پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران
سال پنجم، شماره ۱۷، زمستان ۱۳۹۴، صفحات ۹۸-۶۷

نقش قیمت در اثرگذاری غیرخطی عوامل مؤثر بر شدت انرژی در ایران

زهرا عزیزی[۱]
علی فریدزاد[۲]
مرتضی خورسندی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۲/۲۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۲/۲۳

چکیده:
شدت انرژی از جمله شاخص‌های مهم و مورد توجه در اقتصاد انرژی است. در ایران با توجه به فراوانی منابع انرژی، متأسفانه از این منابع به درستی استفاده نشده و بنابراین شدت انرژی به نسبت دیگر کشورها بسیار بالاست. از این رو در این مقاله با استفاده از یک روش رگرسیون غیر خطی به بررسی عوامل مؤثر بر شدت انرژی در ایران طی دوره ۱۳۵۷-۱۳۹۲ پرداخته ایم. نتایج حاکی از وجود دو رژیم حدی برای اثرگذاری متغیرهای تحت بررسی با در نظر گرفتن قیمت نسبی انرژی به عنوان متغیر انتقال با حد آستانه ای ۱/۵۸ می‌باشد. نرخ شهرنشینی و سهم صنعت از تولیدناخالص داخلی باعث افزایش شدت انرژی در ایران شده اند و سطح تکنولوژی و قیمت نسبی انرژی دارای اثر منفی بوده اند. میزان اثرگذاری قیمت نسبی انرژی در رژیم قیمت بالا تشدید شده و میزان اثرگذاری سهم صنعت و سطح تکنولوژی در این رژیم تقلیل یافته است. این نتایج بیانگر نقش مهم رژیم قیمتی در مسئله شدت انرژی در ایران بوده و سیاستگزاران را به جلوگیری از کاهش قیمت نسبی انرژی درسالهای پس از اجرای طرح هدفمندی یارانه ها رهنمون می‌سازد.

واژگان کلیدی: شدت انرژی، رژیم قیمتی، رگرسیون انتقال ملایم
طبقه‌بندی JEL: C13,Q43,Q41

---

۱. استادیار گروه اقتصاد، دانشکده علوم اجتماعی و اقتصادی، دانشگاه الزهراء(س) - نویسنده مسئول
Email: zazizi61@yahoo.com
۲. استادیار گروه اقتصاد انرژی، دانشکده اقتصاد، دانشگاه علامه طباطبائی
Email: ali.faridzad@atu.ac.ir
۳. استادیار گروه اقتصاد انرژی، دانشکده اقتصاد، دانشگاه علامه طباطبائی
Email: mkhorsandi57@yahoo.com

۱. مقدمه

انرژی یکی از اساسی ترین عوامل تولید و همچنین نهاده‌ای مهم در امر توسعه کشورها به شمار می آید. تأمین امنیت عرضه انرژی در دنیا از مسائل استراتژیک پیش روی تمامی دولت‌ها است که باید به آن توجه ویژه داشت. از سوی دیگر رابطه تنگاتنگ انرژی و محیط زیست، و مشکلات متعددی که از آلودگی ناشی از مصرف غیر منطقی و ناکارای سوخت ایجاد می شود، اهمیت توجه به صرفه جویی در مصرف انرژی و استفاده منطقی از آن را بیش از پیش آشکار نموده است.

جهت جلوگیری از رشد بی رویه مصرف انرژی و حفظ ذخائر ملی علاوه بر کاهش مصرف انرژی باید به افزایش کارایی و بهره وری در مصرف انرژی توجه بیشتری نمود. برای اینکه بتوان بحث صرفه جویی در مصرف انرژی را در سطح کلان اقتصاد دنبال کرد، شاخص هایی تعریف شده‌اندکه کنترل این شاخص‌ها می‌تواند به کنترل مصرف انرژی و یا به عبارت دیگر استفاده بهینه و منطقی از آن منجر شود. یکی از معروفترین این شاخص ها «شدت انرژی[1]» است.

فراوانی نسبی انرژی در ایران موجب افزایش مصرف سرانه و شدت انرژی در مقایسه با کشورهایی با ساختار مشابه و منابع انرژی شده است. در دهه‌های اخیر شدت انرژی در کشور ما دارای روند صعودی بوده است در حالیکه این روند در کشورهای پیشرفته جهان نزولی می باشد. براساس آمارهای منتشره توسط آمارنامه جهانی انرژی[2] در سال ۲۰۱۵ در ایران به ازاء هر یک دلار تولید، ۲۲۳ تن معادل نفت خام انرژی مصرف شده است در حالی که این رقم کل جهان، ۱۴۹ تن معادل نفت خام و در خاورمیانه ۱۶۲ تن معادل نفت خام بوده است. این آمارها ضرورت توجه هر چه بیشتر به کارایی در مصرف انرژی و کاهش شدت انرژی در ایران را مشخص می نماید. از این رو در این مقاله عوامل مؤثر بر شدت انرژی در ایران مورد بررسی قرار می گیرد. تاکنون تحقیقات مختلفی در ایران عوامل مؤثر بر شدت انرژی را مورد بررسی و کنکاش قرار داده اند اما در این مقاله از یکی

1. Energy Intensity
2. Global Energy Statistics

از روش های غیرخطی به نام رگرسیون انتقال ملایم[1] (STR) استفاده می شود که حالت پیشرفته‌تری از الگوهای رگرسیونی تغییر وضعیت[2] است. از جمله محاسن روش رگرسیون انتقال ملایم آن است که این امکان را ایجاد می‌کند که روابط بین متغیرها بر حسب شرایط حاکم دارای چندین نظام باشد. به عبارت دیگر، میزان اثرگذاری عوامل می تواند در طول زمان ثابت نبوده و بسته به شرایط موجود تغییر کند. بنابراین الگوی فوق می تواند کمک قابل ملاحظه ای در شناخت صحیح مقدار ضرایب در طول زمان داشته باشد. در گروهی از مدل های غیرخطی مانند مدل حد آستانه تغییر از یک نظام به نظام دیگر به طور ناگهانی و گسسته[3] اتفاق می افتد در حالی که در رگرسیون انتقال ملایم این تغییر نظام به طور یکنواخت و ملایم[4] در نظر گرفته می‌شود و سرعت تغییر ضرایب نیز محاسبه می‌گردد. از اینرو تغییراتی که به طور غیر ناگهانی هستند را نیز به درستی و دقیق‌تر از سایر الگوها ارزیابی می‌کند. بر اساس بررسی‌های انجام شده توسط نویسندگان تاکنون مطالعه‌ای در زمینه بررسی عوامل مؤثر بر شدت انرژی در ایران با استفاده از این الگو و بررسی تغییر نظام اثرگذاری صورت نپذیرفته است.

در ادامه، این مطالعه در چند بخش سازماندهی شده است. در بخش دوم، مروری مختصری بر پیشینه پژوهش حاضر داریم. در بخش سوم مبانی نظری و عوامل مؤثر بر شدت انرژی مورد بررسی قرار می گیرند. سپس به ارائه الگو و روش برآورد آن پرداخته می‌شود. در بخش پنجم برآورد تجربی الگو آمده است که شامل مراحل مختلف تخمین الگوی رگرسیون انتقال ملایم و برآورد نهایی الگو می باشد.در بخش آخر نتیجه گیری و جمع بندی نتایج حاصل از این پژوهش ارائه خواهد شد.

1. Smooth Transition Regression
2. Switching Regression
3. Discrete
4. Smooth

۲. مروری بر مطالعات تجربی

مطالعات تجربی گسترده‌ای در زمینه بررسی عوامل موثر بر شدت انرژی در سطح داخلی و بین‌المللی صورت گرفته است. این مطالعات در دو گروه قابل طبقه‌بندی هستند. مطالعاتی که به بررسی عوامل موثر بر شدت انرژی پرداخته‌اند و از مدل‌ها و الگوهای اقتصادسنجی خطی برای تجزیه و تحلیل نتایج بهره برده‌اند. گروه دیگری از مطالعات نیز به بررسی رابطه غیرخطی عوامل موثر بر شدت مصرف انرژی پرداخته‌اند که در ادامه مورد بررسی قرار خواهند گرفت. در ادامه به جدیدترین و مهم‌ترین این مطالعات که به این پژوهش یاری رسانده‌اند اشاره می‌شود.

مطالعاتی که از مدل‌های با برآورد خطی جهت بررسی عوامل مؤثر بر شدت انرژی استفاده نموده‌اند، به چند زیرگروه قابل طبقه‌بندی هستند. بخشی از مطالعات در این مجموعه مستقیماً به بررسی عوامل موثر بر شدت انرژی پرداخته‌اند. سانگ و ژنگ (۲۰۱۳)[1]، نشان داده‌اند که افزایش درآمد بر شدت انرژی در چین با اثر منفی همراه بوده است اما نقش قیمت در تغییرات شدت انرژی چندان با اهمیت ارزیابی نمی‌شود. در این مطالعه نتیجه گرفته شده است که بیش از ۹۰ درصد از کاهش شدت انرژی ناشی از بهبود کارایی استفاده از انرژی است. وو (۲۰۱۲)[2]، نشان می‌دهد که افزایش درآمد و قیمت در چین، منجر به افزایش کارایی استفاده از انرژی شده است. هرریاس و همکاران (۲۰۱۳)[3] نشان داده است که افزایش سرمایه‌گذاری خارجی و واردات موجب بهبود کارایی مصرف انرژی در چین شده است. ادم (۲۰۱۵)[4] نیز نشان داده است که عواملی مانند آزادسازی تجاری و افزایش سرمایه‌گذاری خارجی موجب کاهش شدت انرژی در نیجریه شده است. موسوی (۱۳۹۴) نیز در مطالعه خود به بررسی عوامل تعیین‌کننده مصرف انرژی در بخش کشاورزی پرداخته است. یافته‌های محقق نشان می‌دهد که در دوره سالهای ۱۳۹۱-۱۳۵۳، تولید ناخالص داخلی سرانه، سرمایه سرانه نیروی کار مهم‌ترین عوامل موثر بر شدت انرژی

1. Song and Zheng (2013)
2. Wu (2012)
3. Herrerias et al. (2013)
4. Adom (2015)

در بخش کشاورزی بوده و رابطه منفی با شدت انرژی دارند. مطالعه آرمن و تقی‌زاده (۱۳۹۲) که در سطح صنایع کارخانه‌ای ایران برای دوره سالهای ۱۳۸۹-۱۳۷۴ صورت گرفته است نشان می‌دهد که قیمت انرژی و سطح تکنولوژی، رابطه معکوس با شدت انرژی دارند و شتاب افزایش مصرف انرژی کمتر از شتاب افزایش ارزش افزوده صنایع است که این امر دلالت بر افزایش کارایی مصرف انرژی در صنایع با مقیاس بزرگ دارد. همچنین فرجزاده (۱۳۹۴) با بررسی اجزا و عوامل تعیین‌کننده شدت انرژی در ایران نشان می‌دهد تولیدناخالص داخلی، سرمایه سرانه، نیروی کار و شهرنشینی مهمترین متغیرهای موثر بر شدت انرژی در ایران هستند. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد افزایش شدت انرژی اغلب ناشی از تغییر کارایی بوده است. همچنین متغیرهای درآمد (تولید ناخالص داخلی)، سرمایه سرانه نیروی کار و شهرنشینی مهم‌ترین متغیرهای اثرگذار بر شدت انرژی و اجزای آن هستند. اثر قیمت و سهم صنعت از تولید ناخالص داخلی بر شاخص‌های فوق محدود و اثر متغیرهای شاخص ادغام تجاری و سرمایه‌گذاری خارجی قابل اغماض ارزیابی شد. رقم متناظر برای متغیرهای یاد شده بیشتر کمتر از ۰/۰۵ درصد به دست آمد.

گروهی از مطالعات در همین مجموعه، به تجزیه عوامل موثر بر شدت انرژی با استفاده از شاخص‌های مختلف پرداخته‌اند. در این مطالعات، هدف اصلی بررسی منشاء تغییر در شدت انرژی می‌باشد. بر این اساس، تغییر در شدت انرژی می‌تواند ناشی از دو منبع تغییر در کارایی مصرف انرژی در بخش‌های مختلف اقتصاد و تغییر در ترکیب یا ساختار تولید بخش‌ها باشد که به ترتیب ناشی از تغییر کارایی و تغییر ساختاری نامیده می‌شود. آنگ و همکاران (۲۰۱۵)[1] در یکی از مطالعات خود به مقایسه وضعیت مصرف انرژی از طریق روش تجزیه فضایی[2] بین ۳۰ منطقه در کشور چین پرداخته است. در مطالعه دیگری آنگ و همکاران (۲۰۱۰)[3]، ساختاری محاسباتی را برای بررسی روند کارایی انرژی در اقتصادهای مختلف بویژه کشورهای صنعتی ارائه نموده‌اند که بر اساس آن از شاخص لگاریتم میانگین

1. Ang B.W. et al (2015)
2. Spatial Decomposition Method
3. Ang B.W. et al (2010)

دیویزیا مجدداً بهره گرفته شده است. در حوزه تجزیه عوامل موثر بر شدت انرژی می‌توان به دیگر مطالعات نظیر زپ (۲۰۱۳)[۱]، وانگ و همکاران (۲۰۱۳)[۲]، ژائو و همکاران (۲۰۱۰)[۳]، مایرت و دسلاس (۲۰۰۹)[۴]، آچائو و شافر (۲۰۰۹)[۵]، هاتزی گئورگیو و همکاران (۲۰۰۸)[۶]، بوید و روپ (۲۰۰۴)[۷]، فارلا و بلاک (۲۰۰۰)[۸] اشاره نمود که از شاخص لاسپیرز برای این تجزیه و تحلیل استفاده نموده‌اند. همچنین در حوزه مطالعات داخلی می‌توان به مطالعه فریدزاد (۱۳۹۴)، رشیدی‌زاده و جهانگرد (۱۳۹۰)، بهبودی و همکاران (۱۳۸۹)، گلی و اشرفی (۱۳۸۹)، گودرزی راد (۱۳۸۸)، ابونوری و نیکبان (۱۳۸۸)، شریفی و همکاران (۱۳۸۷) نیز تجزیه شدت انرژی در صنایع ایران را مورد بحث و بررسی قرار داده‌اند.

مجموعه دوم از مطالعات، به بررسی عوامل موثر بر شدت انرژی و توضیح این عوامل در قالب مدلهای اقتصادسنجی غیرخطی پرداخته‌اند. لی و لین (۲۰۱۴)[۹] در مطالعه خود به بررسی اثر ساختار صنعتی اقتصاد چین بر شدت انرژی پرداخته‌اند. پژوهشگران در این مطالعه با استفاده از مدل همجمعی آستانه‌ای غیرخطی برای سالهای ۱۹۸۰ تا ۲۰۰۹ دریافته‌اند که سهم صنعت در صورتی که در کل اقتصاد معادل ۴۰ درصد باشد، اثر ساختار صنعتی اقتصاد بر شدت انرژی با آثار ساختاری معنی‌دار مثبت یا منفی همراه است، لذا پیشنهاد شده است که سیاستگذاران در اقتصاد چین، سهم ارزش افزوده صنعت را کاهش داده تا بتوانند با افزایش پیشرفت و توسعه فناوری، موجبات کاهش شدت انرژی را فراهم آورند. همچنین می و همکاران (۲۰۱۵)[۱۰] با بررسی آثار بالقوه ساختار صنعتی بر مصرف انرژی و انتشار دی اکسید کربن با استفاده از یک مدل بهینه‌سازی نشان داده‌اند که در

1. Szep (2013)
2. Wang et al (2013)
3. Zhao et al (2010)
4. Mairet and Decellas (2009)
5. Achao and Shaeffer (2009)
6. Hatzigeorgiou et al (2008)
7. Boyd and Roop (2004)
8. Farla and Blok (2000)
9. Li and Lin (2014)
10. Mi et al (2015)

اقتصاد پکن، ساختار صنعتی پتانسیل بالایی برای کاهش مصرف انرژی و کاهش آلایندگی دارد که این مهم با توسعه صنایع با شدت انرژی بری کمتر محقق خواهد شد. در مجموع، بررسی مطالعات داخلی و بین‌المللی نشان می‌دهد که تاکنون پژوهشگران در داخل به بررسی و تجزیه عوامل موثر بر شدت انرژی با استفاده از الگوهای خطی پرداخته‌اند، و توجه محدودی به الگوهای غیرخطی شده است. در این مطالعه علاوه بر در نظر گرفتن متغیرهایی از جمله شاخص قیمت نسبی انرژی یا بهبود تکنولوژی که کمتر مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است، به بررسی غیر خطی اثرگذاری عوامل مؤثر بر شدت انرژی و در نتیجه تخمین دقیق تری از ضرایب الگو می پردازیم.

۳. مبانی نظری: عوامل موثر بر شدت انرژی

امروزه علاوه بر نهاده‌های کار و سرمایه، انرژی به عنوان یکی از نهاده‌های مهم تولید در مباحث اقتصاد کلان مطرح است و تولید تابعی از نهاده‌های کار، سرمایه و انرژی تلقی می‌شود. علاوه براین، فرض بر این است که بین میزان استفاده از این نهاده‌ها و سطح تولید ارتباط مستقیم وجود دارد. یکی از دغدغه‌های اصلی در سیاستگذاری در مصرف انرژی، بحث کارایی انرژی و شدت انرژی است. عوامل متعددی بر مصرف انرژی در هر کشور تأثیرگذار هستند که از جمله آنها می‌توان به تغییرات آب و هوا، استانداردهای زندگی، درآمد ملی، الگوهای مصرفی متفاوت و علاوه بر آن تغییرات متغیرهای ساختاری اشاره نمود.[1] تعاملات میان مصرف انرژی و کارایی انرژی از یک سو و همچنین توانایی در توضیح جزئی‌ترین ابعادی که منجر به تغییرات مصرف انرژی در کل اقتصاد و همچنین زیربخش‌های اقتصادی منجر می‌شود، یکی از مباحث پر اهمیت در حوزه سیاستگذاری انرژی است. در نتیجه این تعاملات، ادبیات موضوعی غنی با استفاده از اصطلاح اقتصادی شدت انرژی[2] ایجاد شده است و مطالعات بسیاری در این زمینه صورت گرفته است. در ابعاد نظری شدت انرژی به نسبت مقدار مصرف انرژی به میزان کل تولید ناخالص داخلی

1. Szep (2013), p.77.
2. Energy Intensity

گفته می‌شود که عکس تعریفی است که برای کارایی انرژی بکار برده می‌شود. یکی از موضوعات اصلی دهه ۱۹۷۰ میلادی که با شوک اول نفتی و ضرورت توجه به کارایی انرژی در کشورهای مصرف‌کننده نفت بویژه کشورهای صنعتی همراه بود، تجزیه تغییرات شدت انرژی جهت بهبود کارایی و تغییر فعالیت بخش‌های مختلف اقتصادی بود. در این حوزه مایرز و ناکامورا (۱۹۷۸)[۱] تغییر در ترکیب فعالیت‌های اقتصادی و آثار آن بر مقادیر تجمعی شدت انرژی را موضوع تحلیل تجربی قرار دادند.[۲] پس از آن، مهمترین مطالعه در زمینه تجزیه شدت انرژی به مطالعه بوید و همکاران (۱۹۸۷)[۳] باز می‌گردد که با مطالعه صنایع کارخانه‌ای آمریکا، دو موضوع کلیدی را مورد بحث قرار داده‌اند. اول آنکه، تغییرات در شدت انرژی واقعی[۴] بدلیل بهبود کارایی با استفاده از میزان انرژی صرف شده به ازای هر واحد تولید کارخانه‌ای اندازه‌گیری می‌شود و دوم، انتقال بخشی در اقتصاد[۵] که تغییرات در ترکیب تولید صنعتی از صنایع انرژی بر به صنایع غیرانرژی بر را نشان می‌دهد. در این مطالعه از شاخص دیویزیا[۶] برای تجزیه از طریق شاخص عددی استفاده شده است چرا که مطالعات پیش از ۱۹۸۰ عمدتاً از شاخص لاسپیرز[۷] جهت تجزیه استفاده می‌شد که بدلیل جمله پسماند[۸]، استفاده از شاخص دیویزیا پیشنهاد گردید هر چند استفاده از این شاخص نیز بطور خالص با جمله پسماند همراه است. نتایج این مطالعه نشان داده است که سطح مصرف انرژی در اقتصاد قبل و پس از شوک نفتی ۱۹۷۴ و تحریم نفتی اوپک منجر به انتقال بخشی از نفت خام به مصرف برق و سایر سوختها شده است.[۹]

1. Myers J. And Nakamura L. (1978)

۲. گلی و اشرفی (۱۳۸۹)، ص ۳۷

3. Boyd G. Et al (1987)
4. Real Energy Intensity
5. Sectoral Shift
6. Divisia Index
7. Laspeyres Index

۸. منظور از جمله پسماند در تجزیه شدت انرژی، مواردی است که بر شدت انرژی در اقتصاد موثر هستند اما نمی‌توان آن را تنها توسط تغییرات تولید توضیح داد و حتی شاخص دیویزیا نیز همانند شاخص لاسپیرز تا حدودی با این مشکل مواجه هستند، اما هر چه نسبت زیر بخش‌های اقتصادی بیشتر باشد، بهتر می‌توان از میزان درجه غیرقابل توضیح بودن عوامل موثر بر شدت انرژی کاست.

۹. فریدزاد (۱۳۹۴)

برای توضیح گروهی از عوامل موثر بر شدت انرژی می‌توان از مفهوم حداقل‌سازی تابع هزینه تولید بهره برد. در این حالت هدف یک بنگاه اقتصادی را حداقل نمودن تابع هزینه کل با فرم تبعی کاب-داگلاس به صورت رابطه زیر در نظر می گیریم(فیشر - وندن (۲۰۰۴)[1]

$$C(P_K, P_L, P_M, P_E, Q) = A^{-1} P_K{}^{\alpha K} P_L{}^{\alpha L} P_M{}^{\alpha M} P_E{}^{\alpha E} Q \qquad (۱)$$

که در آن، Q سطح محصول کل، P_L قیمت نهاده نیروی کار، P_K قیمت نهاده سرمایه، P_M قیمت نهاده مواد اولیه، P_E قیمت نهاد سرمایه و α_X کشش نهاده X ($X = K, L, E, M$) را نشان می‌دهد. همچنین A نشان‌دهنده سطح تکنولوژی است. بر اساس لم شفارد، در تابع بهینه شده هزینه، مقدار تقاضا برای هر نهاده معادل مشتق تابع هزینه نسبت به قیمت آن نهاده است، بر این اساس، مقدار تقاضا برای انرژی برابر است با:

$$E = \frac{\alpha_E A^{-1} P_K{}^{\alpha K} P_L{}^{\alpha L} P_M{}^{\alpha M} P_E{}^{\alpha E} Q}{P_E} \qquad (۲)$$

با تقسیم طرفین رابطه بر مقدار Q می‌توان شدت انرژی تعادلی را محاسبه نمود:

$$\frac{E}{Q} = \frac{\alpha_E A^{-1} P_K{}^{\alpha K} P_L{}^{\alpha L} P_M{}^{\alpha M} P_E{}^{\alpha E}}{P_E} \qquad (۳)$$

بنابراین مطابق مبانی نظری اقتصاد خرد، شدت انرژی حداقل تحت تأثیر دو متغیر کلیدی تکنولوژی و قیمت نسبی نهاده انرژی به دیگر نهاده‌های تولیدی است. از آنجایی که در رابطه بالا، نتیجه صرفا برای یک بنگاه تولیدی در سطح خرد است، لذا در سطوح اقتصاد کلان با توجه به آنکه معیار شدت انرژی بر مبنای میزان مصرف کل انرژی در کلیه بخشهای تولیدی و مصرفی اندازه‌گیری می‌شود، لذا به جای قیمت نسبی انرژی به تک تک نهاده ها می توان از قیمت نسبی نهاده انرژی به سطح عمومی قیمتها به عنوان جمع بندی همه قیمتهای نسبی استفاده نمود. بنابراین شدت انرژی در سطح کلان با این پیش فرض تابعی از دو متغیر کلیدی تکنولوژی و قیمت نسبی نهاده انرژی به سطح عمومی قیمتها می‌باشد. پیشرفت فناوری تولید و مصرف انرژی به موازات تغییرات ساختار اقتصاد می‌تواند

1. Fisher - Vanden et al. (2004)

به کاهش شدت انرژی منجر گردد، بطوری که با افزایش سطح تکنولوژی، تولید مقدار معینی محصول، به نهاده‌های تولیدی (ازجمله نهاده انرژی) کمتری نیازمند است.

قیمت نسبی انرژی، عاملی برای ایجاد انگیزه جایگزینی بین منابع مختلف انرژی و توسعه منابع جدید انرژی است. لذا یکی از مهم‌ترین متغیرهایی که می‌تواند میزان قابلیت جانشینی بین انواع مختلف آن اعم از تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر را توضیح دهد، شاخص قیمت نسبی انرژی است. قیمت انرژی بویژه برای سوختهای فسیلی که همواره نگرانی از کاهش و پایان‌پذیری آنها وجود دارد و در پی آن توقف رشد اقتصادی بسیاری از کشورهای وابسته به این نوع از انرژی را در پی خواهد داشت، لذا قیمت انرژی می‌تواند به قیمتی برسد که امکان جانشینی فراهم شده و شدت انرژی در مصرف انواع انرژی فسیلی به شدت کاهش یابد. لذا با توجه به ساختار اقتصاد، در صورتی که اقتصاد این امکان را بیابد که بتواند هزینه فناوری‌های گران‌بهای[1] انواع دیگر انرژی مانند انرژی‌های تجدیدپذیر را بپردازند، قیمتهای حدی[2] کاهش یافته، و فرآیند جایگزینی بسیار زودتر صورت می‌گیرد. لذا قیمت انرژی نقش مهمی در تغییرات شدت انرژی از طریق جایگزینی منابع انرژی می‌تواند ایفا نماید.

اما عوامل ساختاری دیگری نیز بر شدت انرژی در سطح کلان موثر می‌باشد که عمدتاً به رشد و توسعه اقتصادی کشورها باز می‌گردد. کشورهای مختلف در مراحل مختلف صنعتی‌شدن، به دلیل تغییر وضعیت ساختار زیربخش‌های اقتصادی، با پدیده رشد شهرنشینی مواجه هستند و لذا شهرنشینی که همان فرایند انتقال جمعیت و نیروی کار کشور از مناطق روستایی به مناطق شهری است، عمدتاً از طریق ورود کشاورزان به شهر و اشتغال آنان در بخش صنعت و همچنین مشاغل خدماتی مرتبط با آن افزایش می‌یابد. شهرنشینی که در پی پدیده صنعتی شدن، یکی از ویژگی‌های عمده توسعه اقتصادی در هر کشور است که این امر نیازمند مدرن نمودن فناوری تولید و تغییرات در مصرف انرژی می‌گردد. بزرگتر شدن مقیاس تولید در فعالیت های جدید انرژی بر و تمرکز جمعیت در

1. Backstop Technologies
2. Choke Price

شهرها، عواملی هستند که منجر به افزایش بی‌رویه مصرف انرژی و در پی آن افزایش شاخص شدت انرژی می‌شوند. هرچند بسیاری از اقتصاددانان معتقدند که شدت انرژی به موازات توسعه اقتصادی در مرحله صنعتی شدن افزایش یافته، سپس در مرحله پساصنعتی جهت افزایش خدمات و توسعه صنایع تکنولوژی‌های برتر و کاهش نیاز اقتصاد به مواد اولیه کاهش می‌یابد. لذا در این مطالعه این دسته از عوامل ساختاری نیز مورد توجه قرار می‌گیرند.

٤. ساختار الگو

هدف از این مطالعه، شناسایی اثرگذاری غیر خطی عوامل مؤثر بر شدت انرژی در ایران می باشد. برای در نظر گرفتن یک ساختار غیرخطی در ارتباط این متغیرها، ابتدا فرضیه غیرخطی بودن توسط یک الگوی رگرسیون انتقال ملایم مورد آزمون قرار خواهد گرفت. این الگو از برجسته ترین و توسعه یافته ترین الگوهای تغییر وضعیت[1] است که در آن انتقالات بین رژیم های مختلف توسط تابع لجستیک تبیین می گردد. بنابراین شدت انرژی بر اساس این الگو می‌تواند از فرم زیر تبعیت نماید.

$$EI_t = \pi' w_t + (\theta' w_t) F(s_t, \gamma, c) + u_t \qquad (۳)$$

که در آن EI_t شدت انرژی، w_t بردار متغیرهای توضیح دهنده شامل شاخص قیمت نسبی انرژی، تکنولوژی، نسبت جمعیت شهرنشین به کل جمعیت و سهم بخش صنعت از کل تولید است. π بردار ضرایب مربوط به بخش خطی و θ بردار ضرایب بخش غیر خطی می باشد. s_t متغیر انتقال است که تغییرات آن باعث تغییر ضریب متغیرهای برآوردگر می شود. این متغیر می تواند وقفه متغیر درونزا بوده و یا از جمله متغیرهای برونزا و وقفه های آن باشد.

1. Switching Regression

$F(s_t,\gamma,c)$ یک تابع لجستیک به فرم زیر است که تابع انتقال نامیده می شود و مقدار آن می تواند بین صفر و یک باشد. ضرائب مدل STR بر اساس مقدار این تابع بین π و $\pi+\theta$ در نوسان خواهند بود.

$$F(s_t,\gamma,c)=\{1+\exp[-\gamma\prod_{j=1}^{J}(s_t-c_j)]\}^{-1},\gamma>0 \qquad (۴)$$

تابع انتقال شامل پارامتر شیب[1] γ و پارامتر موقعیت[2] c می باشد. پارامتر شیب سرعت انتقال را بین دو الگوی حدی مشخص می کند به طوری که هر چه مقدار آن بالاتر باشد تغییر از یک رژیم به رژیم دیگر سریع تر اتفاق می افتد. پارامتر موقعیت (c) تعیین کننده حد آستانه[3] بین این رژیم هاست. مقدار متغیر انتقال و مقدار تابع انتقال متناظر با آن $F(.)$ تعیین کننده الگوی حاکم در هر دوره t خواهد بود.

در تابع انتقال معمولاً دو حالت $j=1$ (LSTR1)و $j=2$ (LSTR2)در نظر گرفته می شود. در حالت $j=1$ پارامترهای $\pi+\theta F(s_t,\gamma,c)$ به صورت تابعی یکنوا[4] از s_t، بین π و $\pi+\theta$ تغییر می یابند. در حالت $j=2$ پارامترهای $\pi+\theta F(s_t,\gamma,c)$ به صورت متقارن[5] حول مقدار میانی $\frac{c_1+c_2}{2}$ تغییر می‌یابد. تفاوت این دو مدل در آن است که در حالت LSTR1 دینامیک انتقال در دو طرف حد آستانه غیر متقارن بوده ولی در حالت LSTR2 در دو طرف مقدار میانی حدود آستانه متقارن می باشد.در الگوی دوم می توان این فرضیه را که آیا این دو حد آستانه برابرند مورد آزمون قرار داد و در صورت تأیید این فرضیه، تابع انتقال نمایی (ESTR) تأیید می گردد.

به طور کلی برای تخمین این مدل چندین مرحله را باید طی کرد که شامل آزمون خطی بودن مدل، انتخاب متغیر انتقال و نوع تابع انتقال است. بنابراین ابتدا باید غیر خطی بودن الگو را آزمون نمود. در صورتیکه وجود ارتباط غیر خطی بین متغیرها مورد تأیید قرار

1. Slope Parameter
2. Location Parameter
3. Threshold
4. Monotonic Function
5. Symmetric

گیرد می توان این فرضیه را تأیید نمود که ضرایب و میزان اثرگذاری متغیرها بر شدت انرژی همواره ثابت نبوده و تحت تأثیر شرایط می تواند تغییر یابد. سپس با تعیین متغیر انتقال می توان عامل اثرگذار بر این تغییر در ضرایب را شناسایی نمود. برای انجام این آزمون ها از رگرسیون کمکی زیر که از بسط درجه سوم تابع لجستیک به دست آمده استفاده می شود.

$$E_t = \delta' w_t + \beta_1' w_t s_t + \beta_2' w_t s_t^2 + \beta_3' w_t s_t^3 + v_{3t} \qquad (۵)$$

جهت انتخاب متغیر انتقال مناسب ابتدا آزمون خطی بودن مدل برای متغیرهای بالقوه مختلف انجام می شود و سپس متغیری انتخاب می گردد که مقدار آماره آزمون برای آن در بین سایر متغیرها کمترین باشد.[1] در آزمون خطی بودن فرضیه صفر مبنی بر خطی بودن مدل به صورت $H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = 0$ و آماره آزمون مربوط به آن F خواهد بود. عدم رد این فرضیه نشاندهنده خطی بودن الگوست. در صورت تأیید غیرخطی بودن مدل باید فرم تابعی مناسب برای تابع انتقال مورد بررسی قرار گیرد. همانطور که گفته شد در مطالعات موجود تابع انتقال به دو فرم LSTR1 و LSTR2 مطرح شده است. در این آزمون ابتدا معادله (۳) برآورد می گردد و سپس مقادیر آماره آزمون برای فرضیات زیر محاسبه می گردد.

$H_{04} : \beta_3 = 0$

$H_{03} : \beta_2 = 0 \mid \beta_3 = 0$

$H_{02} : \beta_1 = 0 \mid \beta_2 = \beta_3 = 0$

در این آزمون در صورت قوی تر بودن رد فرضیه H_{03} پیشنهاد می شود که از مدل LSTR2 استفاده گردد و در صورتی که H_{02} و یا H_{04} به طور قوی تری رد شود انتخاب مدل LSTR1 مناسب تر می باشد. می توان از طریق آزمون برابری دو پارامتر موقعیت (c_1=c_2) مشخص نمود که آیا فرم تابع انتقال ESTR است یا خیر.

1. Escribano and Jorda, (1999)

۵. تحلیل تجربی

در این بخش با استفاده از داده های سالیانه در دوره زمانی ۱۳۹۲-۱۳۵۷ به برآورد آثار غیر خطی متغیرهای توضیح دهنده شدت انرژی در ایران می پردازیم.بدین منظور مراحل زیر برای تخمین الگوی رگرسیون انتقال ملایم انجام می شود.

الف- بررسی خواص آماری داده ها

ب- آزمون غیر خطی بودن مدل، انتخاب متغیر و فرم تابع انتقال

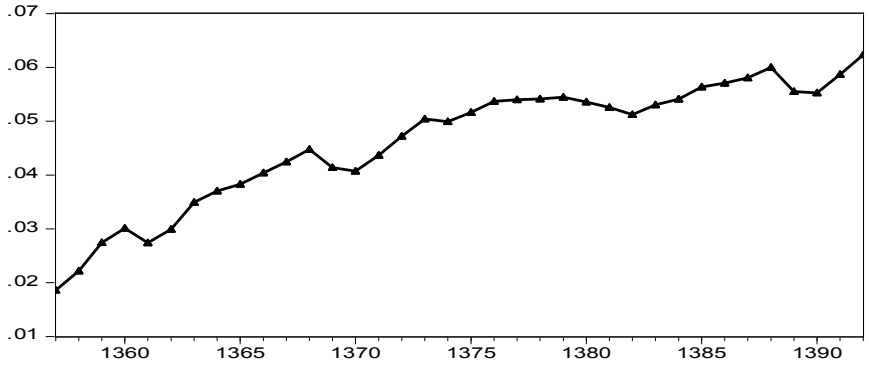
ج- برآورد الگوی رگرسیون انتقال ملایم بر اساس حداکثر تابع درست‌نمایی شرطی[1] و توسط الگوریتم نیوتون - رافسون[2]

۵-۱. خواص آماری داده‌ها

همانگونه که در بخش نظری این مقاله گفته شد متغیرهای مختلفی می‌تواند بر شدت انرژی مؤثر باشد. مهمترین آنها قیمت نسبی نهاده انرژی و همچنین متغیرهایی است که در برگیرنده ساختار اقتصادی یک کشور می‌باشند. از اینرو در این مطالعه برخی از متغیرهای مهم اقتصادی که می توانند اثر معناداری بر شدت انرژی در ایران داشته باشند به عنوان عوامل توضیح دهنده آن در نظر گرفته شده است.

متغیر وابسته در این تحقیق شدت انرژی است که به صورت نسبت کل مصرف انرژی به تولید ناخالص داخلی تعریف می شود. برای محاسبه کل مصرف انرژی، مجموع مصرف نهایی کل حاملهای انرژی بر حسب معادل بشکه نفت از ترازنامه انرژی ایران و همچنین تولید ناخالص داخلی به قیمت ثابت سال ۸۳ از آمارنامه های بانک مرکزی استخراج گردیده است. نمودار زیر وضعیت شدت انرژی را طی دوره ۱۳۹۲-۱۳۵۷ در ایران نشان می دهد.

1. Conditional Maximum Likelihood Function
2. Newton-Raphson Method



نمودار ۱. شدت انرژی در ایران ۱۳۹۲-۱۳۵۷

همانطور که ملاحظه می‌شود شدت انرژی در ایران همواره دارای روند صعودی بوده است، این در حالی است که این روند برای متوسط کشورهای جهان نزولی است. بر اساس نمودار فوق شدت انرژی تنها در برخی سالها نظیر سالهای ۱۳۶۱، ۱۳۶۹، ۱۳۸۰و ۱۳۸۹ نزولی بوده است. با توجه به اینکه متغیر شدت انرژی از نسبت مصرف انرژی به تولید ناخالص داخلی محاسبه می گردد، تنها در سال ۱۳۸۹ یعنی سال شروع هدفمندی یارانه‌ها، علت کاهش شدت انرژی کاهش مصرف انرژی بوده و در بقیه سالهای مورد نظر علت کاهش یافتن شدت انرژی، افزایش تولید بوده است. از آنجا که بخشی از تولید ناخالص داخلی در ایران ناشی از درآمدهای نفتی است لذا این امکان به وجود می آید که در برخی سالها بدون اینکه تغییر چندانی در مصرف انرژی به وجود آید، تولید ناخالص داخلی افزایش یابد.

متغیرهای توضیحی در این مقاله شامل شاخص قیمت انرژی، نرخ شهرنشینی، سهم صنعت از تولید ناخالص داخلی و تکنولوژی است که نحوه محاسبه هر کدام در ادامه توضیح داده می شود.

قیمت انرژی همانند مقالاتی همچون لی و لین[1] (۲۰۱۴) به صورت نسبی یعنی نسبت شاخص قیمت اسمی انرژی تقسیم بر سطح عمومی قیمتها محاسبه گردیده است. برای

1 .Li and Lin

محاسبه شاخص قیمت اسمی انرژی باید سبدی از اصلیترین حاملهای انرژی در یک سال پایه مشخص شود و هزینه تمام شده این سبد بر اساس قیمت سالهای مختلف محاسبه و بر هزینه تمام شده آن در سال پایه تقسیم گردد. از آنجا که برای محاسبه شاخص قیمت مصرف کننده در ایران، سال ۸۳ سال پایه می باشد، لذا باید از سبد مصرفی انرژی در این سال جهت ساخت شاخص استفاده شود. با توجه به جدول زیر کل مصرف انرژی را در ایران به تفکیک حاملهای مختلف در سال ۸۳ نشان می دهد.

جدول ۱. مقدار مصرف حاملهای مختلف انرژی و سهم آنها در سال پایه ۱۳۸۳

	فرآورده های نفتی	گاز طبیعی	برق	زغال سنگ	سایر منابع
مقدار مصرف (میلیون بشکه معادل نفت خام)	۴۲۷/۱	۳۳۱/۷	۷۶	۷/۶	۱/۵
سهم (درصد)	۵۰/۶	۳۹/۳	۹	۰/۹	۰/۲

مأخذ: ترازنامه انرژی سال ۱۳۸۳

بر اساس این جدول اصلیترین حاملهای انرژی در ایران شامل فراورده های نفتی، گاز طبیعی و برق می باشند. بنابراین شاخص قیمت اسمی انرژی به صورت یک میانگین موزون (مبتنی بر سهم حاملها) از سه شاخص قیمت فرآورده های نفتی (OPI)، گاز طبیعی (GPI) و برق (EPI) بدست می آید. هر یک از این زیر شاخص ها به روش لاسپیرز به صورت زیر محاسبه شده اند.

$$OPI = \frac{\sum Po_{it} O_{i\,83}}{\sum Po_{i\,83} O_{i\,83}},\ GPI = \frac{\sum Pg_{it} G_{i\,83}}{\sum Pg_{i\,83} G_{i\,83}},\ EPI = \frac{\sum Pe_{it} E_{i\,83}}{\sum Pe_{i\,83} E_{i\,83}}$$

Po_{it}: قیمت فراورده نفتی iام در سال tام

$O_{i\,83}$: مقدار مصرف فراورده نفتی iام در سال پایه ۸۳(شامل بنزین، نفت گاز، نفت کوره، نفت سفید و گاز مایع)

Pg_{it}: قیمت گاز عرضه شده در بخش iام در سال tام

$G_{i\,83}$: مقدار مصرف گاز در بخش iام در سال پایه ۸۳(شامل بخش تجاری، بخش خانگی، بخش صنعتی و نیروگاهها)

Pe_{it}: قیمت برق عرضه شده در بخش iام در سال tام

$E_{i\,83}$: مقدار مصرف برق در بخش iام در سال پایه ۸۳(شامل کشاورزی، صنعتی، خانگی و عمومی)

آمارهای مورد نیاز جهت محاسبه شاخص قیمت انرژی از ترازنامه انرژی ایران، آمارنامه مصرف فرآورده های نفتی انرژی‌زا مربوط به شرکت ملی پخش فرآورده‌های نفتی ایران، گزارش تفصیلی صنعت برق ایران و آمارنامه های بانک مرکزی استخراج شده است.

نرخ شهرنشینی دیگر متغیر توضیحی است که به صورت نسبت جمعیت شهری به کل جمعیت محاسبه می شود. همچنین سهم بخش صنعت نیز به صورت نسبت ارزش افزوده بخش صنعت به GDP محاسبه می گردد. آمارهای مورد نیاز برای محاسبه این دو شاخص از آمارنامه های منتشره بانک مرکزی استخراج شده است.

از دیگر متغیرهای موثر بر شدت انرژی، تکنولوژی است. تعریف دقیقی از تکنولوژی وجود ندارد و در تحقیقات کاربردی از متغیرهای مختلفی به عنوان جانشین آن استفاده شده است. یکی از روشهای مرسوم برای محاسبه شاخصی برای تکنولوژی، استفاده از بهره وری کل عوامل (TFP) است که معمولا از محاسبه پسماند سولو حاصل می شود. در این راستا تابع تولید کل اقتصاد به صورت زیر مورد تخمین قرار گرفته و جمله پسماند آن استخراج می گردد.

$$LnY = \alpha + \beta LnL + \lambda LnK + \varepsilon$$

Y تولید ناخالص داخلی به قیمت ثابت سال ۱۳۸۳، L نیروی کار و K موجودی سرمایه به قیمت سال پایه سال ۱۳۸۳ می‌باشد که از سایت بانک مرکزی استخراج شده‌اند. از آنجا که شاخص حاصل از پسماند سولو در ایران دارای نوسان زیاد بوده اما تغییرات تکنولوژی به صورت تدریجی است و اصولا باید کم نوسان باشد، لذا از فیلتر هادریک پرسکات جهت هموار کردن آن و بدست آمدن شاخصی مناسب برای تکنولوزی استفاده شد.

در ابتدا و پیش از تخمین الگو لازم است درجه مانایی متغیرها مورد ارزیابی قرار گیرد. نتایج آزمون ریشه واحد فیلیپس پرون برای متغیرهای شدت انرژی (EI)، شاخص قیمت انرژی (P)،سهم بخش صنعت از کل تولید (S)، تکنولوژی (T) و درصد شهرنشینی (U) و همچنین تفاضل مرتبه اول آنها در جدول (۱) نشان داده شده است.

جدول ۲. نتایج آزمون ریشه واحد فیلیپس پرون برای متغیرها

نام متغیر	آماره آزمون برای تفاضل مرتبه اول متغیرها	آماره آزمون برای سطح متغیرها
EI	-۹/۰۹	-۱/۰۴
P	-۳/۶۸	-۰/۵۸
S	-۶/۲۱	-۰/۷۲
T	-۴/۴۵	-۱/۰۴
U	-۵/۶۵	-۱/۴۶
مقدار بحرانی در سطح ۹۵٪ : -۲/۹۴		

مأخذ: یافته‌های پژوهش

نتایج حاصل، بیانگر عدم مانایی کلیه متغیرها در سطح می باشد، بنابراین از متغیرها یک مرتبه تفاضل‌گیری شده و نتایج آزمون مانایی برای تفاضل آن‌ها، در جدول فوق ارائه گردیده است. بر اساس نتایج به دست آمده، تفاضل متغیرهای موجود در الگو ایستا بوده اند. بدین معنا که کلیه متغیرها هم‌جمعی از درجه یک هستند. لازم به ذکر است مانایی متغیرها با استفاده از آزمون دیکی فولر تعمیم یافته نیز بررسی شده و همین نتیجه حاصل گردید. از اینرو لازم است از وجود رابطه هم‌تجمعی بین متغیرها اطمینان حاصل شود. بدین

منظور، از آزمون یوهانسون استفاده می‌شود. نتایج این آزمون در جدول زیر بیان شده است.

جدول (۳). نتایج آزمون اثر

فرضیه H_1	فرضیه H_0	سطح عدم اطمینان	مقدار بحرانی	آماره آزمون
$r \geq 1$	$r = 0$	۰/۰۰۰	۷۶/۸۱	۱۶۴/۴۵
$r \geq 2$	$r \leq 1$	۰/۰۰۰	۵۳/۹۴	۸۴/۳۹
$r \geq 3$	$r \leq 2$	۰/۰۰۰	۳۵/۰۷	۴۹/۳۶
$r \geq 4$	$r \leq 3$	۰/۰۳۵	۲۰/۱۶	۲۱/۱۷
$r \geq 5$	$r \leq 4$	۰/۳۷۴	۹/۱۴	۴/۳۵
مقادیر بحرانی در سطح ۹۵ درصد محاسبه شده است.				

مأخذ: یافته‌های پژوهش

بر اساس جدول فوق، وجود حداقل چهار بردار هم‌تجمعی در رابطه بین متغیرهای فوق، تأیید می‌گردد. با تأیید وجود رابطه هم‌تجمعی بین متغیرهای موجود در الگو، می‌توان از فقدان رگرسیون کاذب و وجود ارتباط حقیقی بین متغیرها اطمینان حاصل کرد.

۵-۲. آزمون غیر خطی بودن مدل، انتخاب متغیر و فرم تابع انتقال

پیش از برآورد الگو، ابتدا باید وجود اثرگذاری غیر خطی در این الگو مورد آزمون قرار می‌گیرد. در صورتی که وجود این ارتباط غیرخطی مورد تأیید قرار گیرد، تخمین الگو به روش خطی می تواند ضرایب و میزان اثرگذاری متغیرها را بر شدت انرژی نادرست ارزیابی نماید، از اینرو برای شناسایی درست ضرایب در هر دوره، باید از تخمین غیرخطی الگو استفاده شود. به منظور انجام این آزمون از تخمین رگرسیون کمکی حاصل از بسط درجه سوم تیلور تابع انتقال (معادله ۳) استفاده می شود. در تخمین معادله (۳) نیاز است ابتدا متغیر انتقال تعیین شود. به همین منظور تراسویرتا (۱۹۹۴) آزمونی را ارائه کرده‌است که در آن متغیر انتقال مناسب، طوری

انتخاب می‌شود که آماره آزمون مربوط به آزمون خطی بودن حداقل شود. به عبارت دیگر، ابتدا آزمون خطی بودن الگو برای متغیرهای بالقوه مختلف انجام می‌شود و متغیری انتخاب می‌گردد که مقدار آماره آزمون برای آن، در بین سایر متغیرها کم‌ترین باشد. در واقع متغیر انتقال مناسب متغیری است که بیشترین اثر را بر تغییرات ضرایب داشته باشد. در جدول (۴) متغیرهای مختلفی که می توانند به عنوان متغیر انتقال در نظر گرفته شوند آمده و آ زمون غیر خطی بودن برای این متغیرها انجام شده است.

جدول (۴). آزمونهای خطی بودن، تعیین متغیر انتقال و فرم تابع انتقال

مدل پیشنهادی	prob F2	prob F3	prob F4	Prob F	متغیر انتقال
Linear	۰/۰۱۱۰	۰/۳۳۵۵	-	-	EI(t-1)
LSTR1	۰/۰۰۹۶	۰/۰۷۴۳	۰/۰۲۰۰	۰/۰۰۱۱	p(t)*
Linear	۰/۵۴۹۳	۰/۰۲۹۰	۰/۴۸۱۶	۰/۱۴۲۴	T(t)
LSTR1	۰/۰۰۲۷	۰/۳۳۷۴	۰/۴۲۰۱	۰/۰۰۱۳	u(t)
Linear	۰/۸۴۲۹	۰/۰۵۹۹	۰/۹۲۳۶	۰/۵۱۷۱	S(t)
Linear	۰/۸۲۰۶	۰/۱۱۱۱	۰/۷۵۶۶	۰/۴۹۴۰	Trend

مأخذ: یافته های پژوهش

در جدول فوق اولین ستون سطح عدم اطمینان در رد فرضیه H_0 مبنی بر خطی بودن مدل را نشان می‌دهد. بر اساس نتایج به دست آمده از آزمون این فرضیه، خطی بودن الگو را برای متغیرهای شاخص قیمت انرژی و نسبت جمعیت شهرنشین در سطح اطمینان ۹۵ درصد می توان رد کرد. این نتیجه حاکی از آن است که این دو متغیر می توانند باعث تغییر در ضرایب و میزان اثرگذاری متغیرها بر شدت انرژی شوند.اما از آنجا که سطح عدم اطمینان برای شاخص قیمت کوچکتر است فرضیه خطی بودن در این مورد به طور قوی تری رد می شود و از اینرو می توان گفت این متغیر بیشترین اثرگذاری را بر تغییر در ضرایب داشته است و باید آن را به عنوان متغیر انتقال در نظر گرفت.

پس از مشخص شدن متغیر انتقال می توان فرم تابع انتقال را تعیین نمود. همانطور که گفته شد تابع انتقال به دو فرم LSTR1 و LSTR2 می باشد. بر اساس آزمون انجام شده فرضیه H_2 را به طور قوی تری نسبت به فرضیه H_3 می توان رد نمود در نتیجه فرم تابعی مناسب برای تابع انتقال LSTR1 می باشد که نشاندهنده وجود یک حد آستانه در تغییر نظام حاکم بر الگوست. به طور کلی می توان گفت نتایج غیر خطی بودن اثرگذاری متغیرها را بر شدت انرژی در ایران تأیید نموده و همچنین ضرایب دارای دو رژیم حدی است که بر اساس مقدار شاخص قیمت انرژی و فاصله آن از حد آستانه تعیین می شود.

۵-۳. برآورد الگوی غیر خطی تابع شدت انرژی

اولین گام برای شروع تخمین الگوی STR توسط الگوریتم نیوتون –رافسون بدست آوردن یک مقدار اولیه مناسب برای پارامترهای شیب و موقعیت است. انتخاب این مقادیر بدین صورت است کهبرای هر مقدار c و γ مجموع مربعات خطا محاسبه می گردد و مقادیری از این دو پارامتر به عنوان نقطه شروع الگوریتم معرفی می شود که کمترین مجموع مربعات خطا (SSR) را حاصل کند. پس از مشخص نمودن نقطه اولیه آغاز الگوریتم، می توان ضرایب الگو را برآورد نمود. طبق آزمون های انجام شده در مراحل قبل شاخص قیمت انرژی متغیر انتقال این الگو و LSTR1 فرم تابعی مناسب برای تابع انتقال است. با در نظر گرفتن این خصوصیات، نتایج برآورد الگو در جدول (۵) ارائه شده است.

جدول صفحه بعد دارای دو بخش است در قسمت اول آن ضرایب برآورد شده بخش خطی و در قسمت دوم ضرایب بخش غیر خطی گزارش شده است. همانطور که در بخش های قبل توضیح داده شد، این الگو در حالت حدی از دو رژیم تبعیت می نماید. رژیم اول حالتی است که تابع انتقال برابر با صفر باشد که تنها ضرایب قسمت خطی را خواهیم داشت. رژیم بعدی حالتی است که تابع انتقال برابر با یک باشد. در این صورت ضرایب مدل برابر بامجموع ضرایب بخش خطی و غیر خطی می باشند. در الگوی برآورد شده کلیه ضرایب بخش خطی از معناداری لازم

برخوردارند و در بخش غیر خطی به جز عرض از مبدأ و ضریب نرخ شهرنشینی، ضرایب سایر متغیرها معنادار می باشند. بنابراین این دو ضریب در طول دوره بررسی شده ثابت بوده و در اثر تغییر رژیم، دچار تغییر نشده اند. علامت ضریب نرخ شهرنشینی مثبت بوده و نشاندهنده این حقیقت است که با افزایش شهرنشینی شدت انرژی نیز افزایش می یابد.

جدول (۵). نتایج برآورد تابع شدت انرژی

متغیر / ضرایب بخش خطی	ضریب برآورد شده	آماره t	سطح عدم اطمینان
عرض از مبدأ	-۰/۲۱۵	-۳/۰۰۴	۰/۰۰۶
p(t)	-۰/۰۱۷	-۵/۲۳۶	۰/۰۰۰۰
u(t)	۰/۵۴۷	۳/۴۰۰	۰/۰۰۲
S(t)	۰/۰۲۵	۱/۸۷۷	۰/۰۷۵
T(t)	-۰/۰۰۳	-۲/۶۲۴	۰/۰۱۵
ضرایب بخش غیر خطی			
عرض از مبدأ	۰/۱۹۳	۰/۲۷۳	۰/۷۸۷
p(t)	-۰/۰۰۵	-۱/۷۹۷	۰/۰۸۳
u(t)	-۰/۳۶۳	-۰/۳۲۲	۰/۷۵۰
S(t)	-۰/۰۱۹	-۲/۱۶۶	۰/۰۴۰
T(t)	۰/۰۰۲	۲/۳۵۲	۰/۰۲۵
Gamma	۵/۰۳۸	۲/۳۲۰	۰/۰۲۸
C	۱/۵۸۹	۱/۹۴۱	۰/۰۶۸
R^2 =۰/۹۷			

مأخذ: یافته های پژوهش

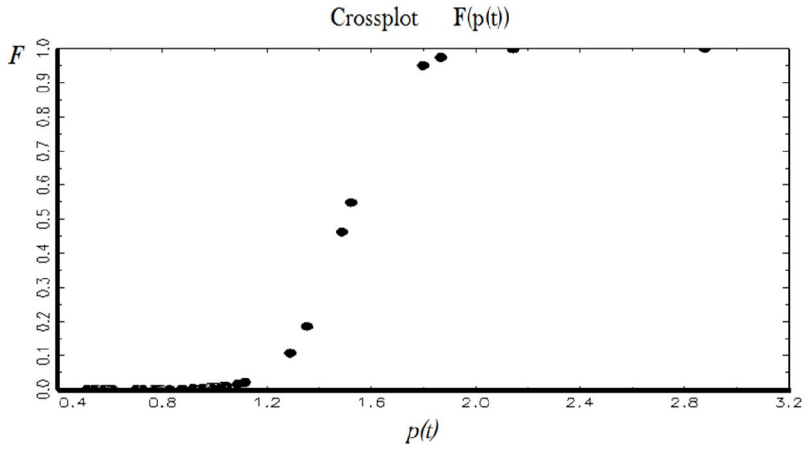
در تخمین فوق شاخص قیمت نسبی انرژی متغیر انتقال است و مقدار حد آستانه برآورد شده برای این متغیر برابر با ۱.۵۸۹ می‌باشد. در واقع ضرائب بدست آمده برای عوامل موثر

بر شدت انرژی در ایران از دو رژیم حدی تبعیت می کنند. اینکه اندازه ضرائب در هر دوره چقدر است بستگی به وضعیت قیمت انرژی یا به عبارتی رژیم قیمتی دارد. برای روشن شدن بهتر این مسأله، نمودار شماره ۲ که رابطه بین تابع انتقال و متغیر انتقال را در طول دوره بررسی نشان می دهد ارائه شده است. همانطور که از نمودار مشخص است انتقال از رژیم حدی اولیه از قیمت بالاتر از یک شروع می شود و تا قیمت حدود ۲ کامل می گردد و رژیم حدی دوم برای قیمت بالاتر از ۲ کاملا حاکم می گردد.ضریب Gamma (γ، پارامتر شیب) بیانگر سرعت حرکت تابع انتقال بین دو مقدار حدی صفر و یک است که مقدار برآورد شده (تقریبا ۵) نشاندهنده سرعت انتقال متوسط می باشد. به عبارت دیگر انتقال از رژیم حدی اول به رژیم دوم همانند مدلهای حد آستانه ای بلافاصله بعد از قیمت آستانه (۱.۵۸) رخ نمی دهد، بلکه این انتقال از کمی قبل از قیمت آستانه تا کمی بعد از آن (بین قیمت ۱ و ۲) با شیب ملایم صورت می گیرد. این نتیجه می تواند حاکی از این واقعیت باشد که تغییر الگوی مصرف انرژی و در نتیجه تغییر در ضرایب الگو می تواند فرآیندی زمان بر بوده و با سرعت اتفاق نمی افتد. همچنین لزوم استفاده از الگوی رگرسیون انتقال ملایم به درستی تأیید می گردد چرا که این نوع تغییر ضرایب را نمی توان توسط متغیرهای مجازی در الگو وارد نمود به این دلیل که تغییرات به طور ناگهانی و گسسته اتفاق نیفتاده است. در شرایطی که شاخص قیمت نسبی انرژی بین یک و ۲ باشد ضرائب الگو بین دو رژیم حدی خواهد بود. از آنجا که در این تخمین از شاخص قیمت نسبی انرژی برای متغیر قیمت استفاده شده است که به صورت نسبت قیمت اسمی انرژی به سطح عمومی قیمتها محاسبه می گردد، نتیجه حاصله دارای توجیه منطقی جالبی خواهد بود. نتایج بیانگر این حقیقت است که اگر افزایش قیمت اسمی انرژی بیش از سطح عمومی قیمتها باشد، میزان واکنش مصرف کنندگان انرژی به متغیرهای مختلف شروع به تغییر کرده و مصرف کننده محتاط تر عمل می کند. در این راستا ضرائب حاصله برای متغیرهای مختلف را در دو رژیم حدی مورد مقایسه قرار می دهیم.

ضریب به دست آمده برای شاخص قیمت انرژی در هر دو بخش خطی و غیر خطی منفی و معنادار است. این امر نشان می دهد اثر منفی قیمت بر شدت در رژیم قیمتی دوم بیشتر از رژیم اول است. به عبارت دیگر مطابق با انتظار در رژیم قیمتی بالا عکس العمل مصرف کنندگان انرژی نسبت به افزایش قیمت بیشتر است. بر این اساس در صورتی که هدف سیاستگذاران کنترل هر چه بیشتر شدت انرژی در ایران است بهتر است به دو نکته توجه نمایند. اول اینکه شدت انرژی تابعی از قیمت های نسبی آن است. بدین معنا که مصرف کنندگان انرژی، تغییرات نسبی قیمت انرژی را به عنوان عاملی مؤثر در تصمیمات مصرفی خود لحاظ می نمایند و همچنین این عامل همواره رابطه معکوس با شدت انرژی دارد؛ به طوری که هر چه قیمت های نسبی انرژی افزایش یابد شدت انرژی کاهش می یابد. دومین نکته این است که این ارتباط معکوس با افزایش هر چه بیشتر قیمت های نسبی افزایش می یابد؛ بدین صورت که مصرف کنندگان در قیمت های بالاتر واکنش بزرگتری به تغییرات قیمت نشان خواهند داد و حساسیت بیشتری به این تغییرات دارند. در نتیجه اگر قیمت نسبی انرژی بالا باشد با افزایش اندکی در قیمت های نسبی می توان کاهش بیشتری را در شدت انرژی انتظار داشت. از اینرو اصلاح الگوی مصرف انرژی با شدت بیشتر اتفاق می افتد.

ضریب برآورد شده برای شاخص صنعتی شدن در قسمت خطی ۰.۰۲۵ و غیر خطی برابر با ۰.۰۱۹- است. بنابراین مقدار این ضریب همواره مثبت بوده و بین ۰.۰۲۵ و ۰.۰۰۶ تغییر می کند. این نتیجه دو پیامد قابل توجه دارد. اول اینکه با صنعتی شدن اقتصاد شدت انرژی همواره بیشتر می شود و دوم، علامت این ضریب در بخش غیرخطی نشان می دهد که اثر این متغیر بر شدت انرژی پس از حد آستانه کاهش می یابد. به عبارت دیگر در رژیم قیمتی بالا صنعتی شدن اقتصاد کمتر شدت انرژی را افزایش می دهد. این نتیجه را می توان اینگونه توجیه کرد که در شرایطی که قیمت انرژی بالاست صنعتگران انگیزه دارند سعی بیشتری در راستای صرفه جویی انرژی انجام دهند و افزایش سهم صنعت کمتر شدت انرژی را افزایش می دهد.

همچنین ضریب متغیر تکنولوژی در بخش خطی و غیر خطی به ترتیب برابر با ۰.۰۰۳- و ۰.۰۰۲ بوده که بر اساس مقدار متغیر انتقال و در نتیجه تابع انتقال بین مقادیر ۰.۰۰۳- و ۰.۰۰۱- در تغییر بوده است. بدین ترتیب مطابق با انتظار اثر تکنولوژی بر شدت مصرف انرژی منفی بوده است. به بیان دیگر با بهبود سطح تکنولوژی شدت مصرف انرژی کاهش می یابد اما این اثر در رژیم قیمتی دوم کمتر است. علت کاهش اثر بهبود تکنولوژی در رژیم دوم می تواند این باشد که در این رژیم چون قیمت بالاست واحدهای اقتصادی تا حد امکان کاراتر عمل نموده اند و بهبود تکنولوژی اثر کمتری نشان داده است.



نمودار (۲). ارتباط بین تابع انتقال و متغیر انتقال (قیمت انرژی)

٥-٤. آزمونهای تشخیصی برای مدل STR:

جهت اطمینان به نتایج حاصله از معادله برآورد شده، آزمونهای تشخیصی مورد بررسی قرار می گیرد. اولین آزمون انجام شده، آزمون عدم وجود خود همبستگی جملات اختلال می باشد. سطح عدم اطمینان آزمون F برای وقفههای یک و دو این آزمون به ترتیب برابر ۰.۳۲و۰.۵۱ برآورد شده است که بر اساس آن نمی توان فرضیه صفر مبنی بر عدم وجود خود همبستگی را در سطح اطمینان بالارد کرد. بنابراین مدل با مشکل خود همبستگی جملات اختلال مواجه نیست.

یکی دیگر از آزمون هایی که باید بررسی شود، آزمون باقی نماندن رابطه غیر خطی در پسماندهای مدل است. با توجه به نتیجه به دست آمده از سطح عدم اطمینان آزمون F (۰.۴۱)، فرضیه صفر این آزمون مبنی بر عدم وجود رابطه غیر خطی باقیمانده رد نمی شود. در نتیجه مدل توانسته به شکل مطلوبی رابطه غیرخطی بین متغیرها را تصریح کند.

سومین آزمون مورد بررسی به ثابت بودن پارامترها در رژیم های مختلف می پردازد. سطح عدم اطمینان آماره F این آزمون ۰.۰۳ برآورد شده که بر اساس آن فرضیه صفر مبنی بر یکسان بودن ضرائب در دو رژیم حدی رد می شود.

آخرین آزمونهای مورد بررسی، مربوط به بررسی وجود ناهمسانی واریانس ها و نرمال نبودن باقیمانده هاست که به ترتیب توسط آزمون های ARCH-LM و آزمون Jarque-Bera انجام می شوند. بر اساس آزمون ARCH-LM، سطح عدم اطمینان آماره های F و کای دو به ترتیب برابرند با ۰.۷۱و ۰.۵۵ و بر اساس آن فرضیه صفر مبنی بر عدم وجود ناهمسانی در واریانس ها رد نمی شود. در ضمن سطح عدم اطمینان آماره کای دو آزمون Jarque-Bera ، ۰.۲۳ برآورد شده است که نشان می دهد فرضیه صفر مبنی بر نرمال بودن پسماندها نیز رد نمی شود. بدین ترتیب نتایج به دست آمده از آزمون های تشخیصی مدل STR نشان می دهد تخمین این الگو به طور مناسب و مطلوبی صورت پذیرفته است.

٦. نتیجه‌گیری و جمع‌بندی

هدف این مقاله بررسی وجود ارتباط غیرخطی در بحث عوامل موثر بر شدت انرژی در ایران بوده است. در این راستا از یک الگوی انتقال ملایم STR که حالت توسعه یافته ای از الگوهای حد آستانه ای می باشد، استفاده گردده است. در بررسی عوامل موثر بر شدت انرژی معمولاً بر دو نوع عامل تاکید می شود که این عوامل شامل قیمت و عوامل ساختاری می باشند. از این رو شاخص قیمت انرژی به صورت میانگین موزونی از قیمت حاملهای مختلف انرژی در ایران محاسبه گردید و نسبت این شاخص به سطح عمومی قیمتها به

عنوان یکی از متغیرهای توضیحی شدت انرژی مورد استفاده قرار گرفت. همچنین از متغیرهای نسبت جمعیت شهری، سهم بخش صنعت از تولیدناخالص داخلی و سطح تکنولوژی به عنوان عوامل ساختاری موثر بر شدت انرژی استفاده شد. جهت محاسبه سطح تکنولوژی از شاخص بهره وری کل عوامل حاصله از پسماند سولو استفاده گردید.

نتایج حاصل از آزمون غیر خطی بودن الگو تایید کننده وجود رابطه غیرخطی با در نظر گرفتن شاخص قیمت نسبی انرژی به عنوان متغیر انتقال با یک حد آستانه ای می باشد. بر این اساس، اثرگذاری عوامل مختلف مؤثر بر شدت انرژی در ایران بستگی به رژیم قیمتی حاکم دارد. دو رژیم قیمتی حدی تشخیص داده می شود که بر اساس پارامتر شیب برآورد شده انتقال از رژیم اول به دوم با سرعت نسبتاً متوسطی رخ می دهد. این سرعت ملایم به گونه ایست که با وجود اینکه قیمت آستانه ای برآورد شده حدود ۱.۵ است اما بر اساس تابع انتقال بدست آمده، انتقال از رژیم حدی اولیه از قیمت بالاتر از یک شروع می شود و تا قیمت حدود ۲ کامل می گردد. این امر مزیت ارجحیت مدل انتقال ملایم را نسبت به مدل حد آستانه‌ای برای تحلیل شدت انرژی در ایران به خوبی مشخص می کند. بنابراین در شرایطی که قیمت نسبی انرژی (نسبت شاخص قیمت اسمی انرژی به سطح عمومی قیمتها) در حدود یک و کمتر از آن باشد رژیم حدی اولیه که می توان آن را رژیم قیمت پایین نامید برقرار است. در شرایطی که نسبت قیمت انرژی به سطح عمومی قیمتها شروع به بالا رفتن از یک می‌کند یعنی شرایطی که انرژی به طور نسبی گران می شود تغییر رژیم و انتقال از رژیم حدی اول به رژیم دوم آغاز می‌گردد. این انتقال در قیمت نسبی حدود ۲ کامل می گردد. این امر نقش مهم رژیم قیمتی در بازار انرژی را به خوبی مشخص می نماید. اگر آمار شاخص قیمت نسبی انرژی در ایران را در دوره بعد از انقلاب ملاحظه کنیم مشخص می شود که این شاخص در سالهای اولیه بعد از انقلاب سیر نزولی داشته و به جز چند سال اول در اغلب سالها رژیم قیمت پایین برقرار بوده است اما در سالهای اخیر با اجرای طرح هدفمندی یارانه ها قیمت انرژی افزایش داشت به طوری که قیمت های نسبی بالاتر از ۲ را در سالهای ۱۳۹۰ و ۱۳۹۱ تجربه نمودیم. البته این قیمت در سال ۹۲ مجددا به

کمتر از ۲ نزول داشته است چراکه افزایش سطح قیمتها بدون تغییر در قیمت حاملهای انرژی منجر به کاهش قیمت نسبی انرژی گردیده است.

ضرائب حاصل برای متغیرهای مختلف در هر دو رژیم مطابق با انتظار است به گونه ای که اثر قیمت و تکنولوژی بر شدت انرژی منفی است و اثر سهم جمعیت شهری از کل جمعیت و همچنین سهم صنعت از تولیدناخالص داخلی مثبت می‌باشد. با انتقال از رژیم قیمت پایین به رژیم قیمت بالا اثرگذاری قیمت بر شدت مصرف انرژی افزایش یافته و اثرگذاری تکنولوژی و سهم صنعت کاهش می یابد. همچنین اثرگذاری سهم جمعیت شهری تغییر معناداری ننموده است. بر این اساس می توان نتیجه گیری کرد که در رژیم قیمت بالا، مصرف کنندگان انرژی با احتیاط بیشتری از این منبع استفاده کرده و در مقابل افزایش قیمت با حساسیت بالاتری به کاهش مصرف و جلوگیری از هدر رفت آن می پردازند. در توجیه کاهش ضریب سهم صنعت بر شدت انرژی در رژیم قیمت بالا، می‌توان گفت که در شرایطی که قیمت انرژی بالاست صنعتگران تلاش دارند افزایش تولید خود را با افزایش بهره وری در مصرف انرژی جبران نموده و کمتر از انرژی گران قیمت استفاده نمایند. بنابراین افزایش سهم صنعت در این رژیم کمتر از رژیم قیمت پایین شدت انرژی را افزایش می دهد.

همچنین در توجیه کاهش ضریب بهبود تکنولوژی در رژیم قیمت بالا می توان نتیجه گرفت که در این رژیم به دلیل گرانی نسبی انرژی واحدهای اقتصادی تا حد امکان کاراتر عمل نموده و از هدر رفت انرژی تا حد امکان جلوگیری نموده اند لذا بهبود تکنولوژی نسبت رژیم قیمت پایین، اثر نهایی کمتری نشان می دهد.

با توجه به نتایج حاصل از این مطالعه و با توجه به محتاط تر شدن مصرف کنندگان انرژی در رژیم قیمت بالا پیشنهاد می‌گردد که در راستای کاهش شدت انرژی در ایران سیاستگزاران از کاهش قیمت نسبی انرژی که اخیرا صورت گرفته است ممانعت کنند و با هدف کنترل شدت انرژی در ایران لازم است قیمت اسمی آن، رشد کمتری نسبت به شاخص قیمتها نداشته باشد.

۷- منابع

الف) فارسی

ابونوری، عباسعلی و نیکبان، آزاده (۱۳۸۸)، عوامل موثر بر شدت مصرف انرژی به روش دیویزیا (مطالعه موردی سیمان تهران)، *فصلنامه مدلسازی اقتصادی*، سال سوم، شماره ۱، صص. ۹۲-۷۷.

آرمن، سید عزیز و تقی‌زاده، سمیرا (۱۳۹۲)، بررسی عوامل موثر بر شدت انرژی در صنایع کارخانه‌ای ایران، *اقتصاد انرژی ایران*، سال دوم، شماره ۸، صص. ۲۰-۱.

بهبودی، داود، اصلانی نیا، نسیم مهین و سجودی، سکینه (۱۳۸۹)، تجزیه‌ی شدت انرژی و بررسی عوامل موثر بر آن در اقتصاد ایران، *فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی*، سال هفتم، شماره ۲۶، پاییز ۱۳۸۹، صص. ۱۰۵-۱۳۰.

رشیدی زاده، مریم و جهانگرد، اسفندیار (۱۳۹۰)، تجزیه وتحلیل تغییر شدت انرژی در فعالیتهای اقتصاد ایران با رویکرد SDA، *فصلنامه اقتصاد کاربردی*، سال دوم، شماره ششم، صص. ۹۱-۶۷.

شریفی، علیمراد، صادقی، مهدی، نفر، مهدی و دهقان شبانی، زهرا (۱۳۸۷)، تجزیه شدت انرژی در صنایع ایران، *فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی ایران*، سال دهم، شماره ۳۵، صص. ۱۱۰-۷۹.

فرجزاده، زکریا (۱۳۹۴)، شدت انرژی در اقتصاد ایران: اجزا و عوامل تعیین‌کننده، *پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران*، سال چهارم، شماره ۱۵، صص. ۸۶-۴۳.

فریدزاد، علی (۱۳۹۴)، تحلیل تجزیه شدت انرژی در صنایع انرژی‌بر ایران با استفاده از روش شاخص لگاریتم میانگین دیویژیا با تاکید بر رویکرد زمانی دو دوره‌ای و زنجیره‌ای، *پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران*، دوره ۴، شماره ۱۵، صص. ۱۱۷-۸۷.

گلی، زینت و اشرفی، یکتا (۱۳۸۹)، بررسی شدت انرژی کشور و تجزیه آن با استفاده از شاخص ایده‌آل فیشر در ایران، *فصلنامه پژوهشها و سیاست‌های اقتصادی*، سال هجدهم، شماره ۵۴، صص. ۵۴-۳۵.

گودرزی راد، رضا (۱۳۸۸)، بررسی علل تغییر مصرف انرژی بخش صنعت ایران با استفاده از روش تجزیه، هفتمین همایش ملی انرژی، سال ۱۳۸۸.

موسوی، نعمت‌اله (۱۳۹۴)، عوامل تعیین‌کننده شدت مصرف انرژی و انتشار کربن در بخش کشاورزی، *مجله تحقیقات اقتصاد کشاورزی*، جلد ۷، شماره ۲، صص. ۲۱۴-۱۹۷.

ب) انگلیسی

Adom, P.K. (2015), "Asymmetric Impacts of the Determinants of Energy Intensity in Nigeria", Energy Economics, Vol. 49, pp.570

Ang, B.W., Mu.A.R. and Zhou.P. (2010), "Accounting Frameworks for Tracking Energy Efficiency Trends", Energy Economics, Vol.32, pp.1209-1219.

Ang, B.W., Xu, X.Y. and Su, B. (2015), "Multi-country Comparisons of Energy Performance: The Index Decomposition Analysis Approach", Energy Economics, Vol.47, pp.68-76.

Ang,B.W. (2004), "Decomposition Analysis for Policymaking in Energy: which is the Preferred Methods?,Energy policy, Vol.32, pp. 1131-1139.

Apergis, N. and Payne, J.E. (2009), "Energy Consumption and Economic Growth: Evidence from the Commonwealth of Independent States", Energy Economics, Vol.31, pp.641-647.

Apergis, N. and Payne, J.E. (2009), "Energy Consumption and Economic Growth in Central America: Evidence from Panel Cointegration and Error Correction Model", Energy Economics, Vol.31, pp.211-216.

Bartleet, M. and Gounder, R. (2010), "Energy Consumption and Economic Growth in New Zealand: Results of Trivariate and Multivariate Models", Energy Policy, Vol.38, pp.3508-3517.

Boyd G. A., Roop J. M. (2004), "A Note on the Fisher Ideal Index Decomposition for Structural Change in Energy Intensity", The Energy Journal, Vol.25, No.1. pp.87-101.

Boyd,G., McDonald,J.F., Ross,M. And Hanson,D.A. (1987), "Separating the Changing Composition of U.S. Manu factoring Production from Energy Efficiency Improvements: A Divisia Index Approach", The Energy Journal, Vol.8,No.2, pp.77-96.\

Escribano, A., and O. Jorda (1999), "Improved Testing and Specification of Smooth Transition Autoregressive Models", In Nonlinear Time Series Analysis of Economic and Financial Data, Rothman P (ed.). Kluwer Academic Press: Boston; 289–319.

Farla J. C. M., Blok K. (2000), "Energy Efficiency and Structural Change in the Netherlands, 1980-1995" Journal of Industrial Ecology, Vol.4,

No.1, pp.93-117.
Fisher-Vanden, K., Jefferson, G.H., Liu, H. & Q. Tao (2004), "What is Driving China's Decline in Energy Intensity", Resource and Energy Economics, Vol. 26, pp. 77-97
Ghosh, Sajal (2002), "Electricity Consumption and Economic Growth in India", Energy Policy, Vol.30, pp.125-129.
Hatzigeorgiou E., Polatidis, H. and Haralambopoulos D. (2008), "CO2 Emissions in Greece for 1990-2002: A Decomposition Analysis and Comparison of Results Using the Arithmetic Mean Divisia Index and Logarithmic Mean Divisia Index techniques", Energy, Vol.33. pp.492-499.
Herrerias , M.J., Cuadras, A. and Orts, V. (2013), "Energy Intensity and Investment Ownership Across Chinese Provinces", Energy Economics, Vol.36, pp.286.
Jenne J, Cattell R. (1983), "Structural Change and Energy Efficiency in Industry". Energy Economics, Vol.5, No.2, pp.114-123.
Jobert, T and Karanfil, F (2007), "Sectoral Energy Consumption by Source and Economic Growth in Turkey", Energy Policy, Vol.35, pp.5447-5456.
Kraft, I., Kraft, A. (1978), "On the relationship between energy and GNP", J. Energy Development, Vol.3, pp. 401-403.
Li, K. and Lin, B. (2014), "The Nonlinear Impacts of Industrial Structure on China's Energy Intensity", Energy, Vol.69, pp.258-265.
Lukkonen, R., P. Saikkonen, and T. Teräsvirta, (1988), "Testing Linearity Against Smooth Transition Autoregressive Models", *Biometrika* Vol.75, Issue.3, pp. 491–499.
Mairet N., Decellas F. (2009), "Determinants of Energy Demand in the French Service Sector: A Decomposition Analysis",Energy Policy, Vol.37, pp.2734-2744.
Mi, Z., Pan. S. Y., Yu, H. and Wei, Y.M. (2015), "Potential Impacts of Industrial Structure on Energy Consumption and CO2 Emission: a Case Study of Beijing", Journal of Cleaner Production, Vol.103, pp.455-462.
Myers, J & L. Nakamura (1978), "Saving Energy in Manu Factoring", Cambridge, MA: Ballinger.
Reddy BS, Ray BK. (2010), "Decomposition of Energy Consumption and Energy Intensity in Indian Manufacturing Industries", Energy Sustainable Development, Vol.14, pp.35-47.
Sari, R., Ewing, B.T. and Soytas, U. (2008), " The relationship between disaggregate energy consumption and industrial production in the United States: An ARDL approach", Energy Economics, Vol.30, pp.2302-2313.

Shahbaz, M. and Lean, H.H. (2012), "The Dynamics of Electricity Consumption and Economic Growth: A Revisit Study of Their Causality in Pakistan", Energy, Vol.39, pp.146-153.
Shahbaz, M., Tang, C.F. and Shabbir, M. Sh. (2011), "Electricity Consumption and Economic Growth Nexus in Portugal Using Cointegration and Causality Approaches", Energy Policy, Vol.39, pp.3529-3536.
Song, F. and Zheng, X. (2013), "What Drive the Change in China's Energy Intensity: Combining Decomposition Analysis and Econometrics Analysis at the Provincial Level", Energy Policy, Vol.51, pp.445
Stevens, P. (2000), The Economics of Energy. Vol 1. Edward-Elgar Publications.
Sun JW. (1998), "Accounting for Energy Use in China, 1980-94", Energy, Vol.23, pp.835-849.
Szep,T.S. (2013), "Eight Methods for Decomposing the Aggregate Energy Intensity of the Economic Structure", Theory Methodology Practice (TMP), Vol.9, No.1, pp.77-84.
Terasvirta, T. (1994), "Specification, Estimation, and Evaluation of Smooth Transition Autoregressive Models", *Journalof American Statistical Association,* Vol. 89, pp. 208-218.
Wang W.W., Liu R, Zhang M and Li H.N (2013), "Decomposing the Decoupling of Energy Related CO2 Emissions and Economic Growth in Jiangsu Province", EnergySustainable Development, Vol.17, pp.62-71.
Wang, W. Liu,X., Zhang, M. And Song, X. (2014), "Using a New Generalized LMDI (Logarithmic Mean Divisia Index) Method to Analyze China's Energy Consumption", Energy, Vol. 67, pp.617-622.
Wolde-Rufael, Y. (2006), "Electricity Consumption and Economic Growth: a Time Series Experience for 17 African Countries", Energy Policy, Vol.34, pp.1106-1114.
Wu, Y. (2012), "Energy Intensity and its Determinants in China's Regional Economies", Energy Policy, Vol.41, pp.703-711.