این مدل نیز ارائه خواهد شد.



### مدل سری زمانی ساختاری<sup>۱</sup>

مدل سری زمانی ساختاری (STSM) توسط پرفسور هاروی و همکارانش (۱۹۸۹) و (۱۹۹۳) توسعه داده شده است. این مدل سری زمانی را ترکیبی از روند و اجزاء نامنظم<sup>۲</sup> در نظر می‌گیرد. مدل مورد استفاده در این مطالعه، مدل رگرسیونی مرکب از مدل سری زمانی ساختاری که به روند غیر قابل مشاهده در طول زمان اجازه می‌دهد تا به طور تصادفی تغییر نماید، می‌باشد (دیلاور، ۲۰۱۲).<sup>۳</sup>

ساختار کلی این مدل به صورت زیر است:

$$Q_t = \mu_t + z'_t \phi + \varepsilon_t \quad (۸)$$

که در آن،  $Q_t$  متغیر وابسته،  $U_t$  جزء روند،  $Z_t$  بردار  $k * 1$  متغیرهای توضیحی و  $\phi$  بردار  $k * 1$  پارامترهای نامعلوم می‌باشد.  $\varepsilon_t$  جزء تصادفی معادله بوده که مشابه همان پسماندها در رگرسیون موسوم است و حرکات غیر سیستماتیک را منعکس می‌کند و فرض می‌شود که نویز سفید بوده یعنی  $\varepsilon_t \sim \text{NID}(0, \sigma_\varepsilon^2)$  مدل فوق به طور خاص بر تصادفی بودن روند تأکید دارد و متغیرهای توضیحی همان نقش و تفسیری را که در مدل رگرسیونی مرسوم دارند، خواهند داشت. فرض می‌شود که جزء روند  $\mu_t$  دارای فرآیند تصادفی زیر باشد:

$$\mu_t = \mu_{t-1} + \beta_{t-1} + \eta_t \quad (۹)$$

$$\beta_t = \beta_{t-1} + \xi_t \quad (۱۰)$$

که در آن  $\mu_t$  دارای خاصیت وایت نویز سفید  $\varepsilon_t \sim \text{NID}(0, \sigma_\varepsilon^2)$  و  $\eta_t \sim \text{NID}(0, \sigma_\eta^2)$  می‌باشد. رابطه‌های ۹ و ۱۰ به ترتیب بیان کننده‌ی سطح و شیب روند می‌باشند و فرآیند بالا می‌تواند به این صورت بیان شود که روند در یک دوره برابر با روند در یک دوره‌ی قبل به علاوه جزء رشد و برخی تغییرات غیر قابل پیش بینی است که در آن جزء رشد همان شیب است که در طول زمان متغیر می‌باشد (هاروی و شپارد، ۱۹۹۳). در اینجا  $\xi_t$  و  $\eta_t$  نویزهای صدای سفید غیر همبسته با هم هستند که میانگین آنها صفر و واریانس آنها به ترتیب  $\sigma_\xi$  و  $\sigma_\eta$  است. جمله‌ی  $\eta_t$  اجازه می‌دهد که سطح روند بالا و پایین برود در حالی که جمله‌ی  $\xi_t$  به شیب روند اجازه‌ی تغییر می‌دهد.<sup>۴</sup> واریانس‌های

1- Structural Time Series Model.  
2- Irregular  
3- Dilaver  
4- Harvey and Shepard.

$\sigma_{\eta}^2$  و  $\sigma_{\xi}^2$  ابرپارامترها<sup>۱</sup> نامیده می‌شوند<sup>۲</sup> که نقش مهمی در هدایت ماهیت روند و خواص مدل دارند (دیمیتری پولوس، ۲۰۰۴).<sup>۳</sup> جدول ۴ حالت‌های مختلفی که می‌توانند از این فرآیند برآورد شوند را بر طبق این که ارزش ابرپارامترها صفر باشد یا این که شیب و سطح وجود داشته باشد یا نه، نشان می‌دهد.

جدول ۴- طبقه بندی حالت‌های ممکن برای مدل‌های روند تصادفی

شیب \ سطح	سطح ثابت است $Lvl \neq 0$ و $\sigma_{\eta}^2 = 0$	سطح تصادفی است $Lvl \neq 0$ و $\sigma_{\eta}^2 \neq 0$
شیب ثابت است $slp \neq 0$ و $\sigma_{\xi}^2 = 0$	رگرسیون مرسوم با جزء ثابت و روند زمان	مدل سطح نسبی با انتقال
شیب تصادفی است $slp \neq 0$ و $\sigma_{\xi}^2 \neq 0$	مدل روند یکنواخت	مدل روند نسبی

منبع: Harvey (1989), Harvey and Koopman (1992)

در مدل‌های سری زمانی ساختاری، متغیر وابسته‌ی ما تابعی از وقفه‌های خود و متغیرهای توضیحی و وقفه‌های آن‌هاست لذا از این ناحیه شبیه مدل‌های خود رگرسیون با وقفه‌های توضیحی گسترده است. اگرچه ساختار این مدل با ساختار مدل‌های ARDL یکی است اما تفاوتی که مدل‌های ARDL با مدل‌های<sup>۴</sup> STSM دارد در این است که در مدل‌های سری زمانی ساختاری تغییری به نام روند ضمنی که غیر قابل مشاهده است ( $\mu_t$ ) وجود دارد که با روش‌های مرسوم اقتصادسنجی قابل برآورد نیست. از طرفی یکی از اهداف این مقاله نیز برآورد  $\mu_t$  است و یکی از ویژگی‌های این مدل‌ها برآورد متغیرهای غیرقابل مشاهده است. لذا از طریق روش حداکثر راستنمایی و به کارگیری الگوریتم کالمن - فیلتر برآورد می‌شود.

با توجه به مطالب عنوان شده در بالا در ارتباط با روند ضمنی، الگوی تقاضای نفت که در این مقاله به کار رفته به صورت زیر می‌باشد:

$$A(L)D_t = \mu_t + B(L)GDP_t + C(L)P_{max,t} + D(L)P_{cut,t} + F(L)P_{rec,t} + \varepsilon_t(11)$$

#### 1- Hyper Parameters

۲- ابر پارامتر: واریانس مربوط به جملات اخلال در معادلات سطح روند و شیب روند می‌باشد که واریانس سطح روند  $\sigma_{\xi}^2$  و واریانس شیب روند  $\sigma_{\eta}^2$  می‌باشد.

3- Dimitropoulos et al.

4- Structural Time Series Models

$$\mu_t = \mu_{t-1} + \beta_{t-1} + \eta_t \quad (12)$$

$$\beta_t = \beta_{t-1} + \xi_t \quad (13)$$

که در آن  $D_t$  تقاضای سرانه نفت در کشورهای عضو OECD،  $GDP_t$  تولید ناخالص داخلی سرانه،  $P_{max,t}$  سری حداکثر قیمت،  $P_{cut,t}$  سری کاهشی قیمت،  $P_{rect,t}$  سری افزایشی قیمت،  $\mu_t$  روند ضمنی تقاضا و  $\varepsilon_t$  جزء تصادفی معادله می‌باشد. بدین ترتیب،  $\frac{B(L)}{A(L)}$ ،  $\frac{C(L)}{A(L)}$ ،  $\frac{D(L)}{A(L)}$ ،  $\frac{F(L)}{A(L)}$  به ترتیب کشش‌های بلندمدت قیمت حداکثری، قیمت کاهشی، قیمت افزایشی و درآمدی تقاضا می‌باشد. به عبارتی، معادله به صورت مدل خودرگرسیون با وقفه‌ی توزیعی در نظر گرفته شده است. کلیه‌ی متغیرها هم به صورت لگاریتمی در مدل ظاهر شده‌اند. به منظور حصول به کشش‌های کوتاه مدت و بلندمدت تقاضا، از تصریح  $ARDL^1$  برای مدل تقاضای نفت استفاده می‌کنیم که وقفه‌ی بهینه‌ی آن به کمک نرم‌افزار Eviews برآورد شده است.

### روش برآورد مدل‌های سری زمانی ساختاری

با توجه به وجود روند ضمنی، تابع تقاضای نفت (که یک متغیر غیر قابل مشاهده می‌باشد) با روش حداقل مربعات معمولی قابل برآورد نخواهد بود. مدل سری زمانی ساختاری مدلی با جزء غیر قابل مشاهده است، زیرا جزء روند به طور مستقیم قابل مشاهده نمی‌باشد. و در واقع تجزیه‌ی متغیرهای وابسته (تقاضای انرژی) به متغیرهای توضیحی (مثل قیمت/تولید ناخالص داخلی و ...) به علاوه‌ی اجزای روند و جزء نامنظم است. بنابراین اگر معادله‌ی ۸ همراه با معادلات ۹ و ۱۰ در شکل فضا حالت<sup>۲</sup> ذیل، به صورت دو معادله‌ی مجزا (یکی معادله‌ی انتقال و دیگری معادله‌ی اندازه‌گیری) تنظیم شوند، آنگاه الگوریتم کالمن فیلتر می‌تواند یک دسته معادلات بازگشتی تولید کند که برای برآورد پارامترهای نامعلوم از طریق روش‌های حداکثر راستنمایی استفاده می‌شود (جالس، ۲۰۰۹)<sup>۳</sup>. فیلتر کالمن الگوریتم اصلی برای ارزیابی سیستم‌های پویا در فرم فضا - حالت است. این فیلتر شامل گروهی از معادلات ریاضی است که راه حل عطفی بهینه

۱- در الگوهای پویا جهت از بین رفتن تورش ناشی از حجم کم نمونه، وقفه‌هایی از متغیر وابسته در مدل در نظر گرفته می‌شود که هرچه تعداد این وقفه‌ها بیش‌تر باشد ضرایب تورش کم‌تری خواهند داشت. یکی از الگوهایی که در این زمینه به کار می‌رود الگوی خود توضیح با وقفه‌های گسترده‌ی  $ARDL$  می‌باشد.

2- State Space

3- Jalles

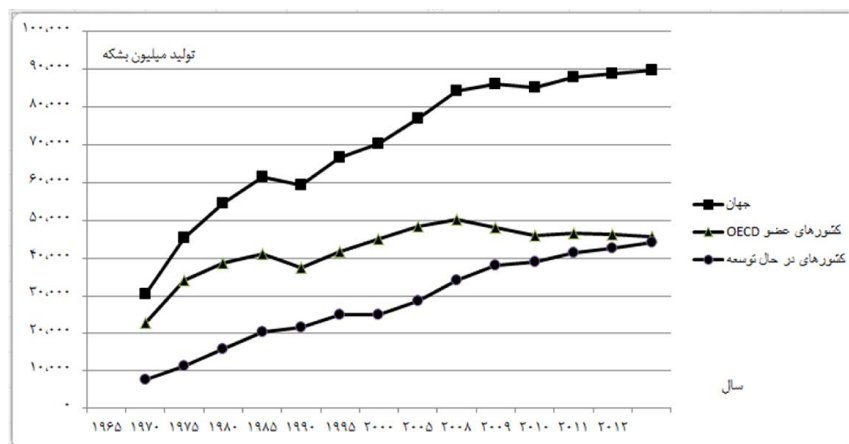
را با به‌کارگیری روش حداقل مربعات یا OLS برای محاسبه‌ی یک برآورد کننده‌ی خطی و بدون تورش و بهینه از حالت سیستم در زمان  $t$  بر مبنای اطلاعات موجود در دوره‌ی  $t-1$  و به روز کردن برآورد کننده با اطلاعات زمان  $t$  استفاده می‌کند (کالمن، ۱۹۶۰).<sup>۱</sup> بدین ترتیب طبق مطالب بیان شده، بسته به این که ابرپارامترها تصادفی باشند یا ثابت، ماهیت‌های متفاوتی از روند به دست خواهد آمد. به منظور انتخاب مناسب‌ترین حالت از طریق آماره‌ی نسبت راستنمایی (LR) به آزمون فرضیه‌ی تصادفی بودن هر دو جزء روند در مقابل حداقل ثابت بودن یکی از آنها اقدام می‌شود. نرم افزار اصلی استفاده شده در این مقاله Oxmetrics می‌باشد که به منظور برآورد تابع تقاضای نفت (بر اساس مدل سری زمانی ساختاری) استفاده خواهد شد (برای برآورد مدل از نرم افزار STAMP 8,10 که بر روی نرم افزار OxMetric 5,1 پیاده می‌شود، استفاده می‌شود). در این بخش مدل تصریح شده در تقاضای نفت آورده می‌شود.

#### ۴- برآورد و تفسیر نتایج

##### داده‌ها و منابع آماری

سری زمانی داده‌های مربوط به تقاضای نفت، در فاصله‌ی سال‌های ۲۰۱۲-۱۹۶۵ به صورت سالانه بوده و از سایت BP تهیه شده است. برای به دست آوردن میزان تقاضای نفت، مصرف نفت (با واحد هزار شبکه در سال) در نظر گرفته شده است. سری زمانی داده‌های مربوط به تولید ناخالص داخلی این دوره به صورت سالانه بر حسب قیمت‌های ثابت سال ۲۰۰۵ (با واحد دلار آمریکا) و از سایت بانک جهانی گردآوری شده است. سری زمانی قیمت نفت هم در فاصله‌ی همین سال از سایت BP و برای نفت شاخص برنت استفاده شده است. این مقاله به تجزیه‌ی قیمت نفت پرداخته است. بدین ترتیب ابتدا از قیمت نفت لگاریتم گرفته و سپس لگاریتم قیمت نفت به سه سری قیمت حداکثر، سری افزایشی و سری کاهش قیمت نفت تجزیه شده است. لازم به ذکر است که از متغیر جمعیت به صورت غیرمستقیم در پژوهش استفاده شده، زیرا متغیرهای مورد نظر در تابع تقاضای نفت به صورت سرانه وارد شده است. داده‌های مربوط به متغیر جمعیت هم از سایت اطلس جهانی به دست آمده است.

نفت از عمده ترین سوخت‌های تجاری جهان است و یک نهاده‌ی اولیه کلیدی برای رشد اقتصادی در کشورهای در حال توسعه محسوب می‌گردد. اکتشافات فراوان نفت در خاورمیانه منجر به حرکت از عرضه‌ی زغال سنگ به نفت شد و باعث کاهش قیمت‌های واقعی انرژی گردید، به طور کلی تقاضای جهانی نفت سریع‌تر از تقاضا برای سایر انرژی‌ها افزایش یافت (دارگی و گتلی، ۲۰۱۰).<sup>۱</sup> روند مصرف نفت طی چند دهه‌ی اخیر دارای نوسانات زیادی در اثر شوک‌های قیمتی نفت بوده است. در زیر مختصری به مصرف و قیمت آن پرداخته می‌شود.

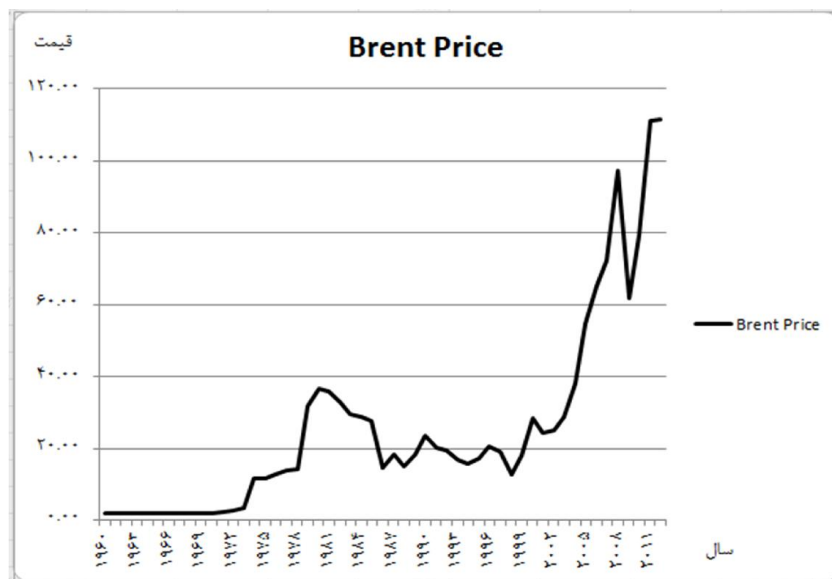


منبع: یافته‌های تحقیق

نمودار ۲- مصرف نفت

میزان مصرف نفت کشورهای عضو OECD در سال ۲۰۱۲، معادل ۴۵۵۸۷ هزار بشکه در روز بود که نسبت به سال ۲۰۱۱ حدود ۱/۳- درصد کاهش یافته است. در سال ۲۰۱۲ حدود ۵۰/۲ درصد از سهم مصرف نفت دنیا به خود اختصاص داده‌اند. کشورهای عضو OECD در این سال ۱۴۰۰ هزار بشکه در روز بیش‌تر از کشورهای غیر OECD مصرف نفت داشته‌اند. در سال ۲۰۱۲ بیش‌ترین مصرف نفت در کشورهای عضو OECD به ترتیب با ۱۸۵۵۵، ۴۷۱۴ و ۲۴۵۸ هزار بشکه در روز مربوط به کشورهای آمریکا، ژاپن و کره‌ی جنوبی بوده است. سهم مصرف نفت این کشورها از کل مصرف دنیا به ترتیب ۱۹/۸، ۵/۳ و ۲/۶ درصد می‌باشد. مصرف نفت کشور آمریکا نسبت به سال

۲۰۱۱، حدود ۲/۳ درصد کاهش داشته ولی مصرف نفت ژاپن ۶/۳ درصد افزایش و کره‌ی جنوبی هم ۲/۵ درصد رشد داشته است.



منبع: یافته‌های تحقیق

نمودار ۳- قیمت نفت

برای نفت شاخص‌های قیمتی متعددی از جمله شاخص West, Brent, Dubai, Texas intermediate و Nigerian Forcadas وجود دارد که با توجه به این‌که پژوهش ما در حوزه‌ی کشورهای عضو OECD می‌باشد، از شاخص برنت استفاده کرده‌ایم. طی دوره‌ی ۱۹۶۵ تا ۲۰۱۲ ما شاهد ۷ تغییر شدید در قیمت‌های نفت بوده‌ایم که به هفت شوک بزرگ نفتی منجر شد. در طی سال‌های ۱۹۷۳-۱۹۷۴ قیمت نفت از بشکه‌ای ۳ دلار به بشکه‌ای حدود ۱۳ دلار رسید. طی سال‌های ۱۹۷۸-۱۹۷۹ قیمت نفت از ۱۴ دلار به ۳۱ دلار رسید. در سال‌های ۱۹۸۶-۱۹۸۵ از ۲۷ دلار به ۱۴ دلار رسید. این دوره‌ای است که کاهش در قیمت نفت رخ داده و منجر به شوک قیمتی نفت شده است. طی سال‌های ۲۰۰۰-۱۹۹۹ از ۱۷ دلار به ۲۸ دلار رسید. در سال‌های ۲۰۰۸-۲۰۰۷ از ۷۲ دلار به ۹۷ دلار رسید و طی سال‌های ۲۰۱۱-۲۰۱۰ قیمت نفت از بشکه‌ای ۷۹ دلار به بشکه‌ای ۱۱۱ دلار رسید. قیمت نفت در سال ۲۰۱۲ نسبت به سال ۲۰۱۱ به‌میزان ۰/۳ درصد رشد داشته و از ۱۱۱/۲۶ به ۱۱۱/۶۷ رسیده است.

### نتایج برآورد

برآورد تابع تقاضای نفت با شروع از کلی ترین حالت STSM یعنی مدل روند نسبی صورت گرفته است. در این نوع مدل، واریانس جزء تصادفی در معادلات سطح و شیب روند یعنی  $\sigma_{\eta}^2$  و  $\sigma_{\xi}^2$  در رابطه‌های ۹ و ۱۰ (که در بخش ۳.۱ آورده شده است) مخالف صفر می‌باشند و لذا روند، هم از لحاظ سطح و هم از نظر شیب تصادفی است. برآورد حالت‌های مختلف تابع تقاضا با در نظر گرفتن تعداد وقفه‌ها و متغیرهای توضیحی گوناگون در مدل روند نسبی، همواره با رد آزمون LR برای قبول تصادفی بودن هر دو سطح و شیب روند در مقابل قیودی که حداقل یکی از اجزاء سطح و یا شیب روند را ثابت و به عبارتی واریانس جزء تصادفی مربوطه یعنی  $\sigma_{\eta}^2$  و  $\sigma_{\xi}^2$  را در رابطه‌های ۹ و ۱۰ معادل صفر فرض می‌کنند، همراه بوده است. یعنی نمی‌توان مدل روند نسبی را به‌عنوان مدل مطلوب برگزید. به عبارت ساده‌تر برای انتخاب بهترین مدل از میان گزینه‌های موجود در جدول ۳ از آماره‌ی نسبت راستنمایی (LR) استفاده می‌کنیم. بر اساس این آماره فرضیه‌ی تصادفی بودن هر دو جزء روند در مقابل ثابت بودن حداقل یکی از آنها آزمون می‌شود. نسبت LR به شکل زیر تعریف می‌شود:

$$LR = \frac{98.742}{135.6995} = 0.7276 \quad (14)$$

$$LR = \frac{\text{Log Likelihood}(\theta_R)}{\text{Log Likelihood}(\theta_{UR})}$$

صورت کسر، مقدار حداکثر راستنمایی حاصل از برآورد تابع تقاضای نفت مقید (قید در آن اعمال شده است) را نشان می‌دهد و مخرج کسر نیز مقدار حداکثر راستنمایی حاصل از برآورد تابع تقاضای نفت غیر مقید را نشان می‌دهد. از آنجا که مقدار حداکثر راستنمایی در حالت مقید عموماً کم‌تر از حالت غیر مقید است، حاصل این کسر کوچک‌تر از یک خواهد شد. به این ترتیب هرچه این نسبت به یک نزدیک‌تر باشد، به این معنی است که قید از اعتبار بیش‌تری برخوردار است، لیکن هرچه این نسبت به سمت صفر میل کند، بدین معناست که قید نامعتبر است (احسانی زنوز، ۱۳۹۰). با توجه به آزمون نسبت راستنمایی و بر اساس حالت‌های مختلف برآورد تابع تقاضا، مناسب ترین حالت برای ابرپارامترها ثابت بودن سطح روند و تصادفی بودن شیب آن تشخیص داده شد. نتایج مدل برآورد شده در جدول ۵ آورده شده است.

جدول ۵- نتایج تابع تقاضای نفت برآورد شده برای کشورهای عضو OECD

متغیرهای توضیحی	ضرایب برآورد شده	سطح احتمال معنی داری
لگاریتم تولید ناخالص داخلی سرانه واقعی (LRGP)	۰/۴۶	۳/۴۶
لگاریتم تولید ناخالص داخلی سرانه واقعی با وقفه (LRGP(-1))	۰/۱۷	۲/۹۲
لگاریتم سری ماکزیمم قیمت نفت واقعی (LROPmax)	-۰/۲۸	-۳/۲۸
لگاریتم سری ماکزیمم قیمت نفت واقعی با وقفه (LROPmax(-1))	-۰/۲۳	-۵/۱۶
لگاریتم سری افزایشی قیمت نفت واقعی (LROPrec)	-۰/۲۷	-۳/۰۷
لگاریتم سری افزایشی قیمت نفت واقعی با وقفه (LROPrec(-1))	-۰/۲۱	-۲/۱۴
لگاریتم سری کاهشی قیمت نفت واقعی (LROPcut)	-۰/۱۵	-۲/۰۸
لگاریتم سری کاهشی قیمت نفت واقعی با وقفه (LROPcut(-1))	۰/۱۱	۲/۲۹
لگاریتم تقاضای سرانه‌ی واقعی با وقفه (LRDP(-1))	۰/۶۹	۵/۴۹
متغیر دامی (Dum)	۰/۰۸	۳/۱۸

منبع: خروجی نرم افزار Oxmetrics, Stamp

جدول ۶- ابرپارامترها

اجزاء	واریانس	مقدار برآورد شده
سطح	۰/۰۰۰۰۰	۳/۸۴
شیب	۰/۰۰۰۲۲۳	-۰/۰۰۵۸۷
جزء نامنظم	۱/۰۰۰۰۰	-
ماهیتروند	روندهمواروغیرخطی	

منبع: یافته‌های تحقیق

ضرایب کلیه‌ی متغیرهای توضیحی وارد شده در مدل در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار هستند. از آنجایی که مدل لگاریتمی است، ضرایب برآورد شده بیانگر کشش کوتاه‌مدت تقاضای نفت نسبت به متغیرهای مستقل مدل می‌باشد. بنابراین ضریب متغیر تولید ناخالص داخلی نشان دهنده‌ی آن است که اگر این متغیر یک درصد افزایش یابد میزان تقاضای نفت ۰/۴۶ درصد در همان دوره افزایش خواهد یافت و در



دوره‌ی بعد تقاضا به میزان ۰/۱۷ درصد افزایش می‌یابد. ضریب این متغیر در حقیقت نمایانگر کشش درآمدی کوتاه مدت تقاضای نفت می‌باشد. علاوه بر این ضریب متغیر قیمت نفت در راستای تحقق اهداف این مقاله به سه جزء قیمت‌های حداکثری، افزایش و کاهش تجزیه شده است که این امر امکان تحلیل دقیق‌تر آثار تغییرات قیمت نفت بر میزان تقاضای نفت را فراهم می‌آورد. ضریب متغیر قیمت حداکثری نشان می‌دهد افزایش یک درصدی این متغیر باعث کاهش ۰/۲۸ درصدی تقاضا در دوره‌ی اول و ۰/۲۳ درصد در دوره‌ی بعد می‌شود. این امر در مورد قیمت بهبود یا همان قیمت‌های افزایش نفت نیز صادق است بدین صورت که افزایش یک درصدی این متغیر در دوره‌ی اول ۰/۲۷ درصد و در دوره‌ی دوم ۰/۲۱ درصد تقاضای نفت را کاهش می‌دهد. این درحالی است که کاهش یک درصدی قیمت نفت در دوره‌ی اول ۰/۱۵ درصد و در دوره‌ی دوم ۰/۱۱ درصد تقاضا را افزایش می‌دهد. این امر در حقیقت حاکی از نامتقارن بودن آثار افزایش و کاهش قیمت نفت بر تقاضای این کالا است؛ به‌گونه‌ای که افزایش تقاضای ناشی از کاهش قیمت نفت تقریباً معادل نیمی از کاهش تقاضای ناشی از افزایش مقدار مساوی در قیمت نفت است که خود تأییدی بر نظریه برگشت‌ناپذیری تقاضاست. افزایش قیمت نفت بر تقاضای آن عمدتاً در بلندمدت از طریق بهبود کارایی تجهیزات کارخانه‌ای و وسایل نقلیه و جایگزینی آنها با تجهیزات کارا تر تأثیرگذار است. با توجه به این که ارتقاء کارایی دستگاه‌ها و تجهیزات غیرقابل بازگشت است، واکنش تقاضا به هنگام کاهش قیمت نفت نمی‌تواند به میزان افزایش قیمت آن باشد، بدین مفهوم که افزایش قیمت‌های نفت آثار بیش‌تری بر کاهش تقاضا در مقایسه با کاهش قیمت به همان میزان بر مقدار تقاضا دارد. در همین راستا جهت حصول اطمینان از نابرابری ضرایب متغیرهای سری‌های زمانی بهبود قیمت نفت و کاهش آن از آزمون  $t$  استفاده شده است. مقدار آماره‌ی  $t$  با فرضیه‌ی برابری ضرایب متغیرهای سری قیمت افزایش و کاهشی برابر  $۷/۲۲-$  به دست آمده و هم‌چنین مقدار این آماره برای وقفه‌های اول دو متغیر فوق‌الذکر معادل  $۴/۴۰-$  حاصل شده است. بنابراین، نه تنها ضرایب خود متغیرها با یکدیگر نامتقارن است، بلکه ضرایب وقفه‌های آنها نیز با یکدیگر به‌طور معناداری تفاوت دارند. لذا اثر بازگشت‌ناپذیر قیمت نفت بر تقاضا به لحاظ آماری نیز مورد تأیید قرار گرفته شده است. کشش‌های قیمتی و درآمدی تقاضای نفت در بلندمدت بیش‌تر از کوتاه‌مدت بوده است، به‌گونه‌ای که کشش درآمدی کوتاه‌مدت در همان دوره و دوره‌ی قبل به ترتیب برابر  $۰/۴۶$  و  $۰/۱۷$  درصد بوده حال آن‌که کشش

درآمدی بلندمدت آن برابر ۲/۰۳۲ است. بدین مفهوم که اگر در کوتاه‌مدت سطح تولید ناخالص داخلی یک درصد افزایش یابد، این اثر در بلندمدت موجب افزایش ۲/۰۳۲ درصد تقاضای نفت خواهد شد. این در حالی است که کشش‌های بلندمدت قیمت‌های حداکثری، افزایشی و کاهش‌ی نفت به ترتیب برابر ۱/۶۴۵، -۱/۵۴۸ و ۰/۸۳۹- بوده که همانند کشش‌های کوتاه‌مدت این متغیر حاکی از وجود اثرات بازگشت ناپذیر یا رابطه‌ی نامتقارن میان قیمت نفت و میزان تقاضا بوده است. به طوری که با افزایش یک درصدی قیمت نفت در بلندمدت میزان تقاضا ۱/۵۴۸ کاهش خواهد یافت در حالی که با کاهش یک درصدی قیمت نفت میزان تقاضا در بلندمدت ۰/۸۳۹ درصد افزایش خواهد یافت؛ زیرا هزینه‌های بهبود کارایی که به هنگام افزایش قیمت نفت صورت می‌پذیرند، در زمان کاهش قیمت نفت بازگشت ناپذیرند، بنابراین میزان تقاضا به همان نسبت افزایش نمی‌یابد. به منظور انجام آزمون عدم تقارن از آزمون والد<sup>۱</sup> نیز استفاده شده است. این آزمون حاکی از تفاوت معنی‌دار ضرایب قیمت‌های سه گانه در مدل است. با استفاده از این آزمون فرضیه‌ی برابری ضرایب قیمت‌های حداکثری با سری قیمت‌های دیگر مورد سنجش قرار گرفت و این فرض رد شد. نتایج حاصل از آزمون والد به منظور بررسی عدم تقارن نشان داد که با توجه به مقدار آماره‌ی کی دو به دست آمده به میزان ۴/۷۸، فرضیه‌ی صفر مبنی بر برابری ضرایب قیمت‌ها رد شده و بنابراین اثرات تغییرات قیمت نفت بر روی تقاضای آن نامتقارن می‌باشد.

در جداول ۷ و ۸، بررسی آزمون‌های برازش مدل نشان می‌دهد که متغیرهای توضیحی وارد شده در توابع تقاضای نفت ۹۳ درصد از تغییرات متغیر وابسته را توضیح می‌دهند. هم‌چنین بررسی آزمون‌های تشخیصی در این معادله نشان می‌دهد که هیچ‌گونه مشکل خود همبستگی وجود ندارد هم‌چنین نشانه‌ای از غیرنرمال بودن و یا ناهمسانی در پسماندها و یا خودهمبستگی سریالی وجود ندارد به عبارت دیگر اجزاء پسماند از هیچ نوع الگوی سیستماتیکی تبعیت نمی‌کنند و روندی کاملاً تصادفی دارند. با توجه به آماره‌ی بومن - شنتون نشانه‌ای از غیر نرمال بودن پسماندها در مدل وجود ندارد. این آماره ترکیبی از معیارهای کشیدگی و چولگی و دارای توزیع کای دو با درجه‌ی آزادی ۲ است. علاوه بر آزمون‌های انجام شده، به بررسی پایداری ضرایب با

۱- آزمون والد معنی‌دار بودن متغیرهای وارد شده در معادله‌ی رگرسیون را بررسی می‌کند و قابل مقایسه با آماره‌ی  $F$  در رگرسیون معمولی می‌باشد.

کمک آزمون CUSUM پرداخته شده است. نتیجه بدین صورت بوده که ضرایب رگرسیون پایدار بوده است. این امر نشان دهنده آن است که متغیرها به خوبی در مدل لحاظ شده‌اند و در نتیجه متغیر مجازی نیز موجب از بین رفتن شکست ساختاری در مدل گشته و همچنین پسماندهای مدل نیز بر این اساس نرمال هستند.

جدول ۷- نتایج آسبب شناسی مدل

معیارهای خوبی برازش	
مقدار محاسباتی	معیار
۰/۰۰۰۴۱	p.e.v
۰/۹۳	$R^2$
۰/۷۰	$\bar{R}^2$
آزمون‌های تشخیصی باقیمانده‌های مدل	
مقدار محاسباتی	آزمون
۰/۲۱	$H(11)^1$
۱/۹۱	$DW^2$
۰/۰۳۹	$r(1)^3$
۱/۵۱(۰/۵۶۱)	Ljung-Box(3) <sup>۴</sup>

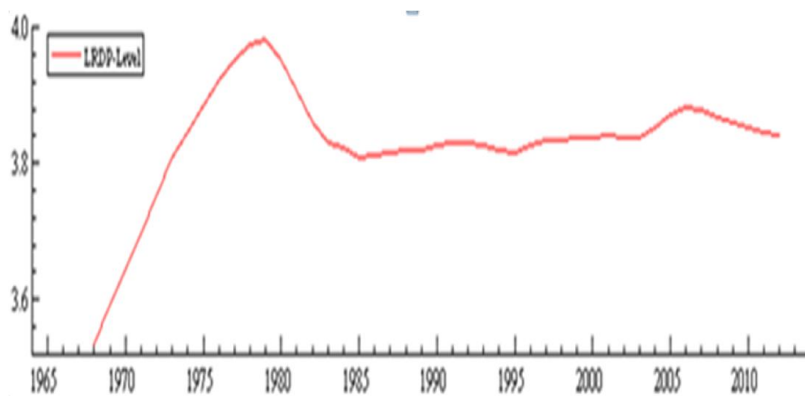
منبع: خروجی نرم افزار Oxmetrics,Stamp

جدول ۸- آزمون‌های نرمال بودن باقیمانده‌های مدل

مقدار محاسباتی	مقدار محاسباتی	مقدار محاسباتی	مقدار محاسباتی	مقدار محاسباتی
سماندهای اصلی	پسماندهای شیب	پسماندهای سطح	پسماندهای نامنظم	معیار
۱/۳۴(۰/۲۴۵)	۰/۶۱۹(۰/۴۵۷)	۰/۹۳۷(۰/۳۳۳)	۰/۴۷۳(۰/۴۹۲)	چولگی
۱/۶۱(۰/۲۰۵)	۰/۰۸۲(۰/۶۳۵)	۰/۰۶۵(۰/۷۹۹)	۰/۰۲۲(۰/۸۸۲)	کشیدگی
۲/۹۵۴(۰/۲۲۸)	۱/۴۴۲(۰/۵۷۳)	۱/۰۰۲(۰/۶۰۶)	۰/۴۹۵(۰/۷۸۱)	Bowman-Shenton

منبع: خروجی نرم افزار Oxmetrics,Stamp

۱-  $H(11)$  آماره‌ی آزمون ناهمسانی است. این آماره به طور تقریبی دارای توزیع  $F(9,9)$  می‌باشد.۲-  $DW$  آماره‌ی آزمون دوربین - واتسون برای خودهمبستگی مرتبه‌ی اول است.۳-  $t(1)$  ضریب خودهمبستگی سریالی وقفه‌ی اول می‌باشد.۴- Ljung-Box(3) بر اساس آماره‌ی  $Q$  و با توجه به توزیع کای دو آزمون می‌شود.



منبع: خروجی نرم افزار Oxmetrics, Stamp

نمودار ۴- روند ضمنی تخمین زده شده برای تقاضای نفت کشورهای عضو OECD

ماهیت روند ضمنی در تابع تقاضای نفت از نوع روند هموار و غیرخطیاست. نمودار ۴ روند را طی سال‌های ۲۰۱۲-۱۹۶۵ نشان می‌دهد، که روند متغیر دارای روندی هموار و غیرخطی است؛ زیرا تقاضای نفت از سال ۱۹۶۸ تا ۱۹۷۹ سطح روندی افزایشی با نرخ کاهنده (شیب نزولی) و از سال ۱۹۷۹ تا سال ۱۹۸۵ سطح روندی نزولی با نرخ فزاینده (شیب افزایشی) داشته است. از سال ۱۹۸۵ تا سال ۲۰۰۳ اگرچه تحولات مهمی در بازارهای جهانی نفت رخ داده اما تقاضای آن دارای سطح روندی تقریباً ثابت بوده و شیب روند نیز بر همین اساس دارای نوسانات اندکی حول میانگین صفر داشته است. با بررسی نمودار متغیر روند نیز می‌توان دریافت تنها دوره‌ای که تابع تقاضا به شدت تغییر یافته، دوره‌ی ۱۹۷۹ تا ۱۹۸۶ می‌باشد (که علت آن در سه عامل اساسی کاهش ۱۰ درصدی صادرات کلی طی سه الی چهار ماه به دنبال انقلاب اسلامی ایران، کاهش ۱۰ درصدی صادرات کلی به دنبال جنگ ایران و عراق و افزایش شدید قیمت نفت در بازه‌ی زمانی مذکور می‌باشد) به همین دلیل متغیر dum به‌عنوان متغیر مجازی برای دوره‌ی زمانی ۱۹۸۶-۱۹۷۹ در مدل رگرسیونی تحقیق وارد شده و تغییرات سایر دوره‌ها قابل مدل‌سازی بدون متغیر دامی بوده‌اند.

##### ۵- نتیجه‌گیری و پیشنهادات

در این مقاله تلاش شد تا مطلوبترین تخمین کشش‌های قیمتی و درآمدی تقاضای نفت با معرفی نقش روند ضمنی، تقاضای نفت و به کارگیری روش مناسب برای

مدل سازی آن ارائه شود. هم‌چنین فرضیه‌ی بازگشت ناپذیری کامل تقاضای نفت نسبت به تغییرات قیمت آن که موجب عدم تقارن عکس العمل مصرف‌کنندگان در مواجهه با تغییرات قیمت نفت می‌شود که برای یکی از مناطق مهم اقتصادی از نظر تقاضا برای نفتی‌عنی مجموعه‌ی کشورهای توسعه یافته (کشورهای عضو OECD) مورد آزمون قرار گرفت. گفته شد که به غیر از کارایی تکنیکی عوامل دیگری مانند ترجیحات مصرف‌کنندگان و عوامل غیر اقتصادی مختلفی نظیر تغییرات اجتماعی، جمعیتی و جغرافیایی نیز بر تابع تقاضای نفت اثر می‌گذارند که این عوامل معمولاً غیر قابل مشاهده بوده و یا اندازه‌گیری آنها مشکل است. بنابراین، در اینجا مفهوم روند ضمنی مطرح شده است. نادیده گرفتن روند ضمنی و یا عدم مدل سازی صحیح آن در مدل باعث تورش دار شدن مدل می‌شود. برای مدل سازی صحیح تقاضای نفت با در نظر گرفتن روند ضمنی، مطلوب ترین متدولوژی مدل سری زمانی ساختاری (STSM) می‌باشد. بدین ترتیب تابع تقاضا با استفاده از داده‌های سری زمانی سالانه‌ی ۲۰۱۲-۱۹۶۵ در قالب مدل سری زمانی ساختاری و معادله‌ی خودرگرسیون با وقفه‌ی توزیعی تخمین زده شده است. در معادله‌ی تخمین زده شده تقاضای سرانه‌ی نفت تابعی از سه سری قیمت حداکثری، افزایش و کاهش قیمت نفت، با وقفه‌ی یک سه سری قیمت حداکثری، افزایش و کاهش قیمت نفت، تولید ناخالص داخلی سرانه، با وقفه‌ی یک تولید ناخالص داخلی سرانه، و یک وقفه‌ی تقاضای سرانه‌ی نفت می‌باشد. نتایج به دست آمده از این جهت قابل توجه است که تجزیه‌ی قیمت نفت نمی‌تواند برآورد کاملی از اثر قیمت نفت بر تقاضا در کشورهای عضو OECD نبوده است. زیرا ضریب کشش قیمتی در الگوهایی که در آنها فقط قیمت مشاهده شده‌ی نفت، بدون تجزیه‌ی آن به اجزای مورد بحث در مقاله، ملاک قرار می‌گیرد، معمولاً به لحاظ آماری معنی دار نبوده و یا قدر مطلق آن بسیار نزدیک به صفر است. با تخمین تابع تقاضای نفت و مشاهده‌ی نتایج حاصله ضمن تأیید فرضیه‌ی برگشت ناپذیری کامل اثرات قیمتی، متفاوت بودن تأثیر قیمت حداکثری با اثر قیمت کاهنده و یا قیمت فزاینده اما کم‌تر از حداکثری مشخص شده است. در این مقاله به دلیل تجزیه‌ی قیمت نفت و داشتن سه متغیر قیمتی، طبیعتاً سه کشش قیمتی تقاضا هم وجود دارد. کشش قیمتی کوتاه مدت سه سری قیمت حداکثر، افزایش و کاهش قیمت نفت به ترتیب ۰/۲۸، ۰/۲۷ و ۰/۱۵ و در بلندمدت به ترتیب ۱/۶۴، ۱/۵۴ و ۰/۸۳ می‌باشد. ارقام این کشش نشان دهنده‌ی ایناست که تقاضا نسبت به قیمت در کوتاه مدت بی‌کشش و در بلندمدت به‌ازای دو سری باکشش است و مقدار آنها در

بلندمدت بیش‌تر می‌باشد. کشش درآمدی (در این مقاله ضریب تولید ناخالص داخلی سرانه نمایانگر کشش درآمدی است) در کوتاه مدت و بلندمدت به ترتیب ۰/۴۶ و ۲/۰۳ به دست آمده است که نشان می‌دهد تقاضا نسبت به درآمد در کوتاه مدت بی‌کشش اما در بلندمدت باکشش می‌باشد و مقدار آنها در بلندمدت بیش‌تر است. روند ضمنی در معادله‌ی تقاضا غیرخطی و ماهیت آن هم به صورت هموار می‌باشد. روند مزبور بین سال‌های ۱۹۷۹ - ۱۹۶۸ افزایشی بوده و در این دوران شدت مصرف انرژی عمدتاً در حال افزایش بوده است این روند بین سال‌های ۱۹۸۵ - ۱۹۷۹ نزولی بوده که علت آن را می‌توان نتیجه‌ی شوک‌های نفتی این دوران مانند انقلاب ایران دانست. در سال‌های ۲۰۰۳ - ۱۹۸۵ با وجود تحولات مهمی (همانند حادثه‌ی یازدهم سپتامبر ۲۰۰۱) که در بازار جهانی نفت رخ داد، تقاضای نفت دارای سطح روند تقریباً ثابتی بوده است. سپس بین سال‌های ۲۰۰۷ - ۲۰۰۳ سطح روند، افزایشی بوده و در نهایت بعد از سال ۲۰۰۷ به دلیل شوک‌هایی مانند بحران مالی آمریکا (۲۰۰۹ - ۲۰۰۸) تقاضا سطح روند نزولی دارد.

همان‌طور که در چند سال اخیر مشاهده شده قیمت نفت از بشکه‌ای ۷۹ دلار در سال ۲۰۱۰ به بشکه‌ای ۱۱۱ دلار در سال ۲۰۱۱ رسید و سپس از سال ۲۰۱۳ به بعد با کاهش ناگهانی مواجه شد و از بشکه‌ای ۱۰۸ دلار به بشکه‌ای کم‌تر از ۷۰ دلار رسید (بی‌پی، ۲۰۱۴). با وجود این کاهش محسوس در قیمت نفت، روند تقاضای نفت سیر صعودی چندانی را طی نکرد. تقاضای جهانی نفت در سال ۲۰۱۳، نسبت به سال ۲۰۱۲ تنها به میزان ۱/۴ درصد رشد داشته ولی در کشورهای عضو OECD ۰/۴- درصد کاهش داشته است (بی‌پی، ۲۰۱۴). دلایل عدم افزایش تقاضا در این دوره شامل وضعیت نا به سامان اقتصاد جهانی، افزایش کارایی از طریق بهبود تکنولوژی، استفاده بیش‌تر از منابع داخلی نفت در ایالات متحده آمریکا و استفاده از سایر سوخت‌ها توسط مصرف‌کنندگان است. کاهش قیمت نفت، اثرات بسیار عمیقی بر کشورهای صادرکننده نفت که وابستگی زیادی به درآمد نفت دارند، گذاشته است. کاهش ۴ درصدی قیمت نفت خام در ۵ ماه اخیر درآمد تولیدکنندگان نفتی دنیا را ۱/۵ تریلیون دلار کاهش داد و به دنبال کاهش درآمد، این کشورها مجبور به کاهش مخارج خود شدند. برای کشورهای واردکننده نفت مانند آمریکا، اروپا و ژاپن کاهش قیمت نفت اتفاقی خوشایند است. گرچه آن‌ها هم‌چنان درصدد تشویق مصرف‌کنندگان داخلی جوامع‌شان برای مصرف درست و بهینه هستند. به‌منظور افزایش قیمت نفت، فقط

کشورهایی همانند امارات متحده‌ی عربی، عربستان و کویت می‌توانند فروش خود را کم کنند تا قیمت نفت بالا رود اما سایر صادرکنندگان که وابستگی زیادی به درآمد نفتی دارند قادر به این کار نیستند. تأثیر تداوم کاهش قیمت نفت بر شرایط اقتصادی نسبت به حالت موقت خیلی بیش‌تر است زیرا سرمایه‌گذاران و مصرف‌کنندگان به شرایط دائم واکنش بیش‌تری نشان می‌دهند. تأثیر کاهش قیمت بر روی پیشرفت اقتصادی تنها به موقت یا دائمی بودن آن وابسته نیست بلکه به دلایل این کاهش نیز مربوط می‌شود. به‌عنوان مثال، اگر کاهش قیمت به دلیل کاهش تقاضا باشد تأثیرات آن با حالتی که کاهش قیمت به دلیل افزایش عرضه باشد بسیار متفاوت است. هم‌چنین اثرات این کاهش قیمت به شرایط داخلی کشورها بستگی دارد و این‌که چگونه با این کاهش قیمت از لحاظ مالی و سیاست‌گذاری برخورد کنند.<sup>۱</sup>

کاهش قیمت نفت به طور کلی باعث پیشرفت اقتصاد جهانی می‌شود اگرچه همان‌طور که گفته شد تغییرات از کشوری به کشور دیگر متفاوت است اما همبستگی‌های تاریخی نشان می‌دهد که اگر کاهش قیمت در همین سطح باقی بماند احتمال افزایش تقریباً یک درصدی تولید ناخالص داخلی وجود دارد.<sup>۲</sup>

### پیشنهادات سیاستی

باید توجه داشت که نفت مهم‌ترین منبع انرژی است که هنوز بیش‌ترین سطح مصرف را به خود اختصاص داده است. طبق پیش‌بینی‌های آژانس بین‌المللی انرژی، تا سال ۲۰۲۰ مصرف نفت هم‌چنان از دیگر حامل‌های انرژی بیش‌تر خواهد بود. یکی از دلایل بی‌کشش بودن تقاضا نسبت به قیمت می‌تواند اهمیت بالای نفت در بین حامل‌های انرژی باشد که باعث می‌شود افزایش قیمت نفت اثر بالایی بر کاهش مصرف نداشته باشد. از طرف دیگر سیاست افزایش قیمت نفت در بلندمدت هم منجر به پیشرفت تکنولوژی و استفاده‌ی کاراتر از وسایل انرژی‌بر می‌شود و هم بر کاهش مصرف نفت اثر می‌گذارد و این مسئله خود باعث کاهش واردات و کاهش آلودگی محیط زیست در کشورهای عضو OECD می‌شود. بنابراین با توجه به روند فزاینده‌ی تقاضای نفت و نیاز به کنترل و کاهش آن به دلیل آثار منفی و مصرف بالای آن، سیاست افزایش قیمت

1- Monetary Policy Report, February 2015. ([www.riksbank.se/en/](http://www.riksbank.se/en/))

2- Based on Calculation in World Bank (2015), "Global Economic Perspectives Having Space and Using it". A World Bank Group Flagship Report, January 2015.

نفت به مقدار واقعی آن به صورت تدریجی توصیه می‌شود و هم‌چنین به کارگیری سیاست غیرقیمتی که می‌تواند به صورت استفاده از تکنولوژی‌های جدیدتر در کارخانه‌ها و منابعی با کارایی بالاتر و یا استفاده‌ی بیش‌تر از انرژی‌های جایگزین با آلاینده‌ی کم‌تر اعمال گردد.

### فهرست منابع

- آماده، حمید و مهرگان، نادر و حقانی، محمود و حداد، میثم (۱۳۹۳)، "برآورد مدل ساختاری تقاضای برق در بخش کشاورزی با استفاده از مفهوم روند ضمنی و الگوریتم کالمن-فیلتر"، فصلنامه‌ی مطالعات اقتصاد انرژی، جلد ۱۰، شماره‌ی ۴۲، صفحه‌ی ۱۲۴-۱۲۰.
- آماده، حمید و مهرگان، نادر و حقانی، محمود و حداد، میثم (۱۳۹۲)، "برآورد تابع تقاضای نفت گاز در بخش کشاورزی ایران با رویکرد سری زمانی ساختاری"، فصلنامه‌ی پژوهشنامه‌ی اقتصادی، شماره‌ی ۵۱، صفحه‌ی ۶۷-۶۳.
- آماده، حمید (۱۳۹۲)، "تحلیل اقتصاد سنجی تقاضای نفت گاز در زیر بخش حمل و نقل جاده‌ای - مقایسه‌ی رهیافت هم‌انباشتگی و STSM"، فصلنامه‌ی مطالعات اقتصاد انرژی، جلد ۹، شماره‌ی ۳۹، صفحه‌ی ۶۴-۶۲.
- احسانی زوز، اعظم (۱۳۹۲)، "بررسی تأثیر توسعه‌ی مالی بر اشتغال بخش صنعت"، پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد، دانشگاه الزهراء، صفحه‌ی ۱۰۴-۸۷.
- التجائی، ابراهیم و افضل، محمد ارباب (۱۳۹۳)، "بررسی تأثیرات نامتقارن شوک‌های قیمت نفت بر متغیرهای کلان اقتصادی ایران"، پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی، سال اول، شماره‌ی ۱، صفحه‌ی ۵.
- صداقت، هانیه (۱۳۹۲)، "برآورد مدل ساختاری تقاضای گاز طبیعی در بخش خانگی ایران". پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد، دانشگاه الزهراء، صفحه‌ی ۷۹-۷۰.
- شیرانی فخر، زهره و خوش اخلاق، رحمان و شریفی، علی مراد (۱۳۹۳)، "تخمین تابع تقاضای گاز طبیعی بخش صنعت ایران با استفاده از مدل سری زمانی ساختاری"، فصلنامه‌ی علمی-پژوهشی مطالعات اقتصادی کاربردی ایران، سال سوم، شماره‌ی ۱۱، صفحه‌ی ۱۳۸-۱۳۶.



مشهدی رجبی، مونا (۱۳۹۲)، "برآورد اثر بازگشتی بهبود تکنولوژی در بخش صنعت ایران"، پایان نامه‌ی کارشناسی ارشد، دانشگاه الزهراء، صفحه‌ی ۱۲۰-۱۱۲.

موسوی، میرحسین و صفرزاده، قادر (۱۳۹۳)، "تأثیرسیاست‌های زیست محیطی بر ارزش افزوده‌ی بخش حمل و نقل"، فصلنامه‌ی مدل‌سازی اقتصادی، سال هشتم، شماره‌ی ۱، صفحه‌ی ۲۶-۲۲.

مهرگان، نادر و سلمانی، یونس (۱۳۹۳)، "نوسانات قیمتی نفت و رشد پایدار اقتصادی"، فصلنامه‌ی علمی- پژوهشی مطالعات اقتصادی کاربردی ایران، سال سوم، شماره‌ی ۱۰، صفحه‌ی ۱۱۸-۱۱۷.

Aliyu Bards Abdullahi, (2014), "Modeling Petroleum Product Demand in Nigeria Using Structural Time Series Model (STSM) Approach", International Journal of Energy Economics and Policy, Vol4, No3, 430-433.

Ana Maria Herrera, Latika Lagalo and Tatsuma Weda, (2013), "Asymmetries in the Oil Price- Industrial Production Relationship? Evidence from 18 OECD Countries", Wayne State University.

Arezki, R. and O. Blanchard, (2014), "Seven Questions about the Recent Oil Price Slump.", IMFdirect - The IMF Blog, December 22, 2014.

BP Statistical Review of World Energy 2014.

Fabrizio Venditti, (2013), "From Oil to Consumer Energy Prices: How much Asymmetry along the Way", Energy Economics Magazine, 3-4.

Ismael Achah, (2014), "Modeling Gasoline Demand in Chana: A Structural Time Series Approach", International Journal of Energy Economics and Policy, Vol 4, No1, 78-80.

James Hamilton, (2014a), "Oil prices as an indicator of global economic conditions.", Econbrowser Blog entry, December 14, 2014, available at <http://econbrowser.com/archives/2014/12/oil-prices-as-an-indicator-of-global-economicconditions>.

Lutz Kilian, (2014), "Oil Price Shocks: Causes and Consequences." Annual Review of Resource Economics, Annual Reviews, Vol. 6, 1-11.

Olivier J. Blanchard and Marianna Raggi, (2013), "Why are the 2000s so different from the 1970s? A structural interpretation of changes in the macroeconomic effects of oil prices." Journal of the European Economic Association, Vol. 11, 378-383.

---

Paul Cashin, Kamiar Mohaddes, Maziar Raissi, Mehdi Raissi, (2014), “*The differential effects of oil demand and supply shocks on the global economy.*” ,Energy Economics Magazine 44, 30-33.

Ron Alquist, Lutz Kilian and Robert J. Vigfusson, (2013), “*Forecasting the Price of Oil*”, Handbook of Economic Forecasting, 2, Amsterdam, 9-12.

Soojin Jo, (2013), “*The Effect of Oil Price Uncertainty on Global Real Economic Activity*”, Journal of Money, Credit and Banking, 15-17.

Zeina Alsalman and Ana Maria Herrera, (2013), “*Oil Price Shocks and the U.S. Stock Market: Do Sign and Size Matter?*” Mimeo, University of Kentucky, 2-6.